

SAPEZAL ENERGIA LTDA.

PCH SU-75
RIO SAUÊ-UINÁ – MATO GROSSO
PCH.PH.MT.046746-4.01

PROJETO BÁSICO
VOLUME 1 – MEMORIAL DESCRITIVO

ELABORADO POR:

P R I M E
p r o j e t o s

PRIME PROJETOS E CONSULTORIA LTDA.

RESPONSÁVEL TÉCNICO: Rodrigo Gomes Otsuki	CREA 18.858/D	UF DF
GERENTE DE CONTRATO: Danilo Jorge Santos	CREA 10.195/D	UF DF

Nº	REVISÃO	DATA

NÚMERO DO DOCUMENTO: PR265/20-RT-40001	DATA: 21/jul/2021
---	----------------------

ÍNDICE

1. APRESENTAÇÃO.....	11
2. INTRODUÇÃO.....	12
2.1. Objetivo	12
2.2. Histórico dos Estudos.....	12
2.3. Estudos Anteriores	13
2.4. Localização e Acessos	14
2.5. Organização do Relatório.....	19
3. SUMÁRIO DAS PRINCIPAIS CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	21
4. EIH E PB: CARACTERÍSTICAS E JUSTIFICATIVAS PARA ALTERAÇÕES DE PROJETO.....	23
5. LEVANTAMENTOS CARTOGRÁFICOS E TOPOGRÁFICOS.....	27
5.1. Cartografia e Topografia – Estudos de Inventário.....	27
5.2. Cartografia e Topografia – Projeto Básico	28
5.2.1. Perfilamento a Laser	28
5.2.2. Levantamentos Topográficos Complementares	33
6. ESTUDOS HIDROMETEOROLÓGICOS	45
6.1. Caracterização Fisiográfica da Bacia	45
6.1.1. Localização e Hidrografia.....	45
6.1.2. Área de Drenagem e Perímetro	46
6.1.3. Índice de Compacidade	47
6.1.4. Fator de Forma.....	47
6.1.5. Declividade Média.....	48
6.1.6. Densidade de Drenagem	48
6.1.7. Tempo de Concentração	48
6.1.8. Geologia.....	49
6.1.9. Interpretação do Escoamento Fluvial	50
6.2. Caracterização Climatológica	50
6.2.1. Aspectos Gerais da Climatologia	51
6.2.2. Características Climatológicas Locais.....	55
6.3. Dados Básicos	56
6.3.1. Dados Pluviométricos	56
6.3.2. Dados Fluviométricos.....	63
6.4. Cálculo das Vazões Médias Mensais na Usina.....	78
6.4.1. Metodologia de Geração da Série de Vazões.....	78
6.4.2. Série de Vazões Médias Mensais na PCH SU-75	80
6.5. Permanências das Vazões Médias Mensais.....	82
6.6. Validação da Série de Vazões da Usina	83
6.7. Vazões Extremas	84
6.7.1. Dados Básicos.....	84
6.8. Estudo de Vazões Mínimas	88

6.9.	Curva-chave no Barramento e Canal de Fuga da Usina	88
6.9.1.	Fundamentação Teórica	89
6.9.2.	Resultados Obtidos	89
6.10.	Curvas Cota x Área x Volume	93
6.11.	Enchimento do Reservatório	95
6.12.	Tempo de Residência	96
6.13.	Evaporação Líquida no Reservatório	96
6.13.1.	Metodologia de Cálculo	97
6.13.2.	Critérios de Cálculo	97
6.13.3.	Resultados	97
6.14.	Assoreamento e Vida Útil do Reservatório	98
6.14.1.	Produção de Sedimentos na Região Estudada	98
6.14.2.	Estimativa da Vida Útil do Reservatório	99
6.15.	Estudos de Remanso	101
6.15.1.	Metodologia	101
6.15.2.	Resultados	102
7.	ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS.....	105
7.1.	Introdução	105
7.2.	Geologia regional	106
7.3.	Arcabouço Geotectônico do Noroeste do Mato Grosso	109
7.4.	Geomorfologia Regional	109
7.5.	Recursos minerais	110
7.6.	Sismicidade natural e induzida	112
7.7.	Estanqueidade do reservatório	113
7.8.	Estabilidade das encostas	113
7.9.	Geologia local	114
7.9.1.	Investigações geológico-geotécnicas	115
7.10.	Disponibilidade dos materiais naturais de construção	115
7.11.	Balanco de materiais simplificado	116
7.12.	Área de bota-fora	117
7.13.	Condições geológico-geotécnicas das fundações	117
7.13.1.	Barragem de terra margem direita e leito do rio e dique	118
7.13.2.	Adufas de desvio / Casa de força complementar	118
7.13.3.	Barragem de concreto	118
7.13.4.	Vertedouro	118
7.13.5.	Canal de adução	119
7.13.6.	Tomada d'água e câmara de carga	119
8.	ESTUDOS DE CUSTOS	121
8.1.	Obras Civis	121
8.2.	Equipamentos Eletromecânicos	133
8.3.	Custos Indiretos e Juros Durante a Construção	133
9.	DIMENSIONAMENTOS HIDRÁULICOS.....	134

9.1.	Estruturas de Desvio	134
9.1.1.	Desvio de Primeira Fase	134
9.1.2.	Desvio de Segunda Fase	138
9.2.	Vertedouro	140
9.3.	Circuitos de Adução	145
9.3.1.	Dimensionamento da tomada d'água	145
9.3.2.	Dimensionamento do conduto forçado.....	146
9.3.3.	Cálculo das perdas de carga no circuito de adução	146
9.3.4.	Perdas de carga localizadas	148
10.	ESTUDOS DE ALTERNATIVAS	152
10.1.	Estudos de Eixo.....	156
10.2.	Estudos de Arranjo	159
11.	ESTUDOS ENERGÉTICOS	160
11.1.	Casa de Força Principal	160
11.1.1.	Crítérios para a Determinação da Energia Média Gerada	160
11.1.2.	Valoração dos Benefícios Energéticos	163
11.1.3.	Estudos de Motorização	168
11.1.4.	Determinação do Número de Unidades Geradoras.....	179
11.1.5.	Estudos de Otimização do Circuito de Adução.....	179
11.1.6.	Determinação da Energia Média.....	179
11.1.7.	Determinação das Quedas de Projeto e de Referência	181
11.2.	Casa de Força Complementar	183
11.2.1.	Parâmetros para as Simulações Energéticas	183
11.2.2.	Cálculo da Energia Média	187
11.3.	Garantia Física	187
11.4.	Determinação das Características Finais do Empreendimento	193
12.	DETALHAMENTO DO PROJETO	194
12.1.	Arranjo Geral da Usina.....	194
12.2.	Reservatório	196
12.3.	Fases do Desvio e Sequência Construtiva	197
12.4.	Desvio do Rio	197
12.4.1.	Enscadeiras.....	198
12.4.2.	Fechamento do Desvio e Enchimento do Reservatório.....	198
12.4.3.	Equipamentos Eletromecânicos.....	199
12.5.	Vazão Remanescente.....	200
12.5.1.	Equipamentos Eletromecânicos.....	200
12.6.	Barragem	202
12.7.	Vertedouro	203
12.8.	Estrutura de Controle do Canal de Adução	203
12.8.1.	Equipamentos Eletromecânicos.....	204
12.9.	Canal de Adução.....	206
12.10.	Câmara de Carga	206

12.11. Tomada d'Água	206
12.11.1. Obras Civis	207
12.11.2. Equipamentos Eletromecânicos	207
12.12. Conduto Forçado	210
12.13. Casa de Força, Área de Montagem e Canal de Fuga	211
12.13.1. Obras Civis	211
12.13.2. Equipamentos Eletromecânicos	212
12.14. Sistemas de Utilidades	215
12.14.1. Sistema de Esvaziamento e Enchimento	215
12.14.2. Sistema de Água de Resfriamento e de Serviço	216
12.14.3. Sistema de Drenagem	217
12.14.4. Sistema de Ar Comprimido de Serviço	217
12.14.5. Sistema de Ventilação	218
12.14.6. Sistemas de Água Potável e Esgoto Sanitário	218
12.14.7. Sistema de Proteção Contra Incêndios	218
12.14.8. Sistema de Medições Hidráulicas	219
12.15. Equipamentos e Sistemas Elétricos Principais	220
12.15.1. Geradores Principais	220
12.15.2. Gerador da Casa de Força Auxiliar	222
12.15.3. Cubículos de Média Tensão	222
12.15.4. Transformador Elevador	223
12.15.5. Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC)	224
12.15.6. Sistema de Proteção	225
12.15.7. Subsistema de Medição e Supervisão	226
12.15.8. Sistema de Segurança Eletrônica	226
12.15.9. Sistema de Telecomunicações	227
12.15.10. Serviços Auxiliares em Corrente Alternada	227
12.15.11. Gerador Diesel de Emergência	228
12.15.12. Serviços Auxiliares em Corrente Contínua	229
12.15.13. Sistema de Iluminação e Tomadas	230
12.15.14. Sistema de Vias Para Cabos e Condutores	231
12.15.15. Sistema de Aterramento e de Proteção Contra Descargas Atmosféricas	232
12.15.16. Subestação Elevadora	233
12.15.17. Linha de Transmissão	234
13. INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA DE ABASTECIMENTO	235
13.1. Localização e Principais Acessos ao Sítio	235
13.2. Infraestrutura Disponível	235
13.3. Logística para as Obras	236
13.4. Canteiros e Acampamentos	239
14. CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO	241
15. ORÇAMENTO PADRÃO ELETROBRÁS	245
16. AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA DO EMPREENDIMENTO	247
17. FICHA TÉCNICA PADRÃO ANEEL	249

18. PARTICIPANTES DOS ESTUDOS	250
19. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	252
20. ANEXOS.....	255

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2-1: Partição de queda aprovada para o rio Sauê-Uiná (Despacho ANEEL nº 408/2020).....	13
Tabela 2-2: Detalhamento da rota de acesso ao sítio pela margem esquerda do rio (Fonte: Google Earth)	18
Tabela 4-1: Quadro comparativo entre Inventário e Projeto Básico	23
Tabela 5-1: Tempo mínimo de rastreio	34
Tabela 5-2: Amarração planialtimétrica dos furos de sondagens.....	44
Tabela 6-1: Cartas utilizadas nos levantamentos de áreas de drenagem de locais na bacia	46
Tabela 6-2: Características climatológicas – Estação Diamantino	55
Tabela 6-3: Postos pluviométricos de interesse do rio Sauê-Uiná	56
Tabela 6-4: Posto pluviométrico Brasnorte (01257000) – Totais pluviométricos (mm)	56
Tabela 6-5: Posto pluviométrico Fazenda Floresta (01258001) – Totais pluviométricos (mm).....	57
Tabela 6-6: Posto pluviométrico Bacaval (01358001) – Totais pluviométricos (mm)	58
Tabela 6-7: Posto pluviométrico Fazenda Tucunaré (01358002) – Totais pluviométricos (mm)	59
Tabela 6-8: Posto pluviométrico Speráfico (01358005) – Totais pluviométricos (mm)	60
Tabela 6-9: Postos pluviométricos – Precipitações médias mensais.....	61
Tabela 6-10: Chuva média na bacia do Rio Sauê-Uiná – Totais pluviométricos (mm)	62
Tabela 6-11: Postos pluviométricos – Rio Sauê-Uiná	63
Tabela 6-12: Série de vazões observadas – Fazenda Tucunaré (17091000).....	66
Tabela 6-13: Série de vazões observadas – Aldeia Sacre II (17092800)	67
Tabela 6-14: Série de vazões observadas – Fontanilhas (17093000)	68
Tabela 6-15: Série de vazões observadas – Porto dos Gaúchos (17120000).....	69
Tabela 6-16: Local das medições realizadas – Posto Sauê-Uiná	70
Tabela 6-17: Medições de vazões realizadas – Estação Sauê-Uiná	71
Tabela 6-18: Vazões médias mensais na Estação Sauê-Uiná	72
Tabela 6-19: Postos pluviométricos de interesse ao estudo de inventário do rio Sauê-Uiná.....	74
Tabela 6-20: Postos pluviométricos – Vazões médias mensais	74
Tabela 6-21: Série de Vazões Preenchida – Posto Fazenda Tucunaré (17091000) – m ³ /s	77
Tabela 6-22: Vazões médias mensais na estação hidrométrica Sauê-Uiná e no posto base Fazenda Tucunaré.....	79
Tabela 6-23: Série de vazões médias mensais – PCH SU-75 – A.D. = 1.730 km ²	80
Tabela 6-24: Permanência de vazões médias mensais – PCH SU-75 (m ³ /s)	82
Tabela 6-25: Vazões máximas observadas anuais – Ano hidrológico (m ³ /s).....	84
Tabela 6-26: Vazões máximas diárias anuais – Postos pluviométricos (m ³ /s)	86
Tabela 6-27: Vazões máximas diárias e instantâneas anuais – PCH SU-75	88
Tabela 6-28: Vazões mínimas para jusante (m ³ /s), segundo critério definido pela SEMA/MT (10% da Q _{mt} mensal).....	88
Tabela 6-29: Resultados – Saídas HEC-RAS	89
Tabela 6-30: Pontos da curva cota x área e curva cota x volume	93
Tabela 6-31: Tempos de enchimento dos reservatórios – PCH SU-75.....	95
Tabela 6-32: Tempo de residência – PCH SU-75.....	96
Tabela 6-33: Dados de entrada do SISEVAPO	97
Tabela 6-34: Evaporação líquida (mm) – SU km 75.....	98
Tabela 6-35: Descarga sólida em suspensão e total pelo Método Simplificado de Colby, (1957).....	98
Tabela 6-36: Produção específica de sedimentos – Estação Sauê-Uiná.....	99

Tabela 6-37: Estimativa de vida útil – PCH SU-75 (A.D.= 1.730 km ²).....	100
Tabela 6-38: Vazões de entrada no modelo HEC-RAS e respectivos níveis na soleira do vertedouro	102
Tabela 6-39: Níveis d'água com reservatório para as vazões estudadas	103
Tabela 7-1: Coluna Estratigráfica Regional (CPRM 2004).....	108
Tabela 7-2: Processos minerários em ativos na bacia (Fonte: ANM/SIGMINE)	111
Tabela 7-3: Balanço de materiais com graus de empolamento de solo e compactação de rocha	116
Tabela 8-1: Obras Civas – Preços Unitários (junho/2021).....	130
Tabela 10-1: Comparação entre eixos – Áreas de reservatório para diferentes NA's de montante	156
Tabela 11-1: Série de vazões médias mensais naturais no local da PCH SU-75.....	161
Tabela 11-2: Vazões remanescentes na PCH SU-75	163
Tabela 11-3: Empreendimentos Hidrelétricos Considerados na Simulação	164
Tabela 11-4: Mapeamento energético preliminar	169
Tabela 11-5: Estudos de motorização – Coeficientes das equações de perda de carga	172
Tabela 11-6: Estudos de Motorização – Simulações energéticas	173
Tabela 11-7: Estudos de Motorização – Parâmetros do circuito de adução alterados com a potência instalada	175
Tabela 11-8: Estudos de Motorização – Estimativa de custos do circuito de geração (R\$ x 10 ³).....	176
Tabela 11-9: Estudos de Motorização – Estimativa de custos do circuito de geração.....	176
Tabela 11-10: Parâmetros do circuito de adução para cada alternativa de potência	177
Tabela 11-11: Estudos de Motorização – Variação Custo/Benefício anual para cada potência instalada	178
Tabela 11-12: Série de vazões médias mensais disponíveis (jan/1974 a dez/2020)	185
Tabela 11-13: Potências médias mensais geradas a partir das vazões remanescentes (kW)	187
Tabela 11-14: Linha de Transmissão – Trechos até a SE Manobra Sapezal	188
Tabela 11-15: Perdas elétricas em cada trecho (distribuição entre as PCHs).....	190
Tabela 11-16: Perdas elétricas em cada trecho, em MW médios (valores finais por PCH)	190
Tabela 11-17: PCH SU-75 – Características finais	193
Tabela 15-1: Resumo das quantidades (obras civis).....	245
Tabela 15-2: OPE – Resumo das Contas	246

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1: Acesso à área da PCH SU-75 (trecho entre Cuiabá e Sapezal) (Fonte: Google Maps)	16
Figura 2-2: Acesso ao local do empreendimento a partir da cidade de Sapezal (Fonte: Google Earth)	17
Figura 2-3: Parte inicial do acesso local ao sítio do aproveitamento (Fonte: Google Earth)	17
Figura 2-4: Trecho final do acesso ao sítio do aproveitamento (Fonte: Google Earth)	19
Figura 4-1: EIH e PB – Séries de vazões médias mensais – Curvas de permanência comparativas.....	25
Figura 5-1: Localização da área perfilada	29
Figura 5-2: Área total do perfilamento a laser	30
Figura 5-3: MDT do perfilamento	32
Figura 5-4: MDS do perfilamento	32
Figura 5-5: Ajuste realizado “UM SIGMA”, com 68,7% de confiabilidade.....	35
Figura 5-6: Transporte da base de apoio utilizando as RBMC’s selecionadas	35
Figura 5-7: Esquema empregado na implantação dos marcos das seções topobatimétricas	36
Figura 5-8: Esquema empregado na amarração planialtimétrica dos furos de sondagens	37
Figura 5-9: Tela MAPGEO2015 para determinação da ondulação geoidal método direto	38
Figura 5-10: Seção topobatimétrica complementar SBT-17	40
Figura 5-11: Seção topobatimétrica complementar SBT-18	41
Figura 5-12: Seção topobatimétrica complementar SBT-19	42
Figura 5-13: Seção topobatimétrica complementar STB-3 (Estudos de Inventário; 2019).....	43
Figura 6-1: Rio Sauê-Uiná – Localização	45
Figura 6-2: Geologia na bacia do rio Sauê-Uiná.....	50
Figura 6-3: Sistema de circulação atmosférica na região Centro-Oeste	52
Figura 6-4: Precipitações médias mensais observadas nas estações pluviométricas selecionadas	61
Figura 6-5: Curva-chave – Fazenda Tucunaré (17091000).....	64
Figura 6-6: Curva-chave - Aldeia Sacre II (17092800).....	65
Figura 6-7: Curva-chave - Fontanilhas (17093000).....	65
Figura 6-8: Curva-chave - Porto dos Gaúchos (17120000)	66
Figura 6-9: Curva-chave – Estação Sauê-Uiná.....	72
Figura 6-10: Hidrograma das vazões diárias na Estação Sauê-Uiná	73
Figura 6-11: Hidrogramas médias mensais adimensionais	75
Figura 6-12: Curva de regionalização (Médias de Longo Termo)	75
Figura 6-13: Correlação – Fontanilhas x Fazenda Tucunaré	76
Figura 6-14: Correlação – Porto dos Gaúchos x Fazenda Tucunaré	76
Figura 6-15: Comparação dos valores da série de vazões médias mensais com as medições mensais realizadas – PCH SU-75 (m ³ /s).....	80
Figura 6-16: Curva de permanência – Vazões médias mensais – PCH SU-75 (m ³ /s)	83
Figura 6-17: Envoltória da série de vazões médias mensais com as medições mensais realizadas – PCH SU-75 (m ³ /s)	83
Figura 6-18: Regionalização de vazões máximas diárias – Ano hidrológico normal	87
Figura 6-19: Curva-chave no barramento da PCH SU-75	91
Figura 6-20: Curva-chave no canal de fuga da PCH SU-75	91
Figura 6-21: Seção topobatimétrica (STB 17) próxima ao barramento da PCH SU-75.....	92
Figura 6-22: Seção topobatimétrica (STB 03) próxima ao canal de fuga da PCH SU-75.....	92

Figura 6-23: Curva cota x área do reservatório da PCH SU-75.....	94
Figura 6-24: Curva cota x volume do reservatório da PCH SU-75.....	94
Figura 6-25: Linha d'água com reservatório para as vazões analisadas	103
Figura 7-1: Geologia na Bacia do Rio Sauê-Uiná	107
Figura 7-2: Títulos minerários na bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná	111
Figura 7-3: Mapa de localização de sismos em território brasileiro	113
Figura 7-4: Visão geral do sítio SU-75.....	114
Figura 7-5: Localização, áreas e volumes das áreas de bota-fora da PCH SU-75.....	117
Figura 9-1: Planta e seção transversal típica de canal de desvio	135
Figura 9-2: Coeficiente de descarga para vertedouro com ogiva de paramento vertical	141
Figura 9-3: Correção do coeficiente de descarga para vertedouro com ogiva de paramento inclinado	142
Figura 9-4: Correção do coeficiente de descarga para vertedouro submetido a cargas diferentes da carga de projeto	142
Figura 9-5: Correção do coeficiente de descarga para vertedouro sob a influência do nível d'água de jusante	143
Figura 9-6: Gabarito hidráulico para vertedouro de soleira livre – definição do perfil Creager	144
Figura 9-7: Vertedouro de soleira livre com paramento de jusante em escada – definição das dimensões dos degraus	145
Figura 10-1: Planta do reservatório da PCH SU-75 (Fonte: Estudos de Inventário)	153
Figura 10-2: Planta topográfica obtida com o perfilamento laser	154
Figura 10-3: Comparativo entre os 2 modelos cartográficos (cota 286,0 m)	155
Figura 10-4: Alternativas 01 e 02 (eixos das estruturas)	157
Figura 10-5: Reservatórios na El. 286,0 m (Eixo do inventário e eixo proposto)	158
Figura 11-1: Curva de energia média produzida (preliminar)	171
Figura 11-2: Estudos de Motorização – Energia média e Fator de Capacidade.....	174
Figura 11-3: Estudos de Motorização – Variação custo/benefício	178
Figura 11-4: Curvas de perdas de carga no circuito de adução	180
Figura 11-5: Curva de energia produzida pelo aproveitamento (série de vazões turbináveis)	181
Figura 11-6: Curva de permanência de quedas brutas	182
Figura 11-7: Curva de permanência de quedas líquidas	182
Figura 11-8: Turbina tipo hélice instalada no barramento de uma PCH (Fonte: VERKA)	184
Figura 11-9: Croqui esquemático do sistema de conexão para as PCHs SU-118, SU-104, SU-93 e SU-75.....	189
Figura 11-10: Séries históricas de vazões vertidas e turbináveis (1974 a 2020) – Casa de força principal.....	191
Figura 11-11: Série histórica de potências médias mensais (1974 a 2020) – Casa de força principal.....	192
Figura 13-1: Fábricas de cimento Votorantim (Nobres e Cuiabá) (Fonte: Google Earth)	237
Figura 14-1: Histograma de consumo de concreto estrutural	241
Figura 14-2: Histograma de consumo de concreto massa	242
Figura 14-3: Histograma de consumo de concreto projetado	242
Figura 14-4: Histograma de consumo de concreto (total)	243
Figura 14-5: Histograma de escavação comum	243
Figura 14-6: Histograma de escavação em rocha a céu aberto	244
Figura 14-7: Histograma de aterro	244

1. APRESENTAÇÃO

O rio Sauê-Uiná e seu afluente, rio do Calor, integrantes da sub-bacia nº 17, localizada na bacia hidrográfica do rio Amazonas, estado de Mato Grosso, foram objetos de Estudos de Inventário Hidrelétrico (EIH), aprovados por meio do Despacho ANEEL nº 408, de 12 de fevereiro de 2020.

Dentre os aproveitamentos constantes da partição de queda aprovada, a **Pequena Central Hidrelétrica (PCH) SU-75**, distante aproximadamente 75 km de sua foz, no rio Papagaio, com potência instalada de referência de 8,65 MW, foi prevista para ser implantada no município de Sapezal.

Durante as fases de elaboração e aprovação do EIH a empresa **Sapezal Energia Ltda.** também deu início às atividades com vistas à elaboração do projeto básico para o empreendimento.

Após a concessão do registro de intenção à outorga de autorização (DRI-PCH), por meio do Despacho nº 1.430, publicado em 25 de maio de 2020, o Projeto Básico foi desenvolvido, contemplando o detalhamento dos estudos de engenharia para a concepção da PCH.

Ante ao exposto, por meio deste e demais documentos complementares, a empresa **Sapezal Energia Ltda.**, cumprindo a determinação legal prevista na Resolução Normativa nº 875/2020 submete à Agência Nacional de Energia Elétrica o **Projeto Básico da PCH SU-75**.

Os estudos de engenharia foram elaborados tomando-se como principais referências as seguintes publicações:

- “Diretrizes para Estudos e Projeto Básico de Pequenas Centrais Hidrelétricas”, editadas pela ELETROBRÁS/ANEEL-MME em 1999;
- Resolução ANEEL nº 875/2020 e demais normativas publicadas pela ANEEL;
- Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Sauê-Uiná e de seu afluente, rio do Calor, integrantes da sub-bacia 17, bacia hidrográfica do rio Amazonas, estado de Mato Grosso, aprovados por meio do Despacho ANEEL nº 408, de 12 de fevereiro de 2020.

2. INTRODUÇÃO

Neste documento apresenta-se a síntese dos trabalhos, levantamentos e estudos realizados ao longo de todas as etapas de desenvolvimento dos estudos de projeto básico da PCH SU-75, consolidados em um conjunto de textos, tabelas e ilustrações, organizados conforme consta no item 2.5.

2.1. Objetivo

O objetivo deste estudo foi conceber e detalhar a PCH SU-75, na fase de Projeto Básico, de sorte a permitir, após os trâmites legais junto ao Poder Concedente e aos órgãos ambiental e de recursos hídricos, a promoção dos processos de contratação dos empreiteiros civis e de fornecedores de equipamentos eletromecânicos, o detalhamento do projeto executivo e a implantação do empreendimento.

De maneira específica, a elaboração deste projeto contemplou os seguintes objetivos:

- Obtenção do Despacho de Registro da Adequabilidade do Sumário Executivo (DRS-PCH), a ser emitido pela SCG/ANEEL;
- Servir como elemento técnico de engenharia para o processo de licenciamento ambiental do empreendimento, cujo processo será iniciado após a obtenção do DRS-PCH;
- Servir de fundamentação técnica para obtenção da Outorga de Autorização, a ser emitida pelo Poder Concedente;
- Apresentar os elementos técnicos necessários para a obtenção da Reserva de Disponibilidade Hídrica e posterior Outorga para Uso da Água para fins de Geração de Energia Elétrica do aproveitamento;
- Apresentar a ideia básica para interligação da usina à rede de transmissão elétrica existente;
- Servir como fundamentação técnica para elaboração do Projeto Executivo da usina.

2.2. Histórico dos Estudos

A PCH SU-75 foi identificada nos Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Sauê-Uiná e seu afluente rio do Calor, aprovados por meio do Despacho ANEEL nº 408, de 12 de fevereiro de 2020.

O rio Sauê-Uiná é afluente pela margem esquerda do rio Papagaio, localizado na sub-bacia 17, bacia hidrográfica do rio Amazonas, no estado de Mato Grosso.

Os referidos estudos identificaram o aproveitamento com as seguintes características principais:

- Coordenadas do eixo 12°40'46,6" (S) e 58°36'37,9" (O)
- Coordenadas da casa de força 12°40'46,4" (S) e 58°36'34,4" (O)
- Área de drenagem 1.735 km²
- Nível d'água de montante 286,00 m
- Nível d'água de jusante 268,06 m
- Potência instalada de referência 8,65 MW
- Área do reservatório 3,32 km²

Após a elaboração da última versão dos estudos de inventário do rio Sauê-Uiná foram executadas atividades adicionais visando ao desenvolvimento do Projeto Básico em tela, incluindo visitas e observações de campo, novos levantamentos cartográficos e topográficos, campanha de investigações geológico-geotécnicas, campanhas de medições de vazão e níveis d'água em estação fluviométrica instalada no rio Sauê-Uiná, atualizações hidrológicas e estudos de conexão.

Os levantamentos de campo visando à elaboração do Projeto Básico tiveram início em maio de 2020, com a contratação da empresa SAI – Serviços Aéreos Industriais para obtenção do modelo digital de terreno em toda a região de interesse, a partir de um perfilamento a laser, com geração de fotografias digitais atualizadas (ortofotocartas). Essa metodologia permite a execução de um estudo topográfico de precisão, com geração de curvas de níveis equidistantes de 1,0 m. O voo sobre a área prevista para a implantação da usina, que possibilitou a elaboração do perfilamento a laser, permitiu a elaboração e entrega do modelo digital de terreno, em atendimento pleno às Diretrizes de Cartografia e Topografia da ANEEL.

Em paralelo, foram conduzidos todos os estudos de engenharia, no tocante ao levantamento de dados secundários e dos estudos hidrológicos, com vistas à obtenção de um modelo para geração da série de vazões médias mensais e de vazões extremas no local previsto para implantação do futuro aproveitamento.

Em adição, foi executada nos meses de maio e junho de 2021 campanha de sondagem no eixo previsto para implantação da PCH, com o objetivo de se conhecer de forma mais detalhada suas condições geológico-geotécnicas. Para tanto, foi contratada a empresa NACON Sondagens.

Também foram especificados levantamentos topográficos complementares no sítio da PCH. Foram executadas seções topobatimétricas adicionais às já disponíveis nos estudos de inventário de referência e também a amarração planialtimétrica para obtenção da localização e das “cotas de boca” dos furos de sondagens constantes das investigações geológico-geotécnicas. Os serviços foram desenvolvidos pela empresa TOPOGEO Topografia e Geomática Ltda. em maio e junho de 2021.

As campanhas de hidrometria executadas ao longo do desenvolvimento dos estudos de inventário tiveram continuidade. Para esses levantamentos foi contratada a empresa HYDROCONSULT Hidrometria Comércio e Serviços Ltda., que vem realizando campanhas mensais de medições e acompanhamento horário dos níveis d'água (*data logger*).

De posse de todas essas informações, os estudos técnicos de engenharia foram desenvolvidos, sendo concluídos em julho de 2021.

2.3. Estudos Anteriores

Por meio do Despacho nº 408, de 12/02/2020, a ANEEL aprovou os Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Sauê-Uiná e seu afluente rio do Calor, localizado na sub-bacia 17, bacia hidrográfica do rio Amazonas, no estado de Mato Grosso, apresentados pela empresa Sapezal Energia Ltda.

A partição de queda aprovada nos Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Sauê-Uiná é apresentada na Tabela 2-1.

Tabela 2-1: Partição de queda aprovada para o rio Sauê-Uiná (Despacho ANEEL nº 408/2020)

PCH	CEG	Coordenadas Geográficas		A _{DREN} (km ²)	N _A MÁX (m)	N _A JUS (m)	P _I NST (KW)	A _R ES (km ²)
		Barramento	Casa de Força					
SU-47	PCH.PH.MT.046745-6.01	12°32'14,5''S	12°32'12,5''S	2.680	268,00	253,64	8.800	6,72
		58°31'50,3''W	58°31'49,7''W					

PCH	CEG	Coordenadas Geográficas		ADREN (km ²)	NAMÁX (m)	NAJUS (m)	P _{INST} (KW)	A _{RES} (km ²)
		Barramento	Casa de Força					
SU-75	PCH.PH.MT.046746-4.01	12°40'46,6''S	12°40'46,4''S	1.735	286,00	268,06	8.650	3,32
		58°36'37,9''W	58°36'34,4''W					
SU-93	PCH.PH.MT.046747-2.01	12°47'23,7''S	12°47'25,0''S	1.525	310,00	286,61	9.850	2,28
		58°38'33,7''W	58°38'30,5''W					
SU-104	PCH.PH.MT.046748-0.01	12°49'36,4''S	12°49'34,5''S	1.480	327,00	310,11	6.950	0,72
		58°40'03,0''W	58°39'58,7''W					
SU-118	PCH.PH.MT.046749-9.01	12°53'05,1''S	12°52'10,3''S	1.400	353,00	327,33	8.850	0,29
		58°40'59,9''W	58°40'40,5''W					
SU-127	PCH.PH.MT.046750-2.01	12°55'24,8''S	12°54'57,1''S	1.380	370,00	353,07	5.750	3,28
		58°42'12,6''W	58°41'20,9''W					
SU-146	PCH.PH.MT.046751-0.01	13°01'27,4''S	13°01'01,7''S	1.200	390,00	370,03	5.900	2,56
		58°47'12,5''W	58°46'33,4''W					
SU-160	PCH.PH.MT.046752-9.01	13°06'32,5''S	13°06'30,0''S	1.080	410,00	392,19	5.350	1,78
		58°48'22,0''W	58°48'20,3''W					
SU-173	PCH.PH.MT.046753-7.01	13°10'06,6''S	13°10'08,2''S	950	430,00	410,02	5.300	0,72
		58°48'16,9''W	58°48'14,7''W					

O Despacho ANEEL nº 1.430, publicado em 25 de maio de 2020, conferiu à empresa Sapezal Energia Ltda. o registro de intenção à outorga de autorização (DRI-PCH) referente à PCH SU-75.

2.4. Localização e Acessos

A PCH SU-75 será implantada em área do município de Sapezal, no estado de Mato Grosso. As coordenadas geográficas aproximadas do eixo previsto para seu futuro barramento são:

- Latitude Sul 12°41'29''
- Longitude Oeste 58°36'59''

Para acesso ao local previsto para construção da usina, devem ser percorridos, a partir da cidade de Cuiabá, aproximadamente 620 km (acesso ao sítio pela margem esquerda do rio), transitando-se por rodovias federais e estaduais, além de estradas de acesso às fazendas da região, denominadas aqui vicinais.

Da cidade de Cuiabá, pelas rodovias federais BR-163 e BR-364, pavimentada e em bom estado de conservação, devem ser percorridos aproximadamente 76 km até a cidade de Jangada, no estado de Mato Grosso.

De Jangada, pelas mesmas rodovias do trecho anterior, devem ser percorridos aproximadamente 7 km até o Auto Posto Foz do Iguaçu, localizado na margem direita da rodovia (sentido Barra do Bugres). Logo após

esse posto está localizado o trevo das rodovias BR-163 e MT-246 (15°10'32,06" Sul e 56°31'29,59" Oeste). Nesse ponto do trajeto, passa-se a trafegar pela rodovia estadual MT-246, à esquerda do trevo em questão.

Do trevo citado, pelas rodovias estaduais MT-246 e MT-343, pavimentadas e com boas condições para tráfego, devem ser percorridos aproximadamente 83 km até a cidade de Barra do Bugres, no estado de Mato Grosso. Esse trecho do percurso, quase que em sua totalidade, é feito pela rodovia MT-246. Próximo à cidade de Barra do Bugres, no cruzamento entre essas rodovias, passa-se a trafegar pela MT-343 (15°06'48,55" Sul e 56°09'15,94" Oeste).

Saindo da cidade de Barra do Bugres, ainda pela rodovia estadual MT-343, devem ser percorridos aproximadamente 23 km até a localidade denominada Assari, distrito do município de Barra do Bugres. No perímetro urbano desse distrito está o trevo das rodovias MT-343 e MT-358 (14°52'33,23" Sul e 57°10'29,71" Oeste). A partir desse trevo, o percurso deve seguir pela rodovia MT-358, também pavimentada e em bom estado de conservação, por aproximadamente 18 km até a cidade de Nova Olímpia, no estado de Mato Grosso.

Da cidade de Nova Olímpia, também pela rodovia MT-358, devem ser percorridos aproximadamente 22 km até a localidade denominada Progresso, distrito do município de Tangará da Serra, no estado de Mato Grosso. Passando por esse distrito, depois de serem percorridos aproximadamente 16 km (MT-358), chega-se à cidade de Tangará da Serra.

Partindo-se de Tangará da Serra, pela rodovia MT-358, neste trecho pavimentada e necessitando de algumas melhorias para o tráfego, devem ser percorridos cerca de 70 km até o cruzamento dela com a BR-364 (14°19'34,29" Sul e 57°57'37,28" Oeste).

Depois desse trevo, pela BR-364, pavimentada e necessitando pontualmente de algumas melhorias em sua superfície de rolamento, devem ser percorridos cerca de 80 km até a cidade de Campo Novo do Parecis, no estado de Mato Grosso.

Em Campo Novo do Parecis, deve-se tomar a rodovia MT-235 (13°39'33,66" Sul e 57°53'34,64" Oeste) em direção à cidade de Sapezal, no estado de Mato Grosso. Esse trecho do percurso, de cerca de 110 km, está pavimentado, mas necessitando de melhorias em alguns pontos. Essa rodovia, a partir da ponte sobre o rio Verde, no sentido Sapezal, passa por dentro da Terra Indígena *Paresi*, sendo cobrado pedágio nesse ponto (13°38'32,73" Sul e 58°01'11,00" Oeste).

Sendo assim, são percorridos cerca de 500 km entre as cidades de Cuiabá e Sapezal, essa o mais próximo centro urbano do sítio do futuro aproveitamento.

A Figura 2-1 apresenta o traçado da rota de percurso aqui descrita (*Fonte: Google Maps*).

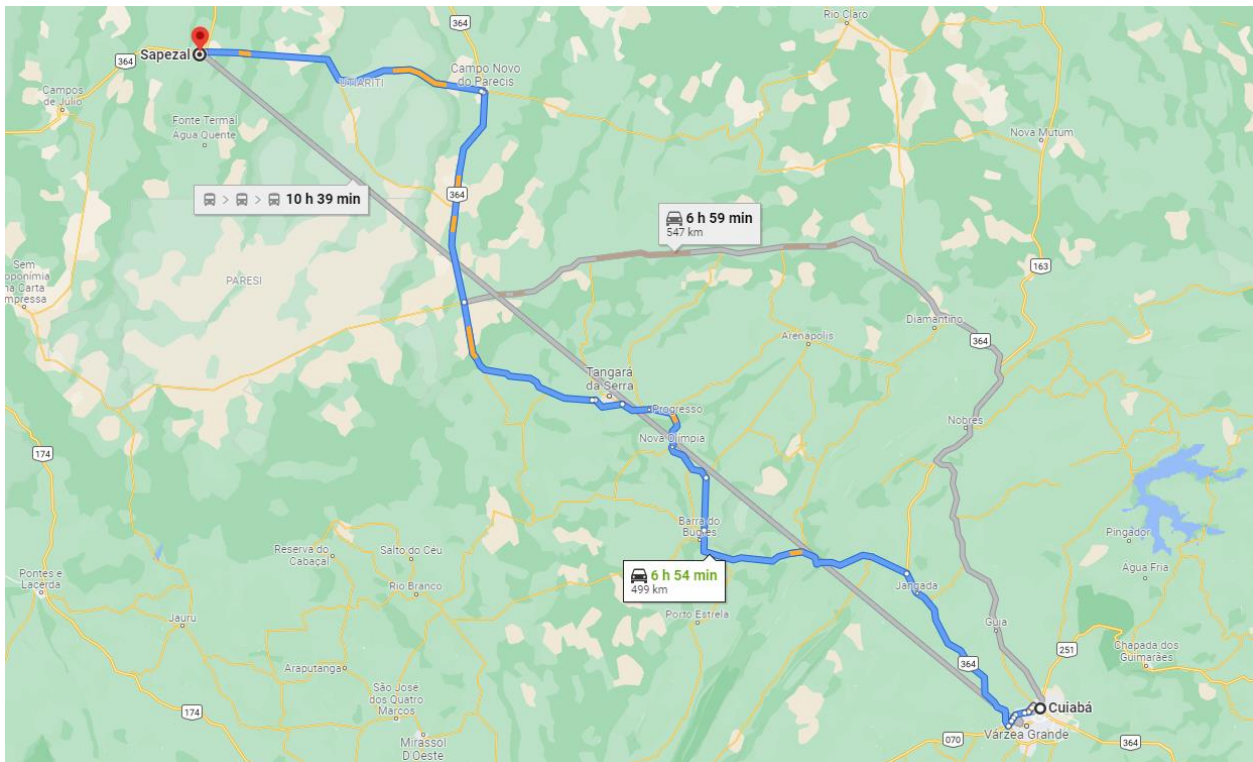


Figura 2-1: Acesso à área da PCH SU-75 (trecho entre Cuiabá e Sapezal) (Fonte: Google Maps)

Da cidade de Sapezal, o acesso ao sítio do empreendimento pode ser feito pela margem esquerda do rio. Para tanto, foi definido um ponto denominado P-01, que corresponde ao cruzamento entre as rodovias MT-235 e BR-364 ($13^{\circ}32'23,32''$ Sul e $58^{\circ}47'53,54''$ Oeste). A partir desse ponto, pela rodovia BR-364, é desenvolvida parte da rota de acesso ao sítio do aproveitamento. A Figura 2-2 apresenta o início dessa rota de percurso.

A partir do ponto P-01 devem ser percorridos, pela rodovia BR-364, aproximadamente 51,4 km até o ponto denominado PI ($13^{\circ}05'21,74''$ Sul e $58^{\circ}43'12,98''$ Oeste). Desse ponto, o acesso passa a ser feito por estradas vicinais que dão acesso a algumas fazendas da região. A Figura 2-3 apresenta o detalhe da parte inicial da rota de acesso local ao sítio escolhido para a usina.



Figura 2-2: Acesso ao local do empreendimento a partir da cidade de Sapezal (Fonte: Google Earth)



Figura 2-3: Parte inicial do acesso local ao sítio do aproveitamento (Fonte: Google Earth)

A Tabela 2-2 apresenta o detalhamento das rotas dos percursos de acesso local ao sítio do aproveitamento, considerando o lado direito do rio. A Figura 2-4 ilustra o traçado resultante da Tabela 2-2.

Tabela 2-2: Detalhamento da rota de acesso ao sítio pela margem esquerda do rio (Fonte: Google Earth)

Partida (Coordenadas)	Chegada (Coordenadas)	Distância (km)	Rodovia/Estrada
P-01 13°32'23,32" (Sul) 58°47'53,54" (Oeste)	PI 13°05'21,74" (Sul) 58°43'12,98" (Oeste)	51,400	Trecho da rodovia BR-364
PI 13°05'21,74" (Sul) 58°43'12,98" (Oeste)	P-09 13°05'11,14" (Sul) 58°43'32,70" (Oeste)	0,673	Trecho de estrada vicinal
P-09 13°05'11,14" (Sul) 58°43'32,70" (Oeste)	P-10 12°52'43,43" (Sul) 58°46'40,15" (Oeste)	24,900	Trecho de estrada vicinal
P-10 12°52'43,43" (Sul) 58°46'40,15" (Oeste)	P-29 12°46'22,67" (Sul) 58°46'59,17" (Oeste)	11,740	Trecho de estrada vicinal
P-29 12°46'22,67" (Sul) 58°46'59,17" (Oeste)	P-30 12°40'50,76" (Sul) 58°45'24,95" (Oeste)	10,570	Trecho de estrada vicinal
P-30 12°40'50,76" (Sul) 58°45'24,95" (Oeste)	P-31 12°39'25,03" (Sul) 58°35'56,72" (Oeste)	17,348	Trecho de estrada vicinal
P-31 12°39'25,03" (Sul) 58°35'56,72" (Oeste)	PCH SU-75 12°40'46,60" (Sul) 58°36'37,90" (Oeste)	3,068	Trecho de estrada vicinal



Figura 2-4: Trecho final do acesso ao sítio do aproveitamento (Fonte: Google Earth)

2.5. Organização do Relatório

O relatório do Projeto Básico foi dividido em três volumes:

- Volume 1: Memorial Descritivo;
- Volume 2: Desenhos;
- Volume 3: Anexos.

O Volume 1 apresenta os resultados das investigações, ensaios e estudos realizados para a caracterização do empreendimento, e foi estruturado em 17 Capítulos principais, que seguem a sequência e o conteúdo preconizado pelo Setor Elétrico para estudos dessa natureza.

Nos Capítulos 1 e 2 encontram-se a apresentação e os objetivos dos estudos, a descrição da localização e dos acessos ao local do barramento e a organização do relatório.

No Capítulo 3 são apresentadas as principais conclusões acerca do projeto elaborado, bem como as recomendações para as próximas fases.

O Capítulo 4 apresenta um comparativo entre alguns dados técnicos do projeto básico e do inventário de referência, com as justificativas para os itens que sofreram algum tipo de alteração.

No Capítulo 5 estão relacionados as investigações e levantamentos executados que subsidiaram os estudos, compreendendo as áreas de cartografia e topografia.

No Capítulo 6 estão apresentados os estudos hidrometeorológicos e, no Capítulo 7, os estudos geológico-geotécnicos.

O Capítulo 8 apresenta a metodologia adotada para composição dos custos referentes ao orçamento da usina.

Já o Capítulo 9 apresenta as premissas utilizadas para os dimensionamentos hidráulicos, incluindo desvio do rio, vertedouro e perdas de carga no circuito de adução.

No Capítulo 10 são apresentados os estudos de alternativas, que resultaram na seleção do arranjo a ser implantado.

O Capítulo 11 apresenta os estudos energético-econômicos que definiram a potência instalada do aproveitamento, e também o número de unidades geradoras, os parâmetros otimizados do circuito de adução e as quedas líquidas da usina.

No Capítulo 12 encontram-se os estudos finais, onde se apresentam, em detalhes, a descrição e caracterização das obras civis e dos equipamentos previstos no arranjo geral proposto.

No Capítulo 13 foram feitos comentários acerca da infraestrutura e logística de abastecimento, visando à implantação do empreendimento.

No Capítulo 14 encontra-se o detalhamento do Cronograma Físico de Construção, descrevendo as considerações assumidas.

O Capítulo 15 apresenta o orçamento detalhado do empreendimento, no modelo adotado pela Eletrobrás.

No Capítulo 16 encontra-se a análise técnico-econômica do empreendimento, juntamente com os critérios adotados.

Por fim, no Capítulo 17 encontra-se a ficha resumo do aproveitamento.

No Volume 2 encontram-se todos os desenhos referentes ao projeto.

No Volume 3 são apresentados os anexos de interesse ao projeto, divididos nos seguintes tomos:

- Tomo I: Levantamentos cartográficos e topográficos;
- Tomo II: Levantamentos topográficos;
- Tomo III: Investigações Geológico-Geotécnicas e Levantamentos Hidrométricos;
- Tomo IV: Estudos de motorização;
- Tomo V: Sumário Executivo e Documentos Processuais.

3. SUMÁRIO DAS PRINCIPAIS CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A PCH SU-75 foi identificada nos Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Sauê-Uiná, aprovados por meio do Despacho ANEEL nº 408/2020.

Considerando todos os estudos e levantamentos executados, o Projeto Básico resultou na proposta de implantação de uma Pequena Central Hidrelétrica com potência instalada de 8,10 MW, sendo 7,50 MW na casa de força principal e 0,60 MW para aproveitamento energético da vazão remanescente. A queda bruta nominal será de 17,6 m (casa de força principal) e a área de reservatório será de 484 ha.

Os níveis operacionais da PCH, relativos à casa de força principal, serão os seguintes:

- Montante:
 - Nível d'água máximo normal.....286,00 m
 - Nível d'água mínimo normal286,00 m
 - Nível d'água máximo maximorum.....287,50 m
- Jusante:
 - Nível d'água normal268,39 m
 - Nível d'água mínimo (despacho mínimo de uma unidade geradora).....266,35 m
 - Nível d'água máximo excepcional (cheia de projeto).....271,10 m

A concepção do arranjo final previu o aproveitamento da queda por meio de uma barragem de terra com seção zonada (solo argiloso compactado e solo arenoso/laterítico compactado), com as estruturas de concreto (estrutura de desvio, vertedouro e tomada d'água de controle do canal) incorporadas ao barramento, ocupando o leito do rio e a margem esquerda. A geração será feita por meio de canal de adução, com necessidade de previsão de vazão remanescente.

O eixo do barramento terá uma extensão de 1.040 m, sendo 896 m para as obras de terra (incluindo um dique para fechamento da ombreira direita) e 144 m para as obras de concreto.

O vertedouro será de soleira livre, dimensionado para a vazão com recorrência milenar mas com sobrelevação para a passagem da cheia decamilenar sem riscos de galgamento, atendendo aos requisitos de segurança de barragens.

O desvio do rio será feito por meio de adufas a serem implantadas na margem esquerda, com controle do fechamento por meio de comporta corta-fluxo. Após a operação de fechamento do desvio e enchimento do reservatório, um dos vãos será preparado para o recebimento de uma unidade geradora complementar, para aproveitamento energético da vazão remanescente.

O circuito de adução será composto por uma estrutura de controle, seguida de canal de adução, câmara de carga, tomada d'água e conduto forçado até a entrada nas unidades geradoras. A partir da tomada d'água principal cada unidade terá um circuito independente. O circuito de baixa pressão (até a câmara de carga) atenderá às duas unidades.

O canal de adução terá extensão de 1.560 m, será escavado em solo e revestido em manta PEAD.

Cada conduto forçado terá extensão de aproximadamente 90 m e diâmetro principal de 3,0 m.

A casa de força principal possuirá dois grupos turbogeradores de eixo horizontal, com turbinas Kaplan "S", com potência unitária de 3.750 kW (turbina com 3.866 kW e gerador com 4.167 kVA).

A conexão da PCH SU-75 com o sistema elétrico da ENERGISA-MT deverá ser efetuada na Subestação Manobra Sapezal, em conjunto com as PCHs SU-118, SU-104 e SU-93.

A conexão entre a PCH SU-75 e a PCH SU-93 será na tensão 34,5 kV, circuito simples, com aproximadamente 13 km de extensão. Já a conexão principal, entre a PCH SU-93, que concentrará as cargas das quatro usinas, com a SE Manobra Sapezal, será na tensão de 138 kV, circuito simples, com aproximadamente 63 km de extensão.

As *Ilustrações 20 a 71* apresentam o arranjo geral e detalhes das estruturas componentes da PCH SU-75.

A operação da usina será a fio d'água, com produção estimada de 6,37 MW médios (expectativa de Garantia Física, sendo 5,82 MW médios na casa de força principal e 0,55 MW médios na casa de força complementar), correspondendo a um fator de capacidade médio de 0,79, resultando em aproximadamente 55,8 GWh/ano de energia gerada.

O custo total do empreendimento foi estimado em **R\$ 122.314.300,00 (cento e vinte e dois milhões, trezentos e quatorze mil, trezentos reais)**, incluindo o sistema de transmissão e juros durante a construção, referenciados a junho de 2021.

O custo de implantação será de aproximadamente R\$ 15.100 por kW instalado, incluindo Usina, SE, LT e juros durante a construção, e o Índice Custo-Benefício (ICB) foi estimado em 253 R\$/MWh.

Tendo como cenário atual tarifas no ACR para empreendimentos hidrelétricos de pequeno porte, verifica-se que a PCH SU-75 necessitará de condições especiais para sua viabilização. Para tanto, recomenda-se a realização de estudos adicionais com vistas à identificação de alternativas com menores quantitativos de obras civis.

Para as próximas fases recomenda-se também que sejam iniciadas as tratativas com fornecedores de equipamentos, objetivando a customização das soluções, considerando a construção do complexo com 4 usinas de mesmo porte: SU-118 (8,50 MW), SU-104 (6,70 MW), SU-93 (9,15 MW) e SU-75 (9,10 MW), totalizando aproximadamente 32 MW, com similaridade em alguns grupos geradores e demais equipamentos.

Adicionalmente, recomenda-se o aprofundamento das campanhas de investigações geológico-geotécnicas, para subsidiar os estudos de otimização do arranjo, em conjunto com empreiteira civil, visando à simplificação da logística para as obras e dos custos unitários dos insumos.

Por fim, recomenda-se a realização de estudos junto à concessionária de energia, visando à definição e, se possível, simplificação do sistema de conexão para o complexo.

Com base no projeto desenvolvido e nas soluções propostas e apresentadas neste Projeto Básico de Engenharia, recomenda-se que sejam iniciadas as tratativas junto à SEMA-MT, com o objetivo de se obter um Termo de Referência para a execução dos estudos ambientais.

4. EIH E PB: CARACTERÍSTICAS E JUSTIFICATIVAS PARA ALTERAÇÕES DE PROJETO

Ao longo do desenvolvimento do Projeto Básico da PCH SU-75, buscou-se a adequação do mesmo com os parâmetros principais, definidores do potencial hidráulico, estabelecidos nos Estudos de Inventário de referência, bem como o conceito do aproveitamento ótimo, em observações e atendimento às normas vigentes.

A Tabela 4-1 apresenta um quadro comparativo de algumas características do aproveitamento contidas tanto nos estudos de inventário (valores de referência) quanto no projeto básico (valores definitivos), o que permite uma análise das principais alterações promovidas com o avanço do projeto.

Tabela 4-1: Quadro comparativo entre Inventário e Projeto Básico

Características	Estudos de Inventário	Projeto Básico	
		Casa de Força principal	Casa de Força complementar
Coordenadas de referência (barramento)	12° 40' 46,6" S 58° 36' 37,9" W	12° 41' 29,19" S 58° 36' 59,41" W	
Coordenadas de referência (casa de força)	12° 40' 46,4" S 58° 36' 34,44" W	12° 40' 48,33" S 58° 36' 41,22" W	12° 41' 28,66" S 58° 37' 02,03" W
Distância até a foz (km)	74,80	76,90	
Área de drenagem (km ²)	1.735	1.730	
Potência instalada (MW)	8,65	7,50	0,60
Energia média (MW médios)	7,42	6,19	0,55
Garantia Física (MW médios)	-	5,82	0,55
Número de unidades	2	2	1
Nível d'água de montante (m)	286,00	286,00	
Nível d'água normal de jusante (m)	268,06	268,39	270,96
Queda bruta nominal (m)	17,94	17,61	15,04
Perda hidráulica nominal (m)	0,54	0,77	0,45
Queda líquida nominal (m)	17,40	16,84	14,59
Tipo de turbina	Kaplan "S", eixo horizontal	Kaplan "S", eixo horizontal	Hélice, eixo vertical
Rendimento da turbina	93,00%	93,00%	91,00%
Rendimento do gerador	97,00%	97,00%	95,00%
Indisponibilidade forçada	1,26%	1,26%	1,26%
Indisponibilidade programada	3,73%	1,74%	1,74%
Vazão de projeto do vertedouro (m ³ /s)	138,2	150,00	
Vazão remanescente (m ³ /s)	n/a	10% da MLT mensal	nula
Área do reservatório (km ²)	3,32	4,84	
Vazão média de longo termo (m ³ /s)	51,20	46,74	

Com o intuito de justificar as alterações promovidas, partiu-se para uma síntese de cada item inserido na tabela, cujas definições, verificações, dimensionamentos e particularidades são detalhados ao longo deste relatório.

- a) Coordenadas de referência: o eixo do barramento previsto no inventário sofreu um deslocamento para montante, de aproximadamente 2.100 m, em função dos resultados do levantamento topográfico. Este deslocamento foi necessário para a redução da área do reservatório, que se mostrou maior que o previsto no inventário, com o avanço dos levantamentos topográficos. Com relação à casa de força, foi promovido um deslocamento para jusante, configurando um empreendimento de derivação, para os ajustes das cotas previstas no inventário.
- b) Área de drenagem: houve pequena alteração com relação ao inventário, em função do deslocamento do eixo para montante.
- c) NA máximo de montante: não houve alteração com relação ao inventário.
- d) NA normal de jusante: de acordo com as mais recentes práticas da EPE para a habilitação de projetos para participação em leilões de energia, o NA normal de jusante é o nível d'água associado à passagem da vazão turbinada nominal de todas as unidades geradoras, sem vertimento. Para a definição do NA normal de jusante foi lançada na curva-chave do canal de fuga a vazão turbinada nominal somada à vazão remanescente máxima, observada no mês de março. As diferenças foram de aproximadamente 30 cm.
- e) Queda bruta nominal: houve uma redução na queda bruta, da ordem de 30 cm, em função da elevação do NA normal de jusante.
- f) Perdas hidráulicas: nos estudos de inventário as perdas de carga foram estimadas a partir de um percentual fixo da queda bruta (3%). Já no presente estudo foram levantadas equações de perda de carga em todo o circuito de adução, tendo as mesmas sido inseridas no modelo energético de simulação do aproveitamento, garantindo maior confiabilidade aos resultados.
- g) Queda líquida: a queda líquida sofreu uma redução de aproximadamente 55 cm, em função dos ajustes no nível nominal de jusante e nas perdas hidráulicas.
- h) Tipo de turbina e número de unidades geradoras: a solução proposta no inventário foi mantida para o projeto básico, com implantação de duas turbinas Kaplan "S", de eixo horizontal. Para a etapa de projeto básico foi inserida uma máquina adicional, de pequena potência, para aproveitamento energético da vazão remanescente.
- i) Rendimento do conjunto gerador: foram utilizados rendimentos compatíveis com as máquinas propostas, obtidos a partir da experiência em projetos similares e de consultas a fornecedores especializados.
- j) Indisponibilidades forçada e programada:

A Taxa de Indisponibilidade Forçada (TEIF) reflete o número de horas em que uma ou mais unidades geradoras deixaram de operar em decorrência de um desligamento causado por falha ou defeito de um componente ou unidade que acarretem retirada de serviço do equipamento ou parte dele. Resulta de condições de emergência ou acidentais que requeiram que o equipamento seja desligado. Desta forma, por tratar-se de ato ou evento sobre o qual não se tem domínio, a definição dos valores da TEIF deve se valer das estatísticas de usinas similares, uma vez não ser possível sua prévia mensuração. Adotou-se para a TEIF o valor de 1,26%, conforme sugerido pela ANEEL na Nota Técnica nº 063/2012-SRG-SGH/ANEEL, de 29 de agosto de 2012.

Já a Taxa de Indisponibilidade Programada (IP) reflete os desligamentos programados para manutenção nos períodos em que a unidade ou componente esteve ou poderia ter estado em serviço

caso não tivesse ocorrido o desligamento. Para mensuração das taxas mais adequadas para serem adotadas no presente projeto básico, obteve-se junto à Brasil PCH S.A. (www.brasilpch.com.br), produtora independente de energia que, desde 2009, opera 13 Centrais Hidrelétricas de porte similar nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, as taxas de indisponibilidade reais observadas neste complexo. Os números indicam uma taxa de indisponibilidade total, programada e forçada, nos últimos 36 meses de operação, de 1,74%. Para determinação das taxas de indisponibilidades do projeto optou-se, de forma conservadora, a utilizar o valor total de indisponibilidades da Brasil PCH como Indisponibilidade Programada.

- k) Vazão média de longo termo (Q_{mt}): os estudos hidrometeorológicos, detalhados no Capítulo 6, foram atualizados e mostraram algumas diferenças em relação ao inventário, com relação à série de vazões médias mensais.

A série de médias mensais foi atualizada até dezembro de 2020 e contemplou o monitoramento hidrométrico iniciado em 2019. Os dados medidos localmente puderam ser comparados com os dados do posto base, no mesmo período, possibilitando a correlação mais precisa.

A Figura 4-1 apresenta as curvas de permanência de vazões médias mensais para as duas fases do projeto, mostrando a redução na disponibilidade hídrica da ordem de 8%.

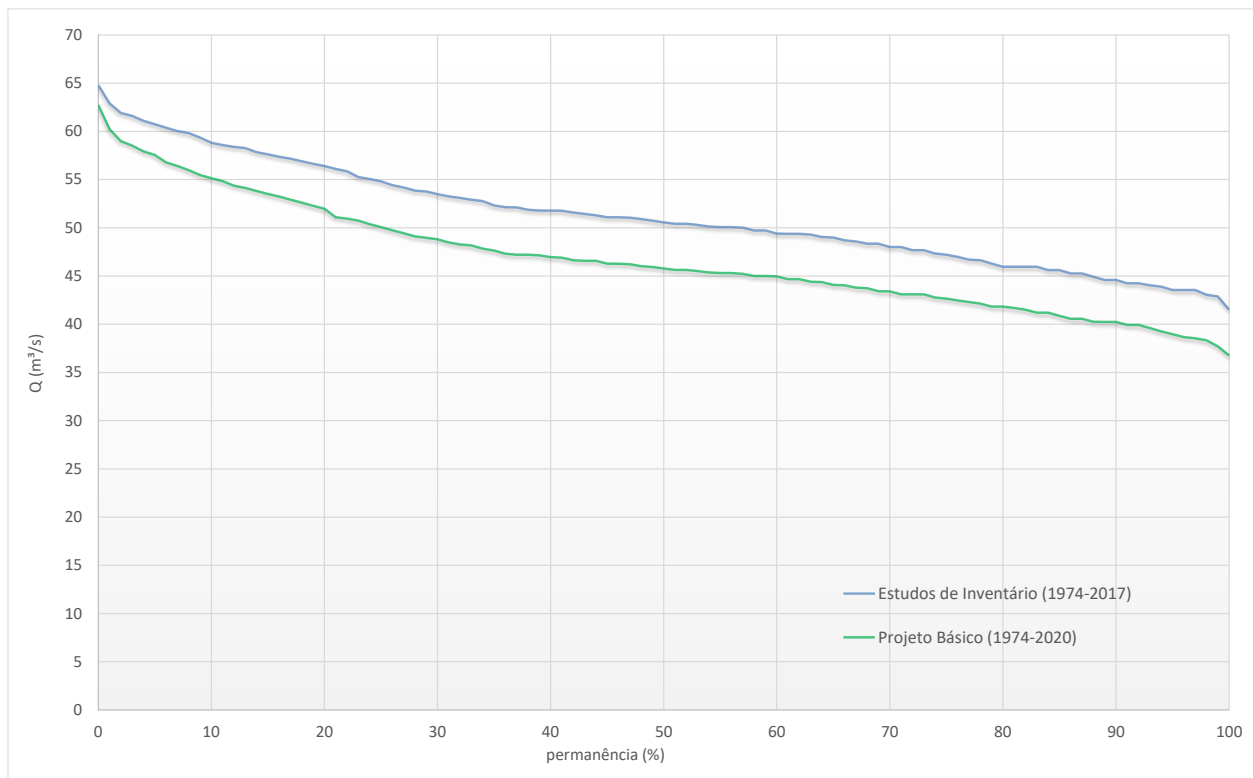


Figura 4-1: EIH e PB – Séries de vazões médias mensais – Curvas de permanência comparativas

- l) Vazão remanescente: na etapa de inventário o empreendimento havia sido previsto com geração ao pé do barramento, mas esta solução foi alterada no projeto básico em função da obtenção da topografia precisa no sítio. Como a usina passou a ter derivação, foi mantido o critério praticado pela SEMA-MT.
- m) Potência instalada e energia média: nos Estudos de Inventário, a potência foi definida como um valor de referência e a energia média associada a um fator de capacidade pré-determinado. Cabe à etapa de

Projeto Básico definir o valor “ótimo”, ou a potência mínima a instalar, por meio dos estudos de motorização, com cálculo das variações de custo e benefício incrementais. As abordagens e metodologias aplicadas para a determinação da potência instalada encontram-se no Capítulo 11.

Tendo em vista a redução na disponibilidade hídrica com relação ao inventário e a necessidade de previsão de vazão remanescente, os estudos de motorização apontaram para uma potência instalada aproximadamente 13% inferior. Com o aproveitamento energético da vazão remanescente a diferença é reduzida a apenas 6% (8,65 MW no inventário e 8,10 MW no projeto básico).

- n) Vazão de projeto do vertedouro: os estudos de vazões extremas foram atualizados, mostrando pequenas diferenças com relação ao inventário. Para a etapa de projeto básico o vertedouro foi dimensionado para a cheia com recorrência milenar, com garantia de proteção de todas as estruturas de barramento para o escoamento da cheia com recorrência decamilenar.
- o) Área do reservatório: a execução de perfilamento laser em toda a área de interesse permitiu a determinação precisa da área do reservatório. Mesmo com o deslocamento para montante no eixo do barramento a área do reservatório ainda se mostrou mais elevada que a área estimada na etapa de inventário.

Ao longo deste relatório de projeto básico são apresentados detalhadamente todos os estudos realizados e fundamentadas todas as alterações necessárias no projeto concebido nas etapas anteriores.

5. LEVANTAMENTOS CARTOGRÁFICOS E TOPOGRÁFICOS

Este capítulo tem como objetivo apresentar uma síntese dos serviços cartográficos e topográficos realizados na área prevista para implantação do aproveitamento. Ressalta-se que os mesmos atenderam plenamente às Diretrizes de Cartografia e Topografia da ANEEL, em sua última versão.

Todo o material resultante dos levantamentos cartográficos e topográficos realizados são apresentados no **Volume 3 – Tomos I e II**.

5.1. Cartografia e Topografia – Estudos de Inventário

Os levantamentos cartográficos e topográficos apresentados nos Estudos de Inventário do rio Sauê-Uiná foram desenvolvidos em dois períodos distintos. Os primeiros, no período 2010-2012, e os demais, em 2019.

Nos levantamentos de campo executados em 2010-2012 optou-se pela execução de uma restituição aerofotogramétrica em toda a área estudada, a partir de fotografias aéreas recentes e obtidas em um sobrevoo na escala 1/25.000.

Também no período 2010-2012, foram executados os seguintes serviços topográficos:

- Levantamento dos perfis topográficos dos rios Sauê-Uiná e do Calor;
- Implantação do apoio de campo – rede de apoio básico;
- Levantamento de seções topobatimétricas nos eixos de barramento definidos aquela época;
- Instalação de marcos topográficos nas proximidades dos eixos de barramento definidos aquela época;
- Cadastramento e amarração dos furos de sondagem executados;
- Amarração das estações fluviométricas instaladas.

Os serviços foram realizados pelas empresas **Aerotri Aerofotogrametria e Topografia Ltda.** (parte do apoio de campo e restituição aerofotogramétrica), **Planigeo Topografia e Geoprocessamento Ltda.** e **Novo Norte Energia e Consultoria Ltda.** (apoio de campo, perfil topográfico, seções topobatimétricas, marcos topográficos e amarração de sondagens e estações fluviométricas) e **Topowild Serviços Topográficos Ltda.** (apoio de campo e perfil do rio do Calor).

Nos levantamentos topográficos executados no ano de 2019 foi considerado o seguinte escopo de trabalho:

- Reocupação/reimplantação de marcos de apoio e marcos-base existentes na área, resultantes dos trabalhos executados em 2010-2012;
- Levantamento de pontos adicionais de níveis d'água (NA's), aproximadamente 50 pontos, em trechos de maior declividade do rio;
- Levantamento de pontos adicionais de topografia (HV's), aproximadamente 30 pontos, para atualização da restituição aerofotogramétrica elaborada em 2010-2012;
- Levantamento de 12 seções topobatimétricas adicionais;
- Reprocessamento dos pontos de níveis d'água (NA's) levantados em 2010-2012, a partir das informações atualizadas dos marcos topográficos reocupados/reimplantados;
- Reprocessamento dos pontos de topografia (HV's) levantados em 2010-2012, a partir das informações atualizadas dos marcos topográficos reocupados ou reimplantados;

- Reprocessamento das seções topobatimétricas levantadas em 2010-2012;
- Reprocessamento da amarração planialtimétrica de sondagens executadas em 2010-2012;
- Reprocessamento da amarração planialtimétrica das estações fluviométricas instaladas em 2010-2012.

A empresa **Topogeo Topografia e Geomática Ltda.** executou todos os serviços topográficos dessa etapa dos estudos de inventário.

Nas duas etapas de levantamentos, 2010-2012 e 2019, todas as operações de campo e de escritório foram executadas de maneira automatizada, com a utilização de equipamentos modernos de medição e softwares específicos.

O sistema de referência utilizado foi o SIRGAS2000. A conversão de altitudes elipsoidais para altitudes ortométricas foi feita a partir do MAPGEO2010 para os levantamentos executados em 2010-2012 e a partir do MAPGEO2015 para os levantamentos executados em 2019.

5.2. Cartografia e Topografia – Projeto Básico

Todos os levantamentos cartográficos e topográficos executados durante o desenvolvimento dos estudos de inventário foram avaliados para utilização do Projeto Básico aqui apresentado.

Dessa análise entendeu-se ser necessária a elaboração de uma nova base topográfica para o projeto, com o objetivo de caracterizar, com a máxima fidelidade, a morfologia do terreno natural no sítio de implantação das estruturas de barramento e do circuito de adução/geração.

Isso foi feito por meio da contratação de um perfilamento a laser de toda a área de interferência do futuro aproveitamento (arranjo geral das estruturas de barramento e de geração e reservatório). Esse perfilamento, com curvas de nível equidistantes de 1,0 m, foi executado pela empresa **SAI Serviços Aéreos Industriais**.

Quanto aos serviços topográficos complementares, foram especificados e executados no ano de 2021:

- Levantamento de algumas seções topobatimétricas adicionais às executadas em 2019;
- Amarração planialtimétrica dos furos de sondagens especificados para o Projeto Básico.

A empresa **Topogeo Topografia e Geomática Ltda.** foi a executora de todos os serviços topográficos complementares que subsidiaram o desenvolvimento do Projeto Básico em tela. Cabe aqui ressaltar que parte dos levantamentos executados em 2019 foi aqui utilizada, tornando-se a campanha realizada em 2021, complementar à anterior.

5.2.1. Perfilamento a Laser

O princípio básico do sistema de perfilamento a laser é a obtenção de registros contínuos de coordenadas espaciais, as quais constituem os elementos primários para a modelagem do terreno e geração de mapas topográficos derivados destas informações.

O sistema de Perfilamento a Laser Aerotransportado (ALS – Airborne Laser Scanning) é um sensor remoto ativo utilizado para medir a distância entre o sistema imageador e a superfície dos objetos. O sistema obtém dados digitais da superfície do terreno com precisão equivalente à do sistema GPS.

O LIDAR é composto por três componentes básicos: uma unidade de medição laser, encarregada de emitir e receber o sinal laser, um sistema de varredura óptico mecânico e uma unidade de registro de medições de apoio.

O princípio do seu funcionamento baseia-se na utilização de um pulso de laser que é disparado na direção da superfície, e, ao atingi-la, parte desse sinal emitido é refletida na direção do sensor. O sensor mede tanto a intensidade do sinal de retorno, como o tempo decorrido entre a emissão e a captação do retorno, o qual é utilizado para calcular a distância sensor-objeto, considerando que o pulso laser se propaga à velocidade da luz. A posição tridimensional do ponto onde o raio é refletido é determinada com base na distância entre o sensor e a superfície da terra e a orientação do raio.

A grande vantagem oferecida pelo sistema é a possibilidade de obter uma grande quantidade de dados representativos da superfície de interesse, que podem ser processados para obter modelos digitais do terreno. O maior potencial de aplicação da tecnologia de Perfilamento Laser para o mapeamento topográfico é a obtenção da informação altimétrica de uma determinada superfície utilizando metodologia diferente das tradicionais com menor tempo de trabalho.

A ortorretificação tem como objetivo a reconstrução do terreno fotografado a partir de suas fotografias. A combinação das fotografias digitais e do perfilamento a laser deu início à LIDARGRAMETRIA, onde informações resultantes do perfilamento subsidiam o processo de ortorretificação das imagens digitais.

O perfilamento a laser executado no rio Sauê-Uiná, no município de Sapezal, estado de Mato Grosso, contemplou a área indicada na Figura 5-1 e na Figura 5-2.

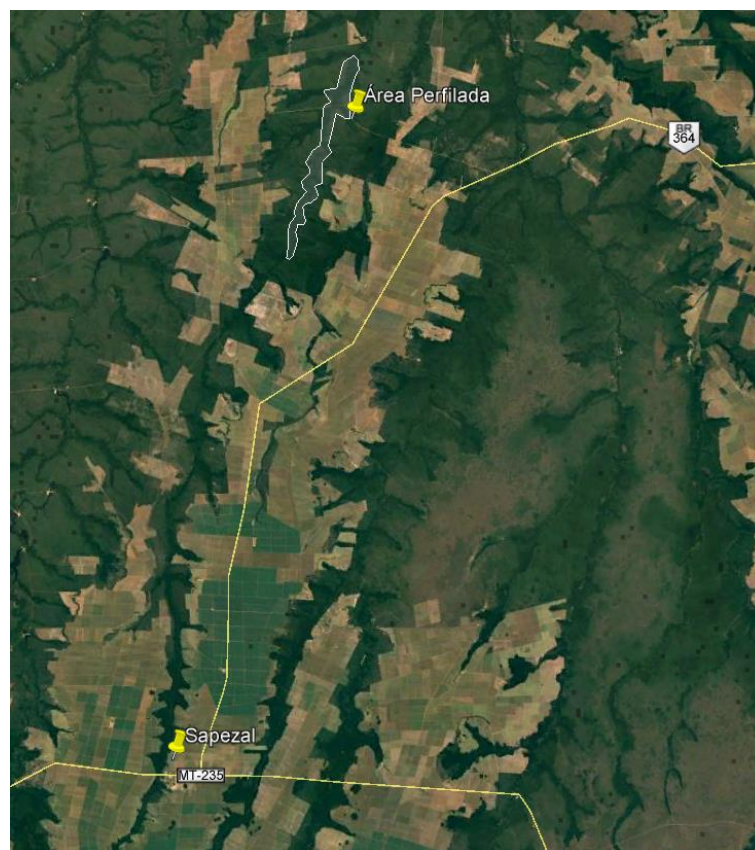


Figura 5-1: Localização da área perfilada

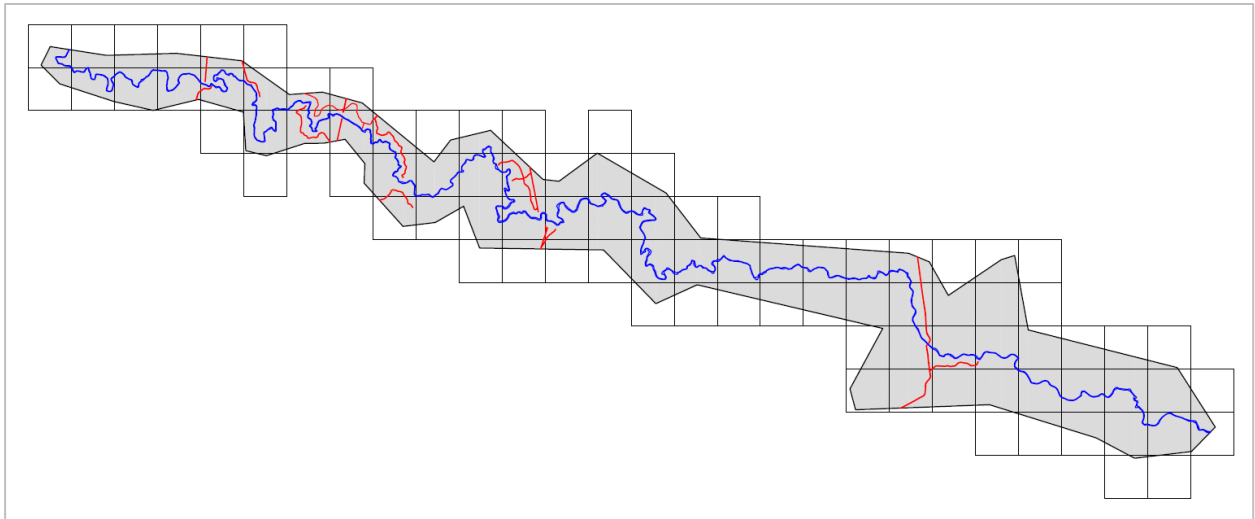


Figura 5-2: Área total do perfilamento a laser

No planejamento do trabalho foram definidas as características da aquisição dos dados, levando-se em consideração as informações fornecidas pelo cliente, e a logística do trabalho (cidades que serviram como base para as equipes de campo, postos de reabastecimento, etc.).

O princípio do perfilamento laser consiste na emissão de feixes laser infravermelho em direção a superfície terrestre, que após tocarem a superfície, são refletidos e captados pelo receptor acoplado ao equipamento. Para cada feixe emitido é registrado o tempo de percurso aeronave – objeto – aeronave. A partir do tempo de percurso do laser, é possível determinar a distância do objeto por meio da seguinte fórmula:

$$\text{Distância} = (\text{Velocidade da Luz} \times \text{Tempo de Resposta})/2$$

A definição do número de pontos por metro quadrado, a altura do voo, a sobreposição longitudinal das faixas, o tempo de aquisição e a velocidade de voo são parâmetros definidos no plano de voo.

Juntamente com a localização da área do perfilamento, essas informações definem as linhas de voo e o traçado que será executado pela aeronave para recobrir a área de interesse.

Serão apresentados a seguir os parâmetros utilizados para a configuração do plano de voo, que constituem o plano de voo analítico para o levantamento.

- Período da aquisição dos dados 05/2020
- Aeronave Aeronave Seneca IV
- Altura do voo 700 m
- Largura da faixa varredura 509 m
- Velocidade média 120 km/h
- Tempo estimado da aquisição 9 horas e 11 minutos
- Ângulo de escaneamento 40°
- Sobreposição longitudinal 32%

- Pontos/m² da aquisição2,81
- Sobreposição lateral das imagens.....60%

Os produtos desenvolvidos no perfilamento a laser foram os seguintes:

- Arquivo Texto (representam as coordenadas dos pontos do terreno – Leste, Norte, Altitude Ortométrica);
- Arquivos rinex, Receiver Independent Exchange Format, utilizados para compatibilizar os dados gerados por receptores de diferentes fabricantes e que podem ser processados por diferentes programas; estão em formato texto;
- Ortofotos (arquivos imagem resultante do processo de ortorretificação já explicado anteriormente; diferente do processo convencional de aerofotogrametria, as ortofotos no levantamento laser não têm como objetivo a geração das curvas de nível, pois para gerar as curvas utiliza-se o modelo digital do terreno, como já mencionado; as ortofotos continuam sendo ferramentas importantes na tomada de decisão, facilitando assim a identificação de hidrografias, vias de acesso e edificações; as ortofotos desse trabalho têm resolução espacial de 25 cm, estão no formato JPG + JGW e podem ser visualizadas em qualquer software de imagens ou importadas como referência externa em software como AutoCad, Microstation, entre outros);
- Curvas de Nível e Pontos Cotados (as curvas de nível são representadas pela cor sépia (marrom) e são diferenciadas em curvas de nível mestra e intermediárias; a curva mestra é indicada por uma linha mais grossa que a usual e é contada a cada cinco curvas de nível a partir da curva de valor zero; os pontos cotados são representados numericamente e indicam a sua cota ou altitude);
- Identificação de Elementos Notáveis (na vetorização são identificados e organizados em layers os principais elementos notáveis presentes nas imagens, tais como: hidrografia, vias de acesso, edificações, pontes e outros, conforme a requisitos técnicos do projeto);
- Layouts (o layout é a representação gráfica da área vetorizada para uma determinada escala e a altimetria é representada pelas curvas de nível e pelos pontos cotados; além da representação gráfica, são apresentadas as informações cartográficas, tais como, coordenadas, escala, sistema de referência, meridiano central, data e sua localização nacional);
- Mapa Hipsométrico (o mapa hipsométrico representa o relevo utilizando as curvas de nível; aos espaços entre as curvas são atribuídas cores que mostram a menor e maior declividade do relevo, e constam na legenda do mapa com seus valores máximo e mínimo para a área fornecida).

No perfilamento aqui apresentado foi perfilada uma área total de aproximadamente 50,72 km² e geradas 90 ortofotocartas, conforme mosaico disposto na Figura 5-2.

A Figura 5-3 e Figura 5-4 apresentam, respectivamente, o Modelo Digital do Terreno (MDT) e o Modelo Digital de Superfície (MDS) resultantes do levantamento.

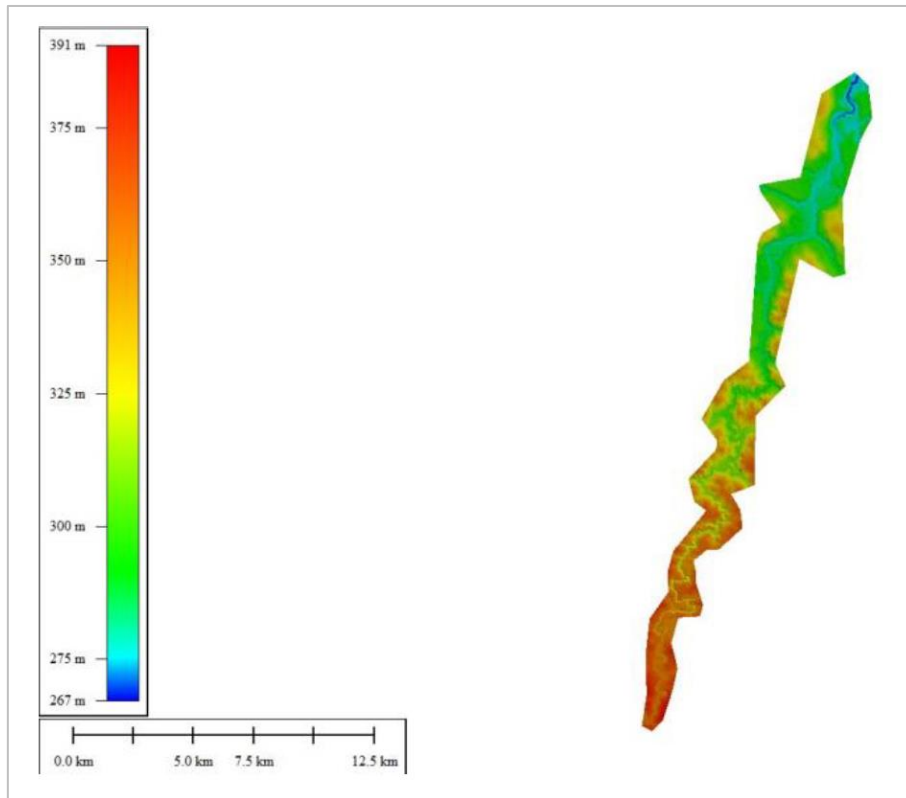


Figura 5-3: MDT do perfilamento

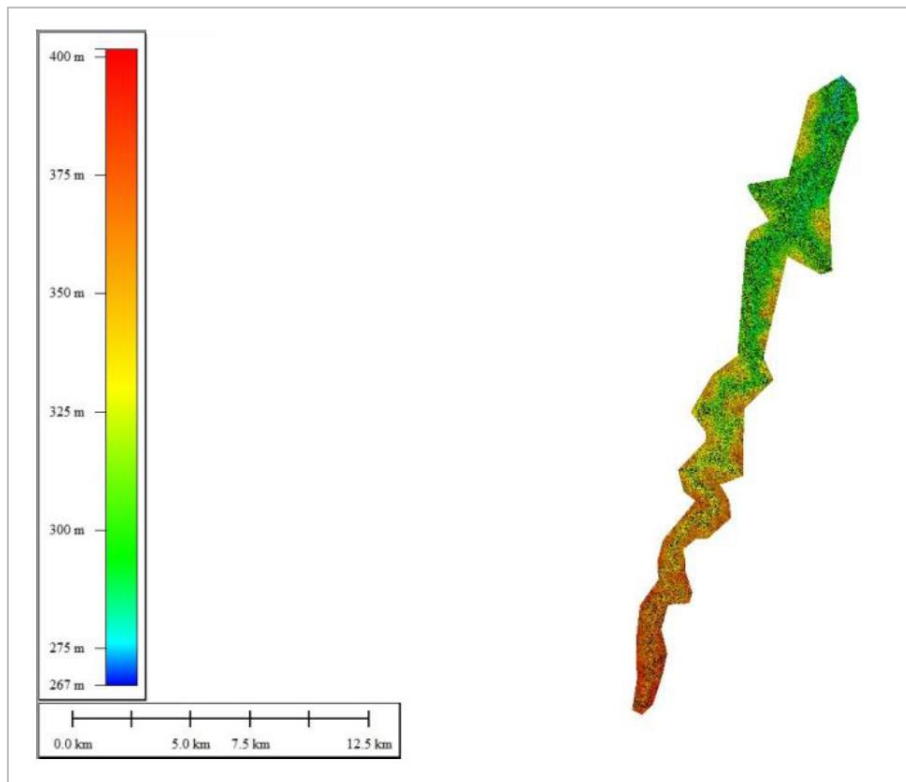


Figura 5-4: MDS do perfilamento

O sistema laser e a câmera digital podem ser instalados tanto em aviões quanto em helicópteros. Na aeronave também são instalados um sistema inercial (Unidade Inercial de Movimento (IMU)), responsável pelo registro do trabalho realizado pela aeronave e uma antena GPS, responsável pela determinação da posição da mesma em um determinado instante.

No aerolevante foram utilizados os seguintes equipamentos:

- LaserScan Optech ALTM Gemini,
- Câmera digital iXU RS 1000 RGB.

O sistema laser e as câmeras fotográficas foram montados em uma abertura no piso da aeronave, devidamente homologada, possibilitando assim que o sensor possa emitir e receber os pulsos laser e as câmeras tomem as fotografias do terreno.

Portanto, dentro da aeronave estão presentes:

- Antena GPS;
- Sistema inercial (IMU);
- Sensor laser.

5.2.2. Levantamentos Topográficos Complementares

Complementando os trabalhos topográficos executados em 2019, a empresa **Topogeo Topografia e Geomática Ltda.** voltou a campo para o levantamento de seções topobatimétricas complementares e para a amarração planialtimétrica dos furos de sondagens especificados para o projeto do aproveitamento.

Os trabalhos topográficos foram executados nos meses de maio e junho de 2021 e contemplaram o levantamento de 03 (três) seções topobatimétricas e a amarração planialtimétrica de 16 (dezesesseis) furos de sondagens.

Foram executadas as seguintes etapas no levantamento:

- Transporte de coordenadas a partir dos vértices oficiais (RBMC's IBGE) – CUIB-Cuiabá/MT, MTLA-Pontes e Lacerda/MT, ROCD-Colorado do Oeste/MT;
- Levantamento planialtimétrico das seções transversais especificadas para o sítio no rio Sauê-Uiná (seções topobatimétricas);
- Amarração planialtimétrica dos furos de sondagens especificados para o projeto, com a definição das “cotas de boca” desses furos.

5.2.2.1. Metodologia Empregada nos Levantamentos

Todo o presente trabalho foi embasado nas “Diretrizes para Elaboração de Serviços de Cartografia, de Topografia e Georreferenciamento de Mapas, Desenhos e Arquivos Eletrônicos, relativos a Estudos e Projetos de Centrais Hidrelétricas”, publicadas pela ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, nas atualizações das recomendações, normas e notas técnicas emitidas pela ANEEL, na NBR 13.133 (maio/1994), referente à execução de levantamento topográfico, bem como, nas Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos publicados pelo IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Para o transporte das coordenadas e altura geométrica para os marcos reocupados ou implantados foi utilizado equipamento GNSS (GPS/GLONASS), simultâneos aos vértices oficiais RBMC's (IBGE), CUIB-Cuiabá/MT, MTLA-Pontes e Lacerda/MT, ROCD-Colorado do Oeste/MT, com máscara de elevação de 10° e

taxa de coleta a cada 15 segundos, como determina a norma e ainda obedecendo ao tempo mínimo para rastreo, dado pela Tabela 5-1.

Tabela 5-1: Tempo mínimo de rastreo

Linha de Base	Tempo de Observação	Equipamento Utilizado	Precisão
0 – 5 km	5 – 10 minutos	L1 ou L1/L2	5 – 10 mm + 1 ppm
5 – 10 km	10 – 15 minutos	L1 ou L1/L2	5 – 10 mm + 1 ppm
10 – 20 km	10 – 30 minutos	L1 ou L1/L2	5 – 10 mm + 1 ppm
20 – 50 km	2 – 3 horas	L1/L2	5 mm + 1 ppm
50 – 100 km	Mínimo de 3 horas	L1/L2	5 mm + 1 ppm
> 100 km	Mínimo de 4 horas	L1/L2	5 mm + 1 ppm

Nos trabalhos desenvolvidos em 2019, referentes aos Estudos de Inventário, foi reocupado o seguinte conjunto de marcos:

- MQ06, M03, M-A5, BASE-009, BASE-001, BASE-002, BASE-003, BASE-03NN, BASE-004, BASE-05, BASE-006, BASE-007, BASE-008, M-1, M-2, M-A1, M-A2, M-A4, MC-01, MC-03, MC-02, MC-04, MC-05, MC-08, PT01, PT08, MC-06 e MC-07.

Além desses, àquela época foram implantados novos marcos, listados a seguir:

- BASE-04NN, BASE-008B, M-A7, M-A8, M-A9 e M-A11.

Para o levantamento das seções topobatimétricas especificadas, por técnicas GNSS (GPS/GLONASS), todos os marcos implantados nas duas margens foram adotados como referência.

No levantamento dessas seções, pelo método de locação de linha, seguiu-se coletando pontos a partir do marco instalado na margem esquerda, com orientação em ponto de rastreo na mesma margem esquerda, até se chegar ao ponto instalado na margem direita. Dessa forma, tornou-se possível verificar o fechamento da poligonal.

Nos trabalhos de campo para levantamento das seções topobatimétricas foi utilizado um bastão equipado com um prisma refletivo em sua extremidade superior. Assim sendo, os dados levantados foram gravados na memória do equipamento (Estação Total), depois descarregados em escritório e processados por software comercial (TopoGRAPH V.403).

O processamento e ajustamento das coordenadas dos marcos reocupados ou implantados foram realizadas utilizando-se o software MAGNET TOOLS V.4.2, com vantajosa exposição de gráficos e relatórios preliminares, permitindo análise detalhada de cada vetor. Em seguida, foram realizados os processamentos e ajustamentos definitivos dos vetores, conforme relatórios de processamento dos levantamentos (**Volume 3 – Tomo II**), obtendo-se assim as coordenadas de cada marco, com precisões sempre melhores que as estabelecidas nas normas e diretrizes de topografia.

As listagens completas de todos os cálculos realizados – processamento de vetores, ajustamento de rede GNSS (GPS/GLONASS) – estão apresentados no **Volume 3 – Tomo II** destes Estudos de Projeto Básico.

Para obtenção das coordenadas dos marcos reocupados/implantados foram realizadas as seguintes etapas:

- Transferência automática dos arquivos brutos dos receptores GNSS para o computador, por meio de cabo de comunicação (USB). O programa para realizar esta atividade foi o PCCDU v.7.12;
- Exportação dos arquivos brutos para o formato RINEX, utilizando o programa TOPCON LINK v.8.2;
- Utilização do software MAGNET TOOLS v.4.2;

- Importação dos arquivos RINEX dos marcos reocupados/implantados;
- Importação dos arquivos RINEX dos marcos do IBGE (RBMC's): CUIB-CUIABÁ/MT; MTLA-Pontes e Lacerda/MT; ROCD-Colorado do Oeste/MT;
- Introdução das coordenadas SIRGAS2000, dos pontos de controle vertical e horizontal segundo monografia homologada pelo IBGE (marcos do IBGE);
- Processamento e seleção dos melhores vetores;
- Ajustamento da rede, seguindo o estilo dado pela Figura 5-5.

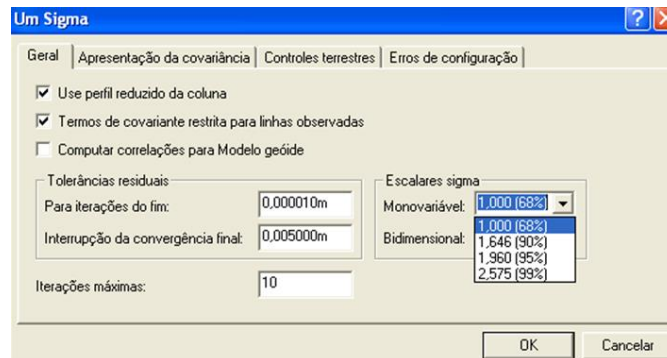


Figura 5-5: Ajuste realizado “UM SIGMA”, com 68,7% de confiabilidade

- Listagem de relatórios.

A Figura 5-6 apresenta o esquema do transporte da base de apoio utilizando-se as RBMC's (IBGE).

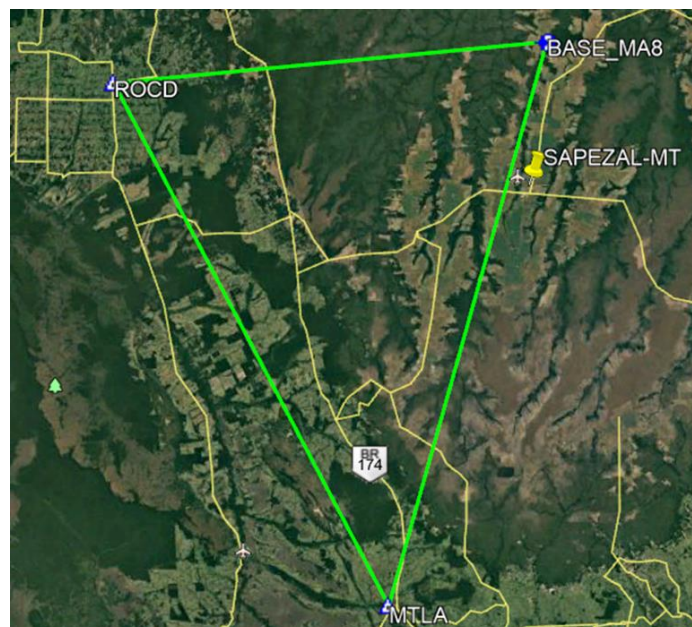


Figura 5-6: Transporte da base de apoio utilizando as RBMC's selecionadas

O processamento dos arquivos GNSS (GPS/GLONAS) dos marcos reocupados/implantados, dos marcos das novas seções topobatimétricas e dos pontos correspondentes aos furos de sondagens foi realizado a partir

das coordenadas dos marcos geodésicos já listados. Para tanto, foi utilizado o software MAGNET TOOLS v.4.2., com precisões sempre melhores que as estabelecidas nas normas e diretrizes de topografia adotadas como referência.

As listagens completas de todos os cálculos realizados – processamento de vetores, ajustamento de rede GNSS (GPS/GLONNAS) – estão apresentados no **Volume 3 – Tomo II** destes Estudos de Projeto Básico.

No processamento em questão foram realizadas as seguintes etapas:

- Transferência automática dos arquivos brutos dos receptores GNSS para o computador por meio de cabo de comunicação (USB). O programa para realizar esta atividade foi o PCCDU v.7.12;
- Exportação dos arquivos brutos para o formato RINEX, utilizando o programa TOPCON LINK v.8.2;
- Utilização do software MAGNET TOOLS v.4.2;
- Importação dos arquivos RINEX do marco de apoio mais perto do local dos pontos (ver relatórios de NA's e HV's – **Volume 3 – Tomo II**);
- Introdução das coordenadas SIRGAS2000, dos pontos de controle vertical e horizontal;
- Processamento e seleção dos melhores vetores;
- Listagem de relatórios;
- Exportação de coordenadas.

A Figura 5-7 e a Figura 5-8 apresentam os esquemas empregados nos levantamentos das seções topobatimétricas e na amarração planialtimétrica da localização dos furos de sondagens.



Figura 5-7: Esquema empregado na implantação dos marcos das seções topobatimétricas

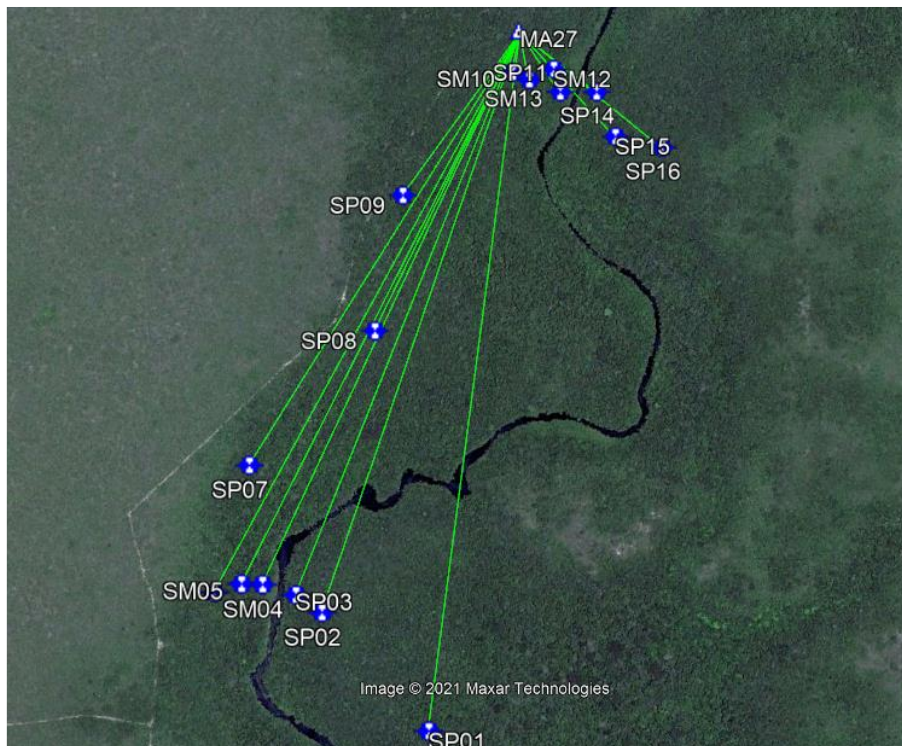


Figura 5-8: Esquema empregado na amarração planialtimétrica dos furos de sondagens

O processamento dos arquivos referentes ao levantamento das seções topobatimétricas tiveram como apoio os pontos topográficos implantados nas margens (definição da seção topobatimétrica), conforme relatório de processamento apresentado no **Volume 3 – Tomo II**. Nesse processamento foi utilizado o software TOPOGRAPH v.4.03 e as precisões alcançadas foram sempre melhores que as estabelecidas em normas e diretrizes de topografia.

As listagens completas de todas as seções topobatimétricas encontram-se no **Volume 3 – Tomo II**.

No processamento em questão foram realizadas as seguintes etapas:

- Transferência automática dos arquivos brutos da coletora para computador por meio de cabo de comunicação (USB);
- Utilização do TOPOGRAPH v.4.03;
- Formatação da caderneta de campo formato *.C21;
- Geração de pontos com coordenadas Norte, Este e altitude elipsoidal;
- Cálculo da ondulação geoidal de cada ponto utilizando o MAPGEO2015 V1;
- Listagem de relatórios com as devidas altitudes ortométrica.

Para o transporte de altitude ortométrica foi utilizado o método direto. Neste método, o transporte de altitude é realizado com posicionamento GNSS para obtenção da componente vertical – altura elipsoidal (h). A ondulação geoidal é obtida no modelo geoidal brasileiro – MAPGEO 2015 v.1.0 (IBGE).

Sendo assim,

$$H = h - N$$

Onde:

- H é a altura ortométrica do ponto, medida em metros;
- H é a altura elipsoidal determinada pelo processamento GNSS, medida em metros;
- N é a ondulação geoidal obtida pelo MAPGEO 2015 V.1.0, medida em metros.

A Figura 5-9 ilustra o cálculo da altitude ortométrica utilizando-se o programa MAPGEO 2015 v. 1.0 (IBGE).

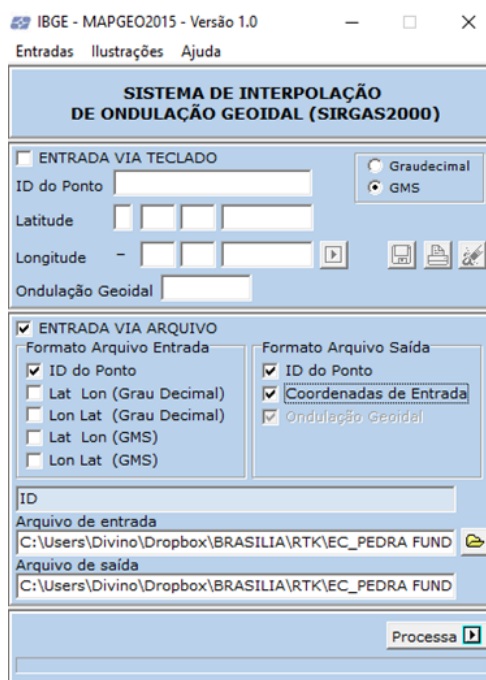


Figura 5-9: Tela MAPGEO2015 para determinação da ondulação geoidal método direto

Em seguida serão listados os principais pontos acerca do *Datum* dos levantamentos topográficos aqui apresentados.

- Sistema Geodésico de Referência: Sistema de Referência Terrestre Internacional – ITRS (International Terrestrial Reference System).
- Figura geométrica para a Terra:
Elipsoide do Sistema Geodésico de Referência de 1980 (Geodetic Reference System 1980 – GRS80).
Semieixo maior $a = 6.378.137$ m
Achatamento $f = 1/298,257222101$
- Origem: centro de massa da Terra.
- Orientação: Polos e meridiano de referência consistentes em $\pm 0,005''$ com as direções definidas pelo BIH (Bureau International de l'Heure), em 1984,0.
- Estações de Referência: As 21 estações da rede continental SIRGAS2000 estabelecidas no Brasil constituem a estrutura de referência a partir da qual o sistema SIRGAS2000 é materializado em território nacional. Está incluída nestas tabelas a estação SMAR, pertencente à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema GPS (RBMC), cujas coordenadas foram determinadas pelo IBGE posteriormente à campanha GPS SIRGAS2000.

- Época de Referência das coordenadas: 2000,4
- Materialização: Estabelecida por intermédio de todas as estações que compõem a Rede Geodésica Brasileira, implantadas a partir das estações de referência.
- Datum Horizontal: SIRGAS 2000
- Datum Vertical: IMBITUBA/SC
- Sistema de coordenadas plano retangulares UTM (Universal Transversa de Mercator).

Conforme já relatado, o georreferenciamento dos marcos e outros serviços executados no rio Sauê-Uiná foram realizados a partir dos marcos RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – IBGE): CUIB-Cuiabá/MT; MTLA-Pontes e Lacerda/MT; ROCD-Colorado do Oeste/MT. As monografias desses marcos são apresentadas no **Volume 3 – Tomo II**.

Foram utilizados para o georreferenciamento dos marcos implantados três unidades de receptores GNSS (GPS/GLONAS) marca TOPCON, modelo HIPER+, L1/L2, de 72 canais e marca CHC modelo I50, L1/L2, com 624 canais.

Os softwares utilizados nesta campanha de trabalho foi o Magnet Tools v.4.2, TopoGRAPH v.4.03 e AutoCAD 2019.

As especificações dos equipamentos utilizados nesses levantamentos topográficos complementares são:

- Receptores marca CHC – modelo I50 a prova d'água com 624 canais paralelos, fase completa das portadoras L1 e L2, memória interna de 8 GB, capacidade de rastrear GPS e GLONAS e outros, nos métodos estático, estático-rápido, Stop & Go, cinemático e contínuo e RTK. Precisão de 3 mm+0,5 ppm RMS na planimetria (X,Y), e 5 mm + 0,5 ppm RMS para altimetria (Z), para levantamentos estáticos. Alimentado por baterias internas recarregáveis de NiCd, com autonomia para 10 horas de uso contínuo (rastreamento/gravação a uma taxa de 1 segundo);
- Receptores marca Topcon – modelo Hiper+ a prova d'água com 40 canais paralelos, fase completa das portadoras L1 e L2, memória interna de 32 MB, capacidade de rastrear GPS e GLONAS nos métodos estático, estático-rápido, Stop & Go, cinemático e contínuo. Precisão de 3 mm+0,5 ppm RMS na planimetria (X,Y), e 5 mm + 0,5 ppm RMS para altimetria (Z), para levantamentos estáticos. Alimentado por baterias internas recarregáveis de NiCd, com autonomia para 10 horas de uso contínuo (rastreamento/gravação a uma taxa de 1 segundo);
- Estação Total, marca Topcon, modelo 236 W com precisão angular de 6'' e linear de 2 mm+2 ppm.

5.2.2.2. Resumo dos Resultados dos Levantamentos

Da Figura 5-10 até a Figura 5-13 são apresentadas as seções topobatimétricas levantadas para o sítio da PCH, além da seção levantada na etapa dos Estudos de Inventário. A Tabela 2-1 apresenta o resumo da amarração planialtimétricas dos furos de sondagens especificados para o projeto.

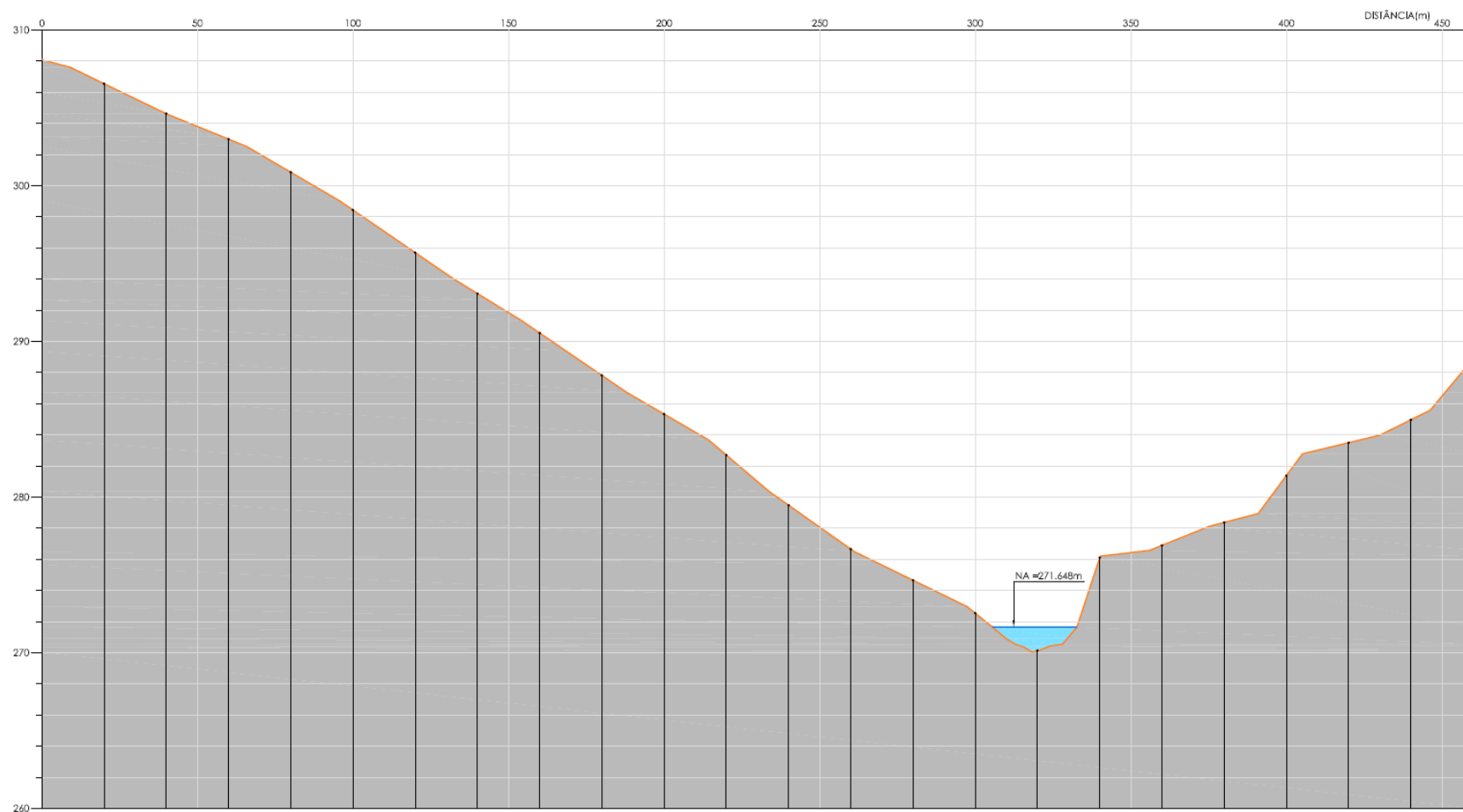


Figura 5-10: Seção topobatimétrica complementar SBT-17

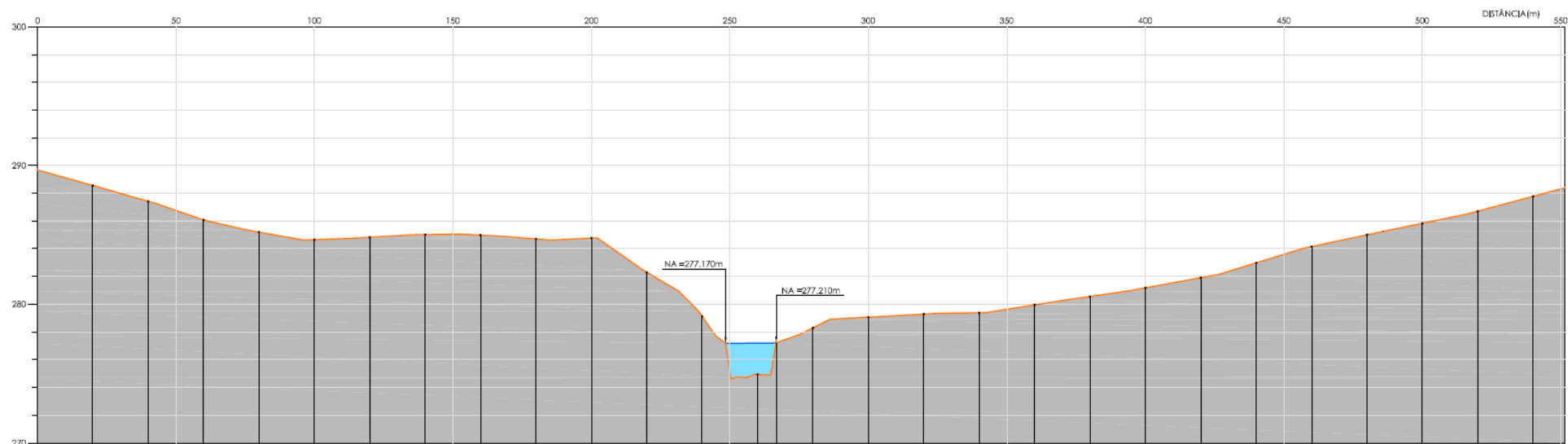


Figura 5-11: Seção topobatimétrica complementar SBT-18

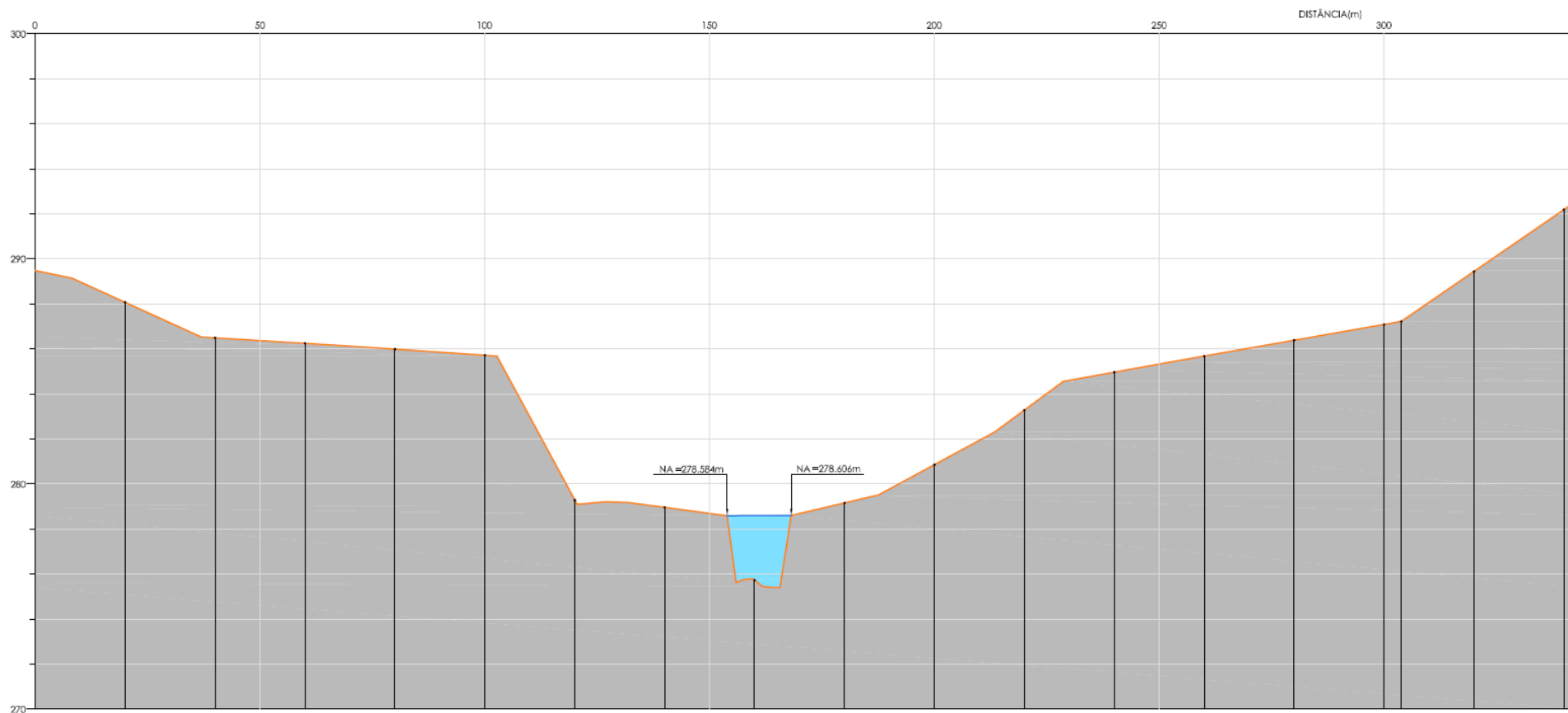


Figura 5-12: Seção topobatimétrica complementar SBT-19

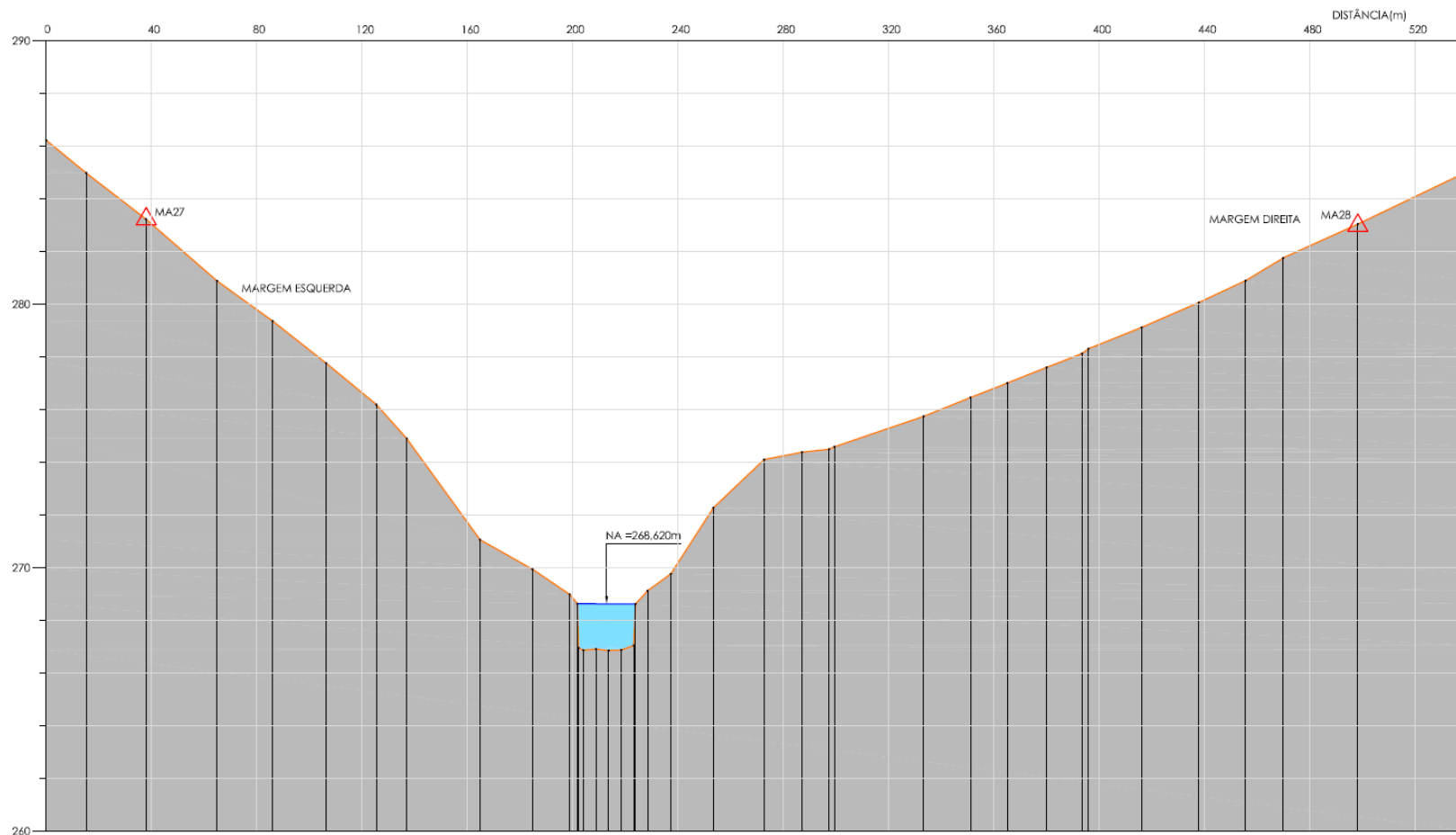


Figura 5-13: Seção topobatimétrica complementar STB-3 (Estudos de Inventário; 2019)

Tabela 5-2: Amarração planialtimétrica dos furos de sondagens

Sondagem	Coordenada Norte (m)	Coordenada Este (m)	Altura Ortométrica "Cota de Boca" (m)
SM04	8.596.491,844	324.431,531	276,238
SM05	8.596.490,302	324.383,437	279,843
SM10	8.597.721,158	324.937,679	282,495
SM12	8.597.734,225	325.035,389	271,552
SM13	8.597.679,695	325.053,595	270,087
SP01	8.596.187,807	324.830,724	284,142
SP02	8.596.436,870	324.571,491	282,439
SP03	8.596.472,644	324.509,290	275,015
SP06	8.596.467,932	324.322,394	288,229
SP07	8.596.759,879	324.380,955	288,247
SP08	8.597.086,440	324.650,461	291,823
SP09	8.597.410,044	324.695,477	285,388
SP11	8.597.705,283	324.978,615	277,692
SP14	8.597.684,560	325.139,924	274,559
SP15	8.597.579,010	325.189,720	277,432
SP16	8.597.558,759	325.301,357	283,141

6. ESTUDOS HIDROMETEOROLÓGICOS

Este capítulo tem por objetivo consolidar os estudos hidrometeorológicos realizados para o projeto básico da PCH SU-75, localizada no rio Sauê-Uiná, afluente do rio Papagaio, que por sua vez é afluente do rio Juruena, sub-bacia 17, bacia do rio Amazonas, no Estado do Mato Grosso.

Estão apresentados neste item a caracterização fisiográfica e climatológica da bacia, os estudos hidrológicos que abrangeram a coleta, análise e tratamento de dados pluviométricos e fluviométricos na região de interesse, geração da série de vazões médias mensais e permanência de vazões, vazões extremas, vazões mínimas, curvas cota-área-volume, determinação da evaporação líquida nos reservatórios, tempos de enchimento, assoreamento e estimativa de vida útil.

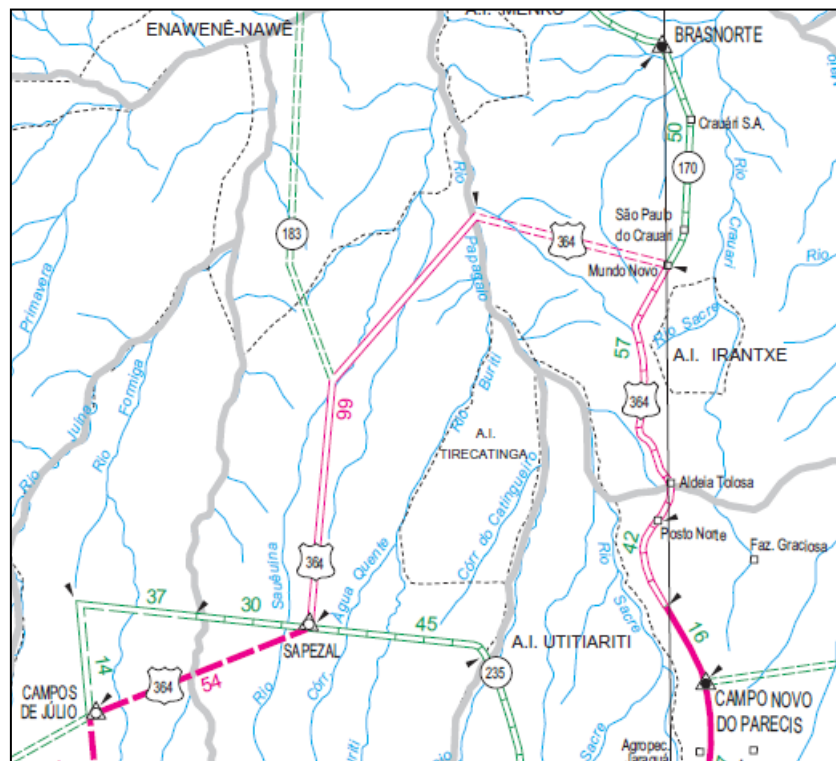
6.1. Caracterização Fisiográfica da Bacia

As principais características fisiográficas da bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná, no local da PCH SU-75, são analisadas neste capítulo, de modo a identificar as suas influências e relações com o comportamento do escoamento fluvial.

6.1.1. Localização e Hidrografia

A bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná está localizada na porção Oeste do estado do Mato Grosso, situando-se, aproximadamente, entre os paralelos 12° e 14° Sul e entre os meridianos 58° e 59° Oeste.

A bacia do rio Sauê-Uiná está localizada entre os municípios de Campos de Júlio e Sapezal, estando mais próximo deste último, sendo cortado pela rodovia federal BR-364, uma das principais vias de ligação do Estado, em seu trecho alto. A Figura 6-1 é apresentada a localização da bacia.



FONTE: DNIT – 2002

Figura 6-1: Rio Sauê-Uiná – Localização

A bacia do rio Sauê-Uiná limita-se ao Norte com a bacia do rio Papagaio, do qual é afluente. Ao Sul com a bacia do rio Buriti, a Leste com a bacia deste último (trecho alto) e com a bacia do rio Papagaio (trecho baixo). A Oeste com a bacia do rio Juruena, estando muito próximo a este rio.

O rio Sauê-Uiná pertence à bacia hidrográfica do rio Amazonas, bacia 1, de acordo com a classificação usual utilizada no Setor Elétrico. Desenvolve-se, no eixo Sul-Norte, com pequeno desvio para a direção Noroeste. Apresenta forma alongado em todo o seu percurso.

O rio Sauê-Uiná nasce a uma altitude de 570 m, na Chapada dos Parecis, e deságua no rio Papagaio a uma altitude de 247 m, sendo que em seu curso percorre uma extensão total de 256 km. Pela margem direita, o seu principal afluente é o rio do Calor com 120 km de extensão, e pela margem esquerda o Córrego Sapezal com 64 km de extensão. Os demais afluentes são pequenas drenagens, e perfazem o total de 77 km de extensão.

O rio do Calor, principal afluente do rio Sauê-Uiná, nasce a uma altitude de 510 m, na Chapada dos Parecis, e deságua no rio Sauê-Uiná a uma altitude de 255 m, sendo que em seu curso percorre uma extensão total de 120 km. Apresenta duas drenagens mais significativas, uma pela margem esquerda, com 6,5 km de extensão, e outra pela direita, com 8,8 km de extensão, ambas inominadas.

6.1.2. Área de Drenagem e Perímetro

Para a determinação da área da bacia hidrográfica da PCH SU-75, no rio Sauê-Uiná, foi utilizada metodologia similar àquela preconizada pela ANA na revisão das áreas de drenagem dos postos de sua rede básica.

A delimitação das bacias hidrográficas foi realizada com base em dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), com resolução espacial de 90m, a partir dos quais foi possível gerar um modelo digital do terreno (MDT) da área estudada. Os dados da região de interesse foram baixados no site do projeto “Brasil em Relevo”, de iniciativa da Embrapa, o qual recuperou e tratou os arquivos brutos do projeto SRTM e disponibiliza os produtos consistidos de acordo com a divisão do IBGE de cartas na escala 1:250.000.

Para a aferição da área de drenagem da PCH foram utilizadas a carta SD-21-V-A, SD-21-V-B, SD-21-V-C e SD-21-V-D.

Com o auxílio o pacote de ferramentas hidrológicas da extensão Spatial Analyst Tools e o software ArcGIS, foi possível delimitar de forma automática os divisores topográficos naturais das bacias hidrográficas nos exutórios de interesse.

Além do método descrito, as áreas obtidas também contaram com verificação por meio das seguintes cartas na escala 1:100.000 e 1:250.000, detalhadas na Tabela 6-1.

Tabela 6-1: Cartas utilizadas nos levantamentos de áreas de drenagem de locais na bacia

Codificação	Nome	Escala	Voo		Apoio Suplementar		Restituição		
			Data	Executora	Data	Executora	Data	Executora	
SD.21-V-A	MI-337	Aldeia Espirito	1:250.000	1967	AST-10-USAFA	1979	DSG - 2ª DL	1981	DSG - 5ª DL Em aparelho de 2ª ordem
SD.21-V-B	MI-338	Rio Treze de Maio	1:250.000	1967	AST-10-USAFA	1979	DSG - 2ª DL	1980	DSG - 5ª DL Em aparelho de 2ª ordem
SD.21-V-C-VI	MI-2016	Cabeceira do Sauê-Uiná	1:100.000	1974	SACS	1974	DSG	1975	DSG - 5ª DL Em aparelho de 2ª ordem

Codificação		Nome	Escala	Voo		Apoio Suplementar		Restituição	
				Data	Executora	Data	Executora	Data	Executora
SD.21-V-C-III	MI-1969	Rio do Calor	1:100.000	1974	SACS	1974	DSG	1975	DSG - 5ª DL Em aparelho de 2ª ordem

Estas cartas foram escaneadas, digitalizadas e trabalhadas no *software* AutoCad.

As áreas de drenagem nos locais de interesse aos estudos hidrológicos foram determinadas com base na delimitação dos divisores topográficos.

Na bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná não foram identificados, com base nas suas características geológicas, pontos de fuga de água que possam comprometer negativamente valores de vazão que serviram de base para a determinação das séries de descargas nos aproveitamentos.

O critério básico para a determinação das áreas de drenagem nos locais de interesse considerou que o escoamento superficial ocorre sempre perpendicularmente às curvas de nível, de um ponto de maior energia potencial para outro de menor, e em direção aos talwegues. Com isso, foram delimitadas as áreas que contribuem com escoamento superficial para os locais de interesse.

Com os divisores estabelecidos, as áreas foram determinadas automaticamente usando o *software* citado. Ressalta-se que todos os demais parâmetros apresentados em itens posteriores, relacionados às bacias hidrográficas, como perímetros, foram também fixados por este procedimento.

A bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná tem, até a sua foz, área de drenagem igual a 3.410 km², e perímetro de 485 km. Especificamente no local da usina, a bacia apresenta área de 1.730 km² e perímetro igual a 333 km.

6.1.3. Índice de Compacidade

O Índice de Compacidade é definido como a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. Relacionando-se este com a superfície da bacia hidrográfica obtém-se:

$$K_c = 0,28 \times \left(\frac{P}{A^{0,5}} \right)$$

onde P = perímetro da bacia, e A = área de drenagem.

O Índice de Compacidade é uma medida do grau de irregularidade da bacia, já que para uma bacia circular ideal ele é igual a 1. Desde que outros fatores não interfiram, quanto mais próximo da unidade for o índice de compacidade maior será a propensão à ocorrência de picos elevados de enchentes. Para a bacia da PCH SU-75 tem-se $K_c = 2,28$, o que reflete a sua forma alongada.

6.1.4. Fator de Forma

O Índice de Conformação ou Fator de Forma (K_f) é a relação entre a área de drenagem da bacia hidrográfica e o quadrado de seu comprimento axial, medido ao longo do curso d'água principal, desde a foz até a cabeceira (nascente) mais distante, próxima do divisor de águas (topográfico) da bacia, ou seja:

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

O Índice de Conformação relaciona a forma da bacia com um retângulo. Numa bacia estreita e longa, a possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo, ao mesmo tempo, toda sua extensão, é menor que em bacias largas e curtas. Desta forma, para bacias de mesmo tamanho, será menos sujeita às enchentes aquela que possuir menor fator de forma.

Para a bacia do rio Sauê-Uiná no local da PCH SU-75, $K_f = 0,06$, o que indica uma menor propensão à enchentes.

6.1.5. Declividade Média

A velocidade do escoamento em um rio depende da declividade dos canais fluviais. Quanto maior a declividade, maior será a velocidade de escoamento e mais pronunciados e estreitos serão os hidrogramas das enchentes. Declividade Média (S), em m/km, é dada pela seguinte expressão:

$$S = \frac{H}{L}$$

Onde, H é a diferença entre cotas do ponto mais afastado e a foz (desnível, em metros) e L o comprimento total do curso d'água principal, em (km).

No caso do trecho em estudo do rio Sauê-Uiná, a declividade média é igual a 1,74 m/km.

6.1.6. Densidade de Drenagem

A densidade de drenagem (D_d) é a relação entre o comprimento total dos cursos d'água de uma bacia e sua área total. Este índice fornece uma indicação da eficiência da drenagem, ou seja, da maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica. É obtida pela seguinte equação:

$$D_d = \frac{L_t}{A}$$

D_d maior ou igual a 3,5 km/km² - bacias bem drenadas

D_d da ordem de 0,5 km/km² - drenagem pobre

A bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná possui uma densidade de drenagem pobre, uma vez que $D_d = 0,14$ km/km².

6.1.7. Tempo de Concentração

O Tempo de Concentração (t_c) mede o tempo necessário para que toda a bacia contribua para o escoamento superficial numa seção considerada, ou seja, é o tempo em que a gota que se precipita no ponto mais distante da seção considerada, leva para atingir essa seção. Pela Fórmula de Kirpich, o tempo de concentração de uma bacia, em minutos, é dado pela seguinte equação:

$$t_c = 57 \left(\frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0,385}$$

Sendo:

t_c : tempo de concentração (min);

L : comprimento total da bacia, medido ao longo do talvegue principal até o divisor de águas (km);

ΔH : diferença de nível entre o ponto mais a montante da bacia e seu exutório na foz, em (m).

Para a bacia da PCH SU-75, o tempo de concentração pela fórmula de Kirpich é igual a 41 horas. Pelo valor calculado, pode-se considerar que a bacia do rio Sauê-Uiná, no ponto de interesse, possui hidrograma de cheia pouco acentuado, com pico sendo atingido mais lentamente.

6.1.8. Geologia

Conforme já constatado nos Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Juruena, a região na qual bacia do rio Sauê-Uiná insere-se está posicionada em terrenos predominantemente sedimentares, sendo formados por arenitos de alta porosidade e que constituem aquíferos de elevada capacidade de armazenamento, fazendo com que as descargas dos cursos d'água sejam pouco variáveis ao longo do ciclo anual.

Assim, a produção hídrica de superfície na região apresenta variabilidade espacial e sazonal fortemente associada ao regime das chuvas e às características dos solos e da vegetação presentes nas sub-bacias dos seus principais formadores. Na época das chuvas, a maior parcela da água que atinge a superfície do terreno se infiltra e sofre um movimento descendente, até atingir uma zona onde fica armazenada nos vazios, poros e fraturas, passando assim a integrar o lençol d'água subterrâneo e contribuindo para a elevação da superfície freática.

A característica fundamental dos arenitos, do ponto de vista hidrogeológico, é que eles constituem um aquífero em exudação permanente, em função de sua disposição fisiográfica. Nos períodos de estiagem, a superfície freática sofre um rebaixamento, quando então a água passa gradativamente à superfície, indo contribuir para a vazão de córregos e rios da região.

Este comportamento exerce um processo natural de regularização das vazões, reduzindo-se os picos na época de chuvas e aumentando-se as descargas do rio no período de estiagem. Em muitas das sub-bacias dessa área as vazões mínimas correspondem a cerca de 90% da média de longo período.

A Figura 6-2 mostra a geologia presente na bacia do rio Sauê-Uiná.

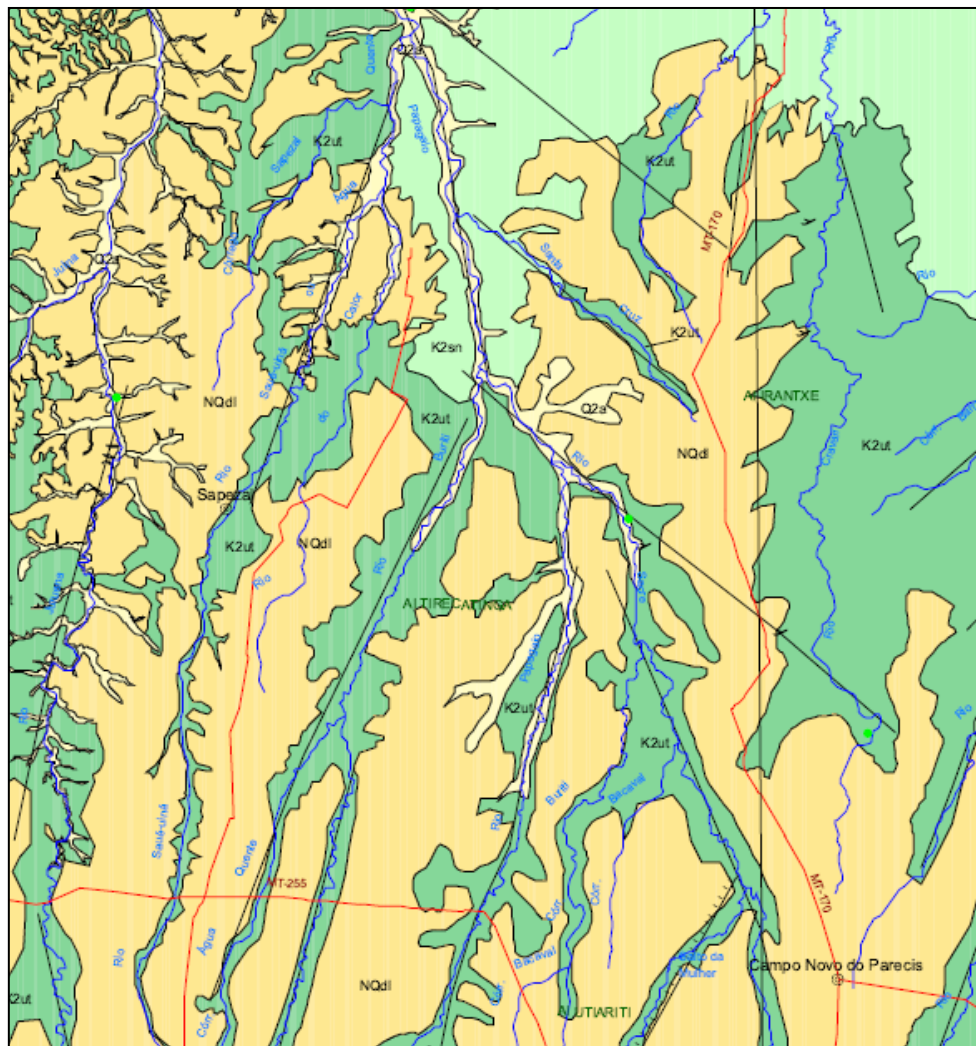
A seguir é apresentada a descrição das unidades geológicas predominantes encontradas na área de interesse.

- **Coberturas Detritos-Lateríticas Ferruginosas (NQdl):** laterita com concreções ferruginosas, níveis de cascalho e horizontes mosqueados;
- **Formação Utiriti (K2ut):** arenito fino a médio, de cores vermelha, amarela e branca, com estratificação cruzada de pequeno porte, localmente com seixos esparsos.

O rio em estudo corre paralelo ao rio Juruena e está inserido em uma região hidrogeológica bem homogênea.

O rio Sauê-Uiná drena áreas com predominância das litologias *K2ut* (na calha do rio) e *NQdl* (no restante da área drenada). A primeira litologia, Formação Utiriti do Grupo Parecis, representa um arenito conhecido por possuir alta capacidade de armazenamento de água, devido a sua elevada porosidade, o que resulta em um regime de vazões com alta capacidade de regularização natural, com elevada produção hídrica superficial, o que foi confirmado em medições de vazões realizadas na etapa de inventário, as quais indicaram vazões específicas da ordem de 28 l/s/km² no trecho a montante da foz do rio do Calor (Sauê-Uiná Montante – Régua 02). No trecho a jusante da foz do rio do Calor (Sauê-Uiná Jusante – Régua 01) foi verificada vazão específica da ordem de 23 l/s/km². Em ambos os trechos foi verificado um padrão de escoamento bem regularizado, cujo comportamento se assemelha às bacias do trecho alto.

É importante frisar que na porção mais ao norte da bacia do rio Arinos, onde se situa seu afluente Rio dos Peixes, e nas bacias dos contribuintes do baixo e do médio curso do rio Juruena, predominam os terrenos do embasamento cristalino, com baixa capacidade de retenção das águas precipitadas, dando origem a elevados escoamentos no período das chuvas e vazões de estiagem muito baixas.



FONTE: Mapa Geológico do Mato Grosso – CPRM – 2007

Figura 6-2: Geologia na bacia do rio Sauê-Uiná

6.1.9. Interpretação do Escoamento Fluvial

As características fisiográficas apresentadas nos itens anteriores, especialmente as geológicas, permitem concluir que a bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná apresenta elevada infiltração, havendo considerável participação do lençol freático para o escoamento fluvial nesta região, devido a presença de arenitos.

6.2. Caracterização Climatológica

Este item contém a análise dos fatores que determinam o clima na região em estudo, o qual influencia diretamente no comportamento das vazões.

Inicialmente analisa-se a circulação de grande e média escala, para possibilitar a compreensão da formação do clima regional e de sua inter-relação com os diversos parâmetros utilizados para caracterização climática.

A ausência de estações meteorológicas com observações de longo período impôs que a análise dos parâmetros climáticos locais fosse realizada a partir dos dados da estação Diamantino (código 83309),

operada pelo INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, sendo a estação mais próxima da bacia do rio Sauê-Uiná.

6.2.1. Aspectos Gerais da Climatologia

A disposição latitudinal e a localização geográfica da bacia do rio Sauê-Uiná lhe dão uma característica predominante de clima tropical de natureza continental de verão úmido e período de estiagem no inverno. Apresenta época sazonal seca e fria bem definida, que é equilibrada em suas necessidades hídricas, por meses chuvosos de uma época sazonal mais úmida e quente.

O grande afastamento em relação à borda ocidental do Oceano Atlântico reduz muito as influências marítimas na região Centro-Oeste.

A região Centro-Oeste como um todo, apresenta grande diversificação térmica, em função da disparidade entre suas vastas superfícies baixas, as extensas chapadas sedimentares e as elevadas superfícies cristalinas, somadas a uma grande extensão latitudinal.

Enquanto os fatores geográficos - relevo e altitude - levam à diversificação climática, o mecanismo atmosférico atua no sentido de criar uma uniformidade regional, determinando uma marcha estacional das chuvas, com máximas no verão e mínimas no inverno. Assim, através do setor oriental da região sopram, durante todo o ano, ventos geralmente de NE a E, oriundos do anticiclone subtropical semi-estacionário do Atlântico Sul.

Estes ventos são responsáveis pela manutenção do tempo estável, em virtude da movimentação vertical de subsidência superior, que é o movimento descendente de uma massa de ar na atmosfera, implicando geralmente a transferência de suas características para uma área mais ampla, trazendo como consequência a formação da inversão de temperatura na baixa atmosfera que ocorre durante os meses resultantes dos pequenos vórtices móveis dos núcleos de altas pressões destacadas no anticiclone subtropical.

A região Centro-Oeste como um todo apresenta grande diversificação térmica, em função da disparidade entre suas vastas superfícies baixas, das extensas chapadas sedimentares e das elevadas superfícies cristalinas, somadas a uma grande extensão latitudinal.

O aspecto meteorológico da bacia do rio Sauê-Uiná e da região que a envolve, pode, entretanto, ser considerado estável e homogêneo. Ele praticamente acompanha o próprio aspecto climatológico em suas características tropicais continentais, livre da ocorrência e dos efeitos de ventos ciclônicos, generalizados, intensos e persistentes.

Fenômenos meteorológicos de atividades generalizadas e de natureza migratória, que são originários de latitudes diferentes, cruzam e afetam diretamente a bacia do rio Sauê-Uiná, em escala sinótica. Eles são mostrados na Figura 6-3 e definidos a seguir:

- Sistemas de correntes perturbadas de Oeste, associado à formação das linhas de instabilidade tropicais (IT);
- Sistema de correntes perturbadas de Norte, formada pela presença da zona de convergência intertropical (CIT);
- Sistemas de correntes perturbadas do Sul, formadas pela presença do sistema anticiclônico e polar e da frente polar (FP).

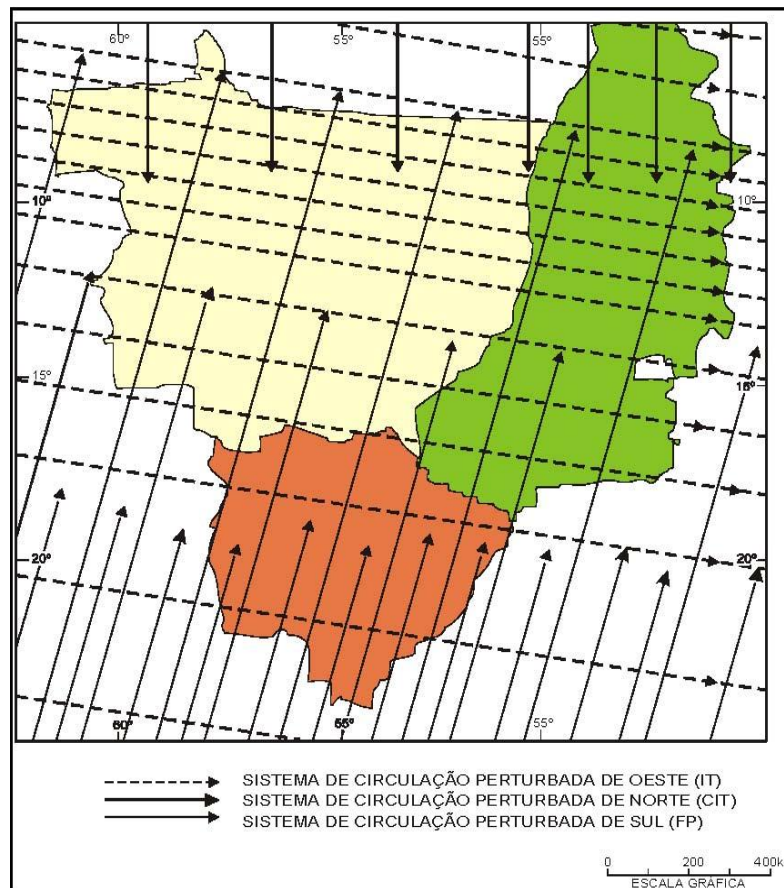


Figura 6-3: Sistema de circulação atmosférica na região Centro-Oeste

Entre o final da primavera e o início de outubro a região centro-oeste é constantemente invadida por ventos de W a NW trazidos por linhas de instabilidade tropicais (IT). Trata-se de alongadas depressões barométricas, induzidas em pequenas dorsais ou altas. Tais fenômenos, muito comuns no interior do Brasil, especialmente no verão, têm suas origens ligadas ao movimento ondulatório que se verifica na Frente Polar Atlântica (FPA) ao contato com o ar quente da zona tropical.

A partir dessas ondulações formam-se ao norte da FPA uma ou mais IT sobre o continente. Depois de formadas elas se propagam com extrema mobilidade e à medida que a FPA caminha para o equador as IT's se deslocam para leste, ou mais comumente para sudeste, anunciando, com nuvens e chuvas tropicais do tipo monção, e com antecedência de 24 horas, a chegada da FPA. Portanto o Sistema de Circulação Perturbada de Oeste, representado pela passagem das IT's, define não somente as situações de instabilidade do tempo no verão, mas também as características mais notáveis desta estação na região Centro-Oeste.

O sistema de correntes perturbadas de N acarreta, além das chuvas de verão, precipitações no inverno e outono, principalmente nessa última estação quando a CIT atinge sua penetração máxima no Hemisfério Sul. Na primavera, estando a CIT situada bem ao norte do Equador, sua influência é praticamente nula sobre a formação das chuvas na região.

O sistema de correntes perturbadas do Sul representado pela invasão do anticiclone polar possui comportamento bem distinto conforme seja verão ou inverno. Durante o verão, o aprofundamento e expansão do centro de baixa do interior do continente - Baixa do Chaco – não permitem que a FP vença a barreira imposta por ela, fazendo com que se dissipe ou recue, e só raramente conseguindo vencê-la. Deste

modo, no verão, as chuvas frontais ficam praticamente ausentes do centro e do norte da região Centro-Oeste.

No inverno, os anticiclones de origem polar, por serem mais poderosos, invadem com mais frequência a região, após se deslocarem sobre o Oceano Pacífico e transporem a Cordilheira dos Andes nas latitudes médias. Nessas situações a baixa do interior abandona a região do Chaco, deslocando – se para a Bolívia e Estado do Acre, e a FP pode atingir apenas o estado do Mato Grosso com orientação NO – SE. Com esta orientação ela avança para NE, provocando, com sua passagem chuvas frontais durante 1 a 3 dias, geralmente.

Após sua passagem, fica-se sob a ação direta do anticiclone polar, com céu limpo, pouca umidade específica e forte declínio de temperatura durante geralmente 2 dias. Finalmente retornam os ventos moderadamente quentes das massas de ar tropical.

A baixa do Chaco, embora não seja uma massa de ar caracteristicamente asseguradora de tempo bom, como são os centros anticiclônicos do Atlântico e do Pacífico, é, no entanto, um fator de resistência às invasões de sistemas frontogênicos causadores de tempo instável com chuva na região Centro-Oeste.

Deste modo, pode-se concluir que, apesar do setor setentrional da região Centro-Oeste ser atingido no verão, outono e inverno pelas chuvas acarretadas pelo sistema de corrente perturbada de norte (CIT), estas são pouco frequentes e não chegam a ter papel importante no regime térmico. Os sistemas de circulação que determinam as condições de tempo e de clima na região Centro-Oeste são as correntes perturbadas de W a NW das IT's e de S a SW da FPA, sucedida, geralmente, pelo anticiclone polar, com tempo bom, seco e temperaturas amenas a frias.

O clima reinante em toda a bacia é essencialmente homogêneo, porque persiste sempre com as mesmas características de temperatura, pressão e umidade, que variam pouco de um ano para outro ano. Essa homogeneidade climatológica impede, por outro lado, a incidência na bacia de fenômenos ciclônicos dinâmicos e intensos em escala sinótica

Fenômenos meteorológicos localizados, de curta duração a intensos, provocados pelo aquecimento e pela instabilidade da época quente e úmida, ocorrem também com bastante frequência.

Eles surgem generalizados na bacia e na região em torno. São as trovoadas convectivas e as orográfico convectivas, que concorrem de alguma forma para o maior índice pluviométrico da referida época quente, porque são responsáveis por índices elevados de precipitações pontuais.

Na bacia do rio Sauê-Uiná, as trovoadas são mais frequentes na época quente e úmida (novembro a março) e bem menos frequentes nos meses de transição e praticamente desaparecem na época fria e seca (junho a agosto). A frequência máxima diária ocorre nos dias de menor nebulosidade, logo após a dissipação de alguma frente fria ou então antecedendo a aproximação de uma linha de instabilidade.

O padrão circulatório em grande escala das massas de ar é o fator determinante para o estabelecimento, na região, da distribuição mais ou menos homogênea e regular das temperaturas, pressões e umidade, que predomina na bacia e na região em torno.

Esse padrão circulatório é caracterizado por ventos que variam de calmos a relativamente fracos. Não há condições geofísicas para a incidência de ventos generalizados, intensos a persistentes. Ventos de rajadas muito intensas, associados a trovoadas em geral, ocorrem, com relativa frequência, na época úmida a quente, mas são muito localizados e não são persistentes, atuando sobre áreas muito reduzidas.

A distribuição anual das temperaturas na bacia acompanha o deslocamento aparente do sol através das latitudes tropicais e equatoriais e também o da faixa do calor latente máximo de vaporização. As médias anuais de temperatura ocorrem, por isso, dentro de limites pouco significativos.

A época do ano considerada seca e fria na bacia predomina de maio até setembro. Ela é definida pela atividade de uma única massa de ar de natureza tropical continental, mais estável e menos aquecida devido às pressões sazonalmente mais elevadas, que predomina sobre todo o interior continental brasileiro.

A época do ano considerada úmida e mais quente tem o seu início meteorológico em outubro e se prolonga até março ou abril, dependendo do ano, com um ápice ocorrendo no período dezembro/janeiro. Ela é caracterizada pelo predomínio de uma única massa de ar de natureza equatorial continental, que tem como região de origem a vasta faixa equatorial amazônica. Essa massa de ar expande continuamente para o sul, impulsionada pela ocorrência do inverno do hemisfério norte. Essa expansão para o sul é facilitada, não só pelas pressões baixas e temperaturas normalmente elevadas do verão do hemisfério sul, como também pela descida da Zona de Convergência Intertropical (CIT). Esta é empurrada pelo inverno do hemisfério norte, e associada a uma convergência circulatória, que se processa no interior continental brasileiro, entre a circulação anticiclônica do Anticiclone Subtropical Semipermanente do Atlântico Sul e a circulação ciclônica da Baixa Termal do Chaco, intensificada sazonalmente no verão.

Na região predominam temperaturas elevadas na primavera e no verão. O inverno, embora sujeito a máximas diárias elevadas, é uma estação mais caracterizada por temperaturas amenas e frias, pelo efeito da latitude, altitude e maior participação de massa polar.

Os meses de abril e maio constituem os meses de transição na bacia para a época seca e fria. O mês de abril é mais chuvoso porque representa o fim meteorológico da época chuvosa. É nele que o sol começa a atingir a vertical das latitudes equatoriais do hemisfério norte, após ter cruzado o equador terrestre. O mês de maio é normalmente mais seco, porque representa o início meteorológico da época seca e fria.

Os meses de setembro e outubro fazem a transição para a época chuvosa. Outubro é mais chuvoso porque precede o início da época chuvosa, com o sol posicionado na vertical das latitudes equatoriais do hemisfério sul.

A distribuição anual das temperaturas na bacia acompanha o deslocamento aparente do sol através das latitudes tropicais e equatoriais e também o da faixa do calor latente máximo de vaporização. As médias anuais de temperatura ocorrem, por isso, dentro de limites pouco significativos.

A distribuição mais ou menos homogênea e regular das temperaturas, pressões e umidade, determina o padrão circulatório, predominante na bacia e na região em torno.

Esse padrão circulatório é caracterizado por ventos de calmos a relativamente fracos. Não há condições geofísicas para a incidência de ventos generalizados, intensos e persistentes. Ventos de rajadas muito intensas, associados a trovoadas em geral, ocorrem com relativa frequência na época úmida e quente, mas são muito localizados e não são persistentes, atuando sobre áreas muito reduzidas.

As características regionais descritas permitem classificar a região como pertencente ao clima tipo Aw, tropical chuvoso, caracterizado por apresentar inverno seco bem definido.

Nos climas do grupo "A", a temperatura do ar apresenta variações muito baixas, no tempo e no espaço. A amplitude anual é pequena, não se notando a existência de inverno, uma vez que a temperatura do mês mais frio é superior a 18°C e a oscilação anual de temperatura, de modo geral, é sempre inferior a 5°C. Trata-se de um clima quente, sem verão ou inverno sazonal.

No subtipo climático "w" (clima de monção), as precipitações são excessivas durante alguns meses, o que é compensado com um ou dois meses com precipitação mais amenas, o que permite a manutenção de florestas densas. O regime pluviométrico anual define uma estação relativamente seca e outra com maior intensidade de chuvas.

Em função dos valores totais anuais de precipitação, o clima tipo Aw é classificado de acordo com os totais anuais de chuva, onde são consideradas as seguintes subdivisões:

- Clima Tipo Aw1: precipitação média anual superior a 3.000 mm;
- Clima Tipo Aw2: precipitação média anual varia entre 2.500 mm e 3.000 mm;
- Clima Tipo Aw3: precipitação média anual varia entre 2.000 mm a 2.500 mm;
- Clima Tipo Aw4: precipitação média anual varia de 1500 mm a 2.000 mm.

Nestas condições, a bacia do rio Sauê-Uiná pode ser caracterizada como do subtipo climático Aw4.

6.2.2. Características Climatológicas Locais

Para subsidiar os estudos climatológicos, que consistiram da análise dos fenômenos responsáveis pela definição e comportamento dos diversos parâmetros climáticos, considerou-se a estação Diamantino (código INMET 83309), que se situa no estado do Mato Grosso, na área de interesse dos estudos, na latitude 14° 24' Sul, longitude 56° 27' Oeste, e altitude 287,00 m.

Os seus dados, a nível médio mensal, abrangendo o período de 1961 a 1990, constam das “Normais Climatológicas (1961-1990)”, publicadas em 1992 pelo INMET.

Os valores médios mensais registrados nessa estação constam na Tabela 6-2.

Tabela 6-2: Características climatológicas – Estação Diamantino

Mês	Temperatura (°C)					Evaporação (mm)	Umidade Relativa (%)	Inso-lação (horas)	Nebulosidade (0-10)	Pressão Atmosférica (hPa)
	Média	Máxima		Mínima						
		Média	Absoluta	Média	Absoluta					
Jan	24,0	32,3	37,8	20,4	18,8	64,3	80,3	147,3	7,0	976,6
Fev	27,0	31,6	38,0	21,2	17,8	59,7	83,0	142,2	8,0	978,2
Mar	24,3	31,4	36,4	20,4	14,4	64,7	79,9	164,1	7,5	979,2
Abr	27,7	33,6	36,8	20,4	11,6	73,4	80,1	187,6	6,6	979,4
Mai	24,4	31,5	36,7	19,1	6,2	89,9	77,5	217,0	5,8	981,0
Jun	25,4	32,1	37,5	15,1	4,4	120,7	70,1	223,9	4,3	992,5
Jul	24,5	32,8	36,3	16,4	4,0	146,7	67,8	263,5	3,2	982,7
Ago	24,7	34,9	41,0	19,1	1,2	180,5	60,7	218,6	3,5	981,1
Set	25,3	32,5	39,9	19,5	6,3	140,1	64,5	267,3	5,1	980,0
Out	24,5	32,2	40,0	20,8	14,2	111,8	69,0	189,6	6,6	977,7
Nov	25,0	32,9	38,9	21,8	14,2	91,2	74,2	152,6	7,3	977,9
Dez	25,5	32,9	38,7	19,9	7,6	70,8	72,2	137,2	7,6	977,6
Anual	25,2	32,5	41,0	19,5	1,2	1213,8	73,2	2310,9	6,0	976,1

O total pluviométrico anual fica em torno de 2.000 mm, conforme será demonstrado em item específico deste trabalho.

O índice evaporimétrico na região acompanha as variações da insolação. Os dados disponíveis permitem verificar que o referido índice é muito mais elevado no período de agosto até setembro e bem mais baixo na época chuvosa. A distribuição da umidade do ar na região acompanha a faixa do calor latente máximo de vaporização, sendo mais representativa na época quente e sem representatividade na época seca.

A umidade do ar na região começa a adquirir características significativas, a partir de novembro de cada ano, quando a umidade equatorial começa a chegar, dando início às chuvas sazonais. A nebulosidade vai aumentando pouco a pouco até formar uma cobertura máxima entre dezembro e fevereiro. Essa cobertura reduz proporcionalmente a radiação solar, que atinge o seu mínimo entre dezembro e janeiro.

O número médio anual de horas de insolação fica em torno de 2.300 horas, sendo que os meses de junho a setembro apresentam os maiores valores mensais, em decorrência da menor nebulosidade.

A distribuição das pressões na bacia mostra também uma grande homogeneidade nas massas de ar predominantes.

O ano hidrológico inicia em outubro de um ano e vai até setembro do ano seguinte.

6.3. Dados Básicos

A seguir são apresentados os dados básicos utilizados neste estudo, incluindo a análise e consistência.

6.3.1. Dados Pluviométricos

Os totais de chuva observados nos postos pluviométricos foram utilizados para a definição da chuva média na bacia do rio Sauê-Uiná.

A Tabela 6-3 apresenta os postos selecionados para realização dos estudos.

Tabela 6-3: Postos pluviométricos de interesse do rio Sauê-Uiná

Código	Nome	Município	Localização		Altitude (m)	Entidade	Período de Dados
			Latitude	Longitude			
01257000	Brasnorte	Brasnorte	12°06'59" S	58°00'01" W	321	ANA	09/84 – 01/19
01258001	Fazenda Floresta	Brasnorte	12°52'03" S	58°04'13" W	478	ANA	10/00 – 01/19
01358001	Bacaval	Campo Novo do Parecis	13°38'29" S	58°17'21" W	547	ANA	04/83 – 12/18
01358002	Fazenda Tucunaré	Sapezal	13°28'00" S	58°58'30" W	547	ANA	04/83 – 02/19
01358005	Speráfico	Sapezal	13°54'36" S	58°53'53" W	661	ANA	10/99 – 02/19

Dispõe-se de um período considerável de dados pluviométricos nos postos selecionados, que são suficientes para a caracterização da chuva média na bacia em estudo. Em função disso, não foram adotadas metodologias para a extensão e preenchimentos das séries.

As tabelas seguintes apresentam os totais pluviométricos (mm) observados em cada estação.

Tabela 6-4: Posto pluviométrico Brasnorte (01257000) – Totais pluviométricos (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1984									13,5	248,5	169,2	369,5	
1985	469,5	270,4	211,8	149,3	8,0	0,0	0,0	3,9	22,3	194,3	163,6	130,4	1.623,5
1986	440,2	246,6	251,6	107,4	88,2	0,0	0,0	47,4	95,9	137,2	299,1	317,3	2.030,9
1987	310,5	317,4	284,3	118,9	71,5	0,0	0,0	2,0	18,3	73,0	302,5	275,0	1.773,4
1988	367,5	400,8	194,6	189,8	76,5	0,0	0,0	0,0	33,4	88,8	246,8	393,4	1.991,6
1989	489,0	339,0	317,4	177,6	19,4	0,0	3,6	16,4	8,6	214,0	164,0	210,0	1.959,0
1990	282,4	165,2	237,0	129,4	19,4	0,0	0,0	27,0	132,0	173,8	158,2	355,0	1.679,4

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1991	377,4	297,4	665,7	166,6	125,0	0,0	0,0	0,0	69,0	134,0	190,0	188,0	2.213,1
1992	410,0	375,0	241,0	75,1	6,0	0,0	0,0	25,4	105,8	103,3	200,3	299,0	1.840,9
1993	161,0	346,0	172,0	127,0	3,5	5,6	7,4	6,1	39,0	185,5	236,5	355,6	1.645,2
1994	299,9	246,8	378,2	133,7	17,9	33,7	19,8	0,0	61,1	129,6	126,3	434,1	1.881,1
1995	342,7	678,3	250,2	315,7	68,7	0,0	0,0	0,0	26,0	144,4	317,2	317,0	2.460,2
1996	306,0	282,0	298,5	189,5	37,1	25,3	0,0	33,0	73,3	86,9	445,4	294,9	2.071,9
1997	534,0	291,1	373,0	202,6	16,0	34,2	0,0	0,0	22,6	107,2	132,0	196,7	1.909,4
1998	143,3	388,3	322,3	72,5	53,3	0,0	0,0	10,5	28,2	288,6	304,0	299,6	1.910,6
1999	269,9	213,9	292,2	126,2	36,9	0,0	1,1	0,0	68,5	53,5	305,3	387,8	1.755,3
2000	195,9	302,7	233,7	142,9	0,0	0,0	0,0	0,0	59,4	66,8	296,1	219,2	1.516,7
2001	203,3	169,3	213,9	105,7	75,7	4,2	0,0	0,0	61,8	140,5	207,7	327,6	1.509,7
2002	346,4	263,1	141,5	62,1	21,4	0,0	17,3	0,0	125,2	187,4	102,9	114,1	1.381,4
2003	194,6	169,4	493,4	167,2	38,0	0,0	0,0	2,5	23,7	307,6	131,0	182,2	1.709,6
2004	338,9	344,6	226,7	145,9	43,4	0,0	0,0	0,0	36,9	82,8	112,8	259,3	1.591,3
2005	368,5	242,9	266,6	77,5	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	147,5	217,9	344,1	1.667,0
2006	243,0	245,1	277,5	127,0	34,1	0,0	0,0	4,3	80,0	252,6	107,7	307,8	1.679,1
2007	418,3	345,8	251,7	122,3	44,6	0,0	5,0		46,7	163,2	196,7	417,8	
2008	441,8		233,6	116,8	17,3	0,0	0,0	0,0	30,8	154,2	271,2	467,0	
2009	373,9	229,4		97,0	79,7	10,5	0,0	18,8	53,5	139,7	188,7	242,3	
2010	493,4	306,8	353,1	88,0	10,2	0,0	22,5	0,0	0,7	105,9	253,4	391,3	2.025,3
2011	1056,5	1030,1	232,8	136,7	1,4	0,0	0,0	5,1	17,6	64,9	148,8	339,0	3.032,9
2012	378,5	200,4	317,3	69,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	66,8	130,3	212,2	1.375,4
2013	367,5	390,6	298,0	168,6	2,9	6,5	2,0		36,1	158,1	137,2	411,2	
2014	374,3	356,5	262,5	89,1	13,8	0,0	0,0	0,0	55,6	124,3	150,5	351,5	1.778,1
2015	209,4	274,9	194,9	150,5	139,8	8,6	3,2	13,0	0,0				
2016		272,5	267,6	40,0	10,3	3,4	0,0	9,7	56,3	149,5	129,4	354,9	
2017	211,3	437,9	200,9	121,5	58,0	0,0	0,0	0,0	10,4	84,6	213,4	264,9	1.602,9
2018	249,9	349,0	394,3	154,3	31,7	3,2	0,0	5,4	93,3	150,5	385,1	349,3	2.166,0
2019	244,3												
Média	350,4	326,9	283,3	131,3	37,3	4,0	2,4	7,2	45,9	144,4	210,0	305,3	1.849,3

Tabela 6-5: Posto pluviométrico Fazenda Floresta (01258001) – Totais pluviométricos (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2000										100,8	184,5	239,4	
2001	394,0	137,9	173,2	86,1	61,2	0,0	0,0	0,0	54,6	136,3	170,0	202,5	1.415,8
2002	275,3	417,3	131,2	37,1	30,8	0,0	1,5	0,0	82,9	205,4	88,3	334,3	1.604,1
2003	311,9	206,2	207,0	148,2	127,6	0,0	0,0	2,5	57,1	171,3	263,7	111,8	1.607,3
2004	391,2	334,6	320,3	180,3	0,0	0,0	0,0	17,3	25,7	147,8	254,5	295,8	1.967,5
2005	699,7	396,2	396,2	107,4	19,1	0,0	0,0	0,0	38,3	196,8	124,8	437,8	2.416,3

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2006	468,3	303,2	511,6	239,0	73,1	0,0	0,0	0,0	83,7	239,5	168,3	541,2	2.627,9
2007	453,0	275,6	321,7	152,2	56,2	0,0	0,0	4,0	51,9	165,4	194,3	304,7	1.979,0
2008		138,4	169,7	274,1	0,0	0,0	0,0	5,5		166,5	228,1		
2009	423,5	459,3	459,3	102,8	73,0	0,0	0,0	11,3	70,5	122,6	223,5	578,3	2.524,1
2010	456,9	285,9	340,6	43,6	21,8	10,0	0,0	0,0	12,9	134,7	134,1	158,3	1.598,8
2011	285,7	353,5	163,4	177,7	0,0	4,2	0,0	24,4	60,0	150,5	277,3	189,6	1.686,3
2012	271,1	415,5	145,5	96,6	57,4	3,9	0,0	0,0	29,8	98,7	291,0	318,3	1.727,8
2013	338,4	408,8	282,1	295,1	10,4	21,3	2,8	0,5	24,0	141,5	363,6	445,1	2.333,6
2014	283,9	307,0	485,8	95,2	128,5	14,5	0,0	8,7	96,8	111,2	233,3	267,4	2.032,3
2015	180,7	310,6	269,7	136,7	67,5	27,4	0,0	40,7	24,9				
2016		323,8	196,8	4,5	34,1	18,9	0,0	125,6	41,1	144,1	208,1	495,1	
2017	445,7	435,8	368,2	105,9	63,1	0,0	0,0	11,0	38,5	132,5	212,7	301,6	2.115,0
2018	221,3	362,4	273,8	411,1	0,0	3,5	0,0	0,0	57,4	180,5	388,3	312,1	2.210,4
2019	258,7												
Média	362,3	326,2	289,8	149,6	45,8	5,8	0,2	14,0	50,0	152,6	222,7	325,5	1.989,7

Tabela 6-6: Posto pluviométrico Bacaval (01358001) – Totais pluviométricos (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1983				132,5	40,7	12,4	0,0	0,0	27,5	332,9	254,6	320,7	
1984	388,4	248,3	268,3	172,4	86,1	0,0	0,0	67,4	89,6	393,5	240,7	255,5	2.210,2
1985	395,5	249,6	240,9	115,8	11,6	3,1	12,0	23,0	84,7	282,5	129,2	174,2	1.722,1
1986	340,5	112,3	267,6	83,9	78,0	1,4	0,0	32,6	72,2	149,4	106,5	232,6	1.477,0
1987	478,8	138,0	261,8	133,3	9,4	44,3	0,0	0,0	12,8	93,7	281,9	367,9	1.821,9
1988	297,0	449,8	465,1	332,8	3,0	0,0	0,0	0,0	36,8	122,8	124,3	324,3	2.155,9
1989	430,0	335,7	294,9	281,2	0,0	54,0	33,0	180,4	18,0	111,6	125,7	390,6	2.255,1
1990	291,5	206,3	221,0	91,0	70,0	0,0	0,0	21,0	214,9	168,5	128,0	150,1	1.562,3
1991	335,0												
1992	270,3	308,5	174,3	236,0	0,4	1,3	15,2	49,0	189,7	103,5	227,1	352,0	1.927,3
1993	245,0	424,0	225,0	135,0	23,4	76,0	0,0	12,3	30,3	147,8	222,0	367,2	1.908,0
1994	449,8	284,6	291,3	115,9	46,9	19,1	23,4	58,0	34,0	185,0	125,2	297,5	1.930,7
1995	374,2	252,5	242,1	125,3	100,6	0,0	0,0	67,1	34,9	162,6	190,7	349,7	1.899,7
1996	374,0	266,0	490,8	170,0	39,1	0,0	0,0	65,3	64,6	155,5	423,1	249,7	2.298,1
1997	420,3	193,1	456,6	271,0	62,1	44,3	0,0	0,0	56,9	125,8	195,4	337,7	2.163,2
1998	291,3	259,5	346,5	154,5	25,7	0,0	0,0	45,4	55,3	289,8	195,3	251,4	1.914,7
1999	227,2	225,8	256,8	73,6	51,3	13,9	0,0	0,0	67,9	97,9	171,5	324,8	1.510,7
2000	328,0	272,3	376,9	108,3	0,0	0,0	0,0	17,0	127,8	83,8	162,6	141,8	1.618,5
2001	281,9	197,5	234,5	122,5	52,7	0,0	6,3	18,5	87,3	123,6	267,8	263,5	1.656,1
2002	289,4	421,3	184,5	146,5	14,8	0,0	91,6	13,3	15,6	124,5	93,9	225,4	1.620,8
2003	361,8	261,1	249,6	235,3	29,8	0,0	0,0	21,8	56,0	82,5	142,4	249,9	1.690,2

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2004	259,9	288,9	180,7	82,2	33,0	0,0	31,6	0,0	53,5	79,8	282,4	263,6	1.555,6
2005	294,9	187,0	221,6	86,9	22,2	0,0	0,0	14,2	138,4	136,6	204,6	223,2	1.529,6
2006	261,2	291,0	304,8	334,8	36,2	0,0	0,0	24,2	39,5	205,3	76,6	175,1	1.748,7
2007	177,3	255,6	216,6	71,3	1,6	1,7	10,8	0,0	4,7	186,7	261,5	309,8	1.497,6
2008	467,2	277,6	232,4	192,7	6,5	0,0	0,0	0,0	19,7	154,0	235,2	225,2	1.810,5
2009	234,2	313,9	424,3	104,3	0,0	13,6	0,0	46,8	50,5	29,8	221,3	349,4	1.788,1
2010	381,2	242,1	278,6	54,9	17,6	0,7	0,0	0,1	2,1	165,7	153,4	238,6	1.535,0
2011	253,1	270,9	408,6	166,6	6,8	19,5	0,0	15,0	21,2	80,2	177,2	220,8	1.639,9
2012	319,3	225,3	190,5	113,3	44,2	47,5	0,0	0,0	75,9	48,5	263,8	181,2	1.509,5
2013	483,2	436,0	244,8	61,6	20,6	17,9	21,6	0,4	52,6	111,8	289,8	173,1	1.913,4
2014	287,8	337,0	235,9	62,4	153,8	42,7	2,3	0,0	47,2	65,6	254,6	287,4	1.776,7
2015	91,7	306,8	176,5	344,6	78,4	7,3	0,0	29,1	45,8	109,7	178,3	152,8	1.521,0
2016	350,3	207,0	347,1	140,9	87,7	1,0	0,0	62,9	86,0	115,6	323,8	399,0	2.121,3
2017	381,5	513,9	235,6	144,6	77,4	5,4	0,0	0,0	17,0	124,5	302,5	208,2	2.010,6
2018	372,5	535,4	373,1	160,2	29,2	0,0	0,0	9,6	36,6	229,7	234,3	140,8	2.121,4
Média	328,1	288,1	282,9	153,1	38,9	12,2	7,1	25,6	59,1	148,0	207,6	262,1	1.806,5

Tabela 6-7: Posto pluviométrico Fazenda Tucunará (01358002) – Totais pluviométricos (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1983				93,6	15,4	3,0	0,0	0,0	22,8	177,4	269,7	321,5	
1984	147,5	205,5	166,9	206,0	46,1	0,0	0,8	116,4	93,3	311,9	172,0	179,1	1.645,5
1985	347,4	188,1	242,3	82,1	42,4	8,1	8,5	7,0	90,0	270,0	291,0	187,0	1.763,9
1986	655,7	285,9	248,0	217,8	128,2	11,0	2,0	83,0	174,6	108,6	74,9	340,0	2.329,7
1987													
1988										127,1	183,6	288,1	
1989	282,9	362,7	526,1	430,4	0,0	112,9	26,6	100,9	33,6	218,8	82,7	396,7	2.574,3
1990	485,1	170,4	61,4	71,9	49,0	0,0	8,8	18,1	157,2	160,0	253,5	324,2	1.759,6
1991	416,6	340,5	347,6	120,9	81,2	0,0	0,0	0,0	35,4	244,5	149,8	277,8	2.014,3
1992	381,7	318,5	295,7	273,9	49,3	0,0	14,8	54,6	128,6	173,0	260,6	543,3	2.494,0
1993	215,6	237,6	222,0	305,7	70,2	13,7	3,5	16,1	91,3	174,3	101,5	463,0	1.914,5
1994	323,9	231,0	272,8	179,0	57,8	79,3	29,7	0,0	62,8	179,6	71,6	315,2	1.802,7
1995	413,9	502,6	280,1	220,0	158,6	4,2	0,0	16,6	31,9	79,6	238,6	292,6	2.238,7
1996	190,5	216,2	481,5	99,1	93,3	0,0	0,0	64,5	49,1	57,1	308,6	249,3	1.809,2
1997	327,2	191,6	585,3	105,3	101,9	15,0	0,0	0,0	75,0	211,0	138,2	224,3	1.974,8
1998	357,0	229,1	339,2	80,2	24,0	0,0	0,0	72,5	45,1	171,3	270,1	324,2	1.912,7
1999	387,1	182,3	213,0	83,5	4,4	29,1	2,2	0,0	77,7	73,4	238,2	343,6	1.634,5
2000	164,1	282,2	399,9	194,5	0,0	12,0	3,5	11,9	94,8	147,5	257,6	183,8	1.751,8
2001	350,4	335,5	201,1	142,5	67,0	16,6	34,6	0,0	133,8	167,0	288,7	215,7	1.952,9
2002	170,0	630,4	372,9	56,1	61,9	0,0	2,4	17,4	86,8	64,7	126,8	198,1	1.787,5

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2003	426,8	144,0	195,7	161,8	69,6	0,0	0,6	32,3	72,9	118,3	218,5	370,8	1.811,3
2004	656,3	470,0	241,9	199,1	24,3	0,0	24,9	13,6	61,1	183,6	280,8	348,8	2.504,4
2005	656,6	272,5	299,1	76,3	32,7	12,8	0,0	0,0	157,7	209,0	348,8	443,4	2.508,9
2006	387,3	504,7	265,3	449,3	90,7	18,5	0,0	29,2	58,1	246,3	273,6	474,6	2.797,6
2007	600,1	700,4	413,9	186,7	0,0	16,7	7,8	11,7	114,3	281,6	312,0	313,7	2.958,9
2008	671,8	578,1	546,1	226,3	93,4	0,0	0,0	54,1	107,3	314,7	286,9	404,5	3.283,2
2009	446,7	495,6	826,8	456,2	100,7	16,3	36,3	69,4	210,6	266,8	258,6	553,0	3.737,0
2010	470,7	666,9	145,4	297,5	46,6	0,0	0,0	0,0	51,0	221,0	464,0	294,4	2.657,5
2011	534,3	575,4	545,4	244,8	0,0	26,3	0,0	19,6	37,5	237,4	279,1	375,8	2.875,6
2012	428,5	414,0	271,5	288,7	119,7	21,6	0,0	21,0	91,9	80,2	299,9	220,5	2.257,5
2013	263,3	336,9	262,7	238,3	251,6	36,7	0,0	49,4	105,4	84,9	53,5	126,2	1.808,9
2014	200,3	312,3	757,8	116,2	537,2	38,3	0,0	0,0	100,6	70,5	38,6	134,2	2.306,0
2015	200,1	303,4	241,8	272,1	224,8	38,1	0,0	21,6	52,6	123,0	157,6	224,5	1.859,6
2016	357,7	206,3	293,8	158,5	136,4	27,5	0,0	48,0	98,9		74,9	177,0	
2017	365,7	594,0	95,9	130,8	90,7	63,3	0,0	32,9	0,0	104,5	178,2	323,7	1.979,7
2018	433,5	402,5	169,8	222,5	50,9	75,6	31,6		60,1	78,4	310,2	338,2	
2019	200,4	560,0											
Média	379,9	366,1	328,1	199,8	88,0	21,0	7,2	30,7	86,1	168,5	216,0	307,9	2.216,3

Tabela 6-8: Posto pluviométrico Speráfico (01358005) – Totais pluviométricos (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1999										103,3	273,1	356,4	
2000	205,3	245,2	402,7	89,3	0,0	0,0	28,8	12,8	112,9	164,0	147,5	128,9	1.537,4
2001	338,1	250,4	159,0	81,4	20,7	0,2	85,7	18,2	30,5	147,9	264,3	231,2	1.627,6
2002	97,7	370,5	158,5	82,3	23,8	0,0	20,7	27,2	34,0	56,1	98,3	474,5	1.443,6
2003	542,3	181,7	344,2	229,8	52,0	1,9	0,0	25,4	46,3	191,7	204,0	286,3	2.105,6
2004	333,9	412,1	64,7	111,3	143,9	13,7	0,0	45,5	92,0	114,0	151,5	252,0	1.734,6
2005	434,6	240,3	281,7	200,1	22,8	5,9	0,0	0,0	86,6	151,7	170,4	254,8	1.848,9
2006	205,8	324,5	255,4	223,4	52,9	0,0	0,0	0,0	89,4	191,3	99,1	205,0	1.646,8
2007	534,6	196,8	257,0	148,2	1,5	0,0	10,4	0,0	28,0	110,6	331,6	313,4	1.932,1
2008	379,4	270,2	435,6	130,6	31,8	4,0	9,8	0,0	37,2	58,7	71,8	160,0	1.589,1
2009	400,1	328,3	297,4	157,4	90,0	2,1	86,5	51,5	127,8	111,9	360,4	339,8	2.353,2
2010	479,1	715,4	464,0	68,0	15,4	0,0	0,0	0,0	20,4	198,1	208,7	168,1	2.337,2
2011	595,4	270,0	447,9	157,8	32,5	4,5	0,0	22,1	18,2	47,6	194,9	293,0	2.083,9
2012	444,9	399,8	384,7	121,5	53,9	36,1	0,0	0,0	40,5	78,4	266,2	244,9	2.070,9
2013	681,8	712,7	283,8	98,9	0,4	18,2	0,0	0,0	155,5	240,3	97,2	272,7	2.561,5
2014	296,6	416,7	456,3	142,8		0,0	23,0	3,5	19,8	112,2	191,5	495,4	
2015	241,6	288,1	166,9	338,2	140,2	28,7	0,0	31,4	55,0	93,6	205,4	215,6	1.804,7
2016		427,9	223,0	62,3	27,8	7,9	3,5	40,9	137,5		132,6	557,5	

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2017		440,3	323,3	147,1	22,4	0,0	0,0	63,1	1,5	151,6	180,3	327,5	
2018	328,6	477,3	355,2	179,5	49,5	8,5	0,0	11,5	121,1	280,4	359,1	280,3	2.451,0
2019	337,1	288,8											
Média	382,1	362,9	303,2	145,8	43,4	6,9	14,1	18,6	66,0	137,0	200,4	292,9	1.945,5

A Tabela 6-9 e a Figura 6-4 apresentam os totais mensais médios observados nas estações.

Tabela 6-9: Postos pluviométricos – Precipitações médias mensais

Código	Nome	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
01257000	Brasnorte	350,4	326,9	283,3	131,3	37,3	4,0	2,4	7,2	45,9	144,4	210,0	305,3	1.849
01258001	Fazenda Floresta	362,3	326,2	289,8	149,6	45,8	5,8	0,2	14,0	50,0	152,6	222,7	325,5	1.944
01358001	Bacaval	328,1	288,1	282,9	153,1	38,9	12,2	7,1	25,6	59,1	148,0	207,6	262,1	1.813
01358005	Speráfico	398,8	362,4	311,3	149,3	44,6	7,3	13,8	18,1	67,8	141,5	205,8	283,3	2.004
01358002	Fazenda Tucunaré	386,3	358,1	326,7	204,3	88,8	21,7	7,4	31,1	86,1	171,7	218,7	311,2	2.212

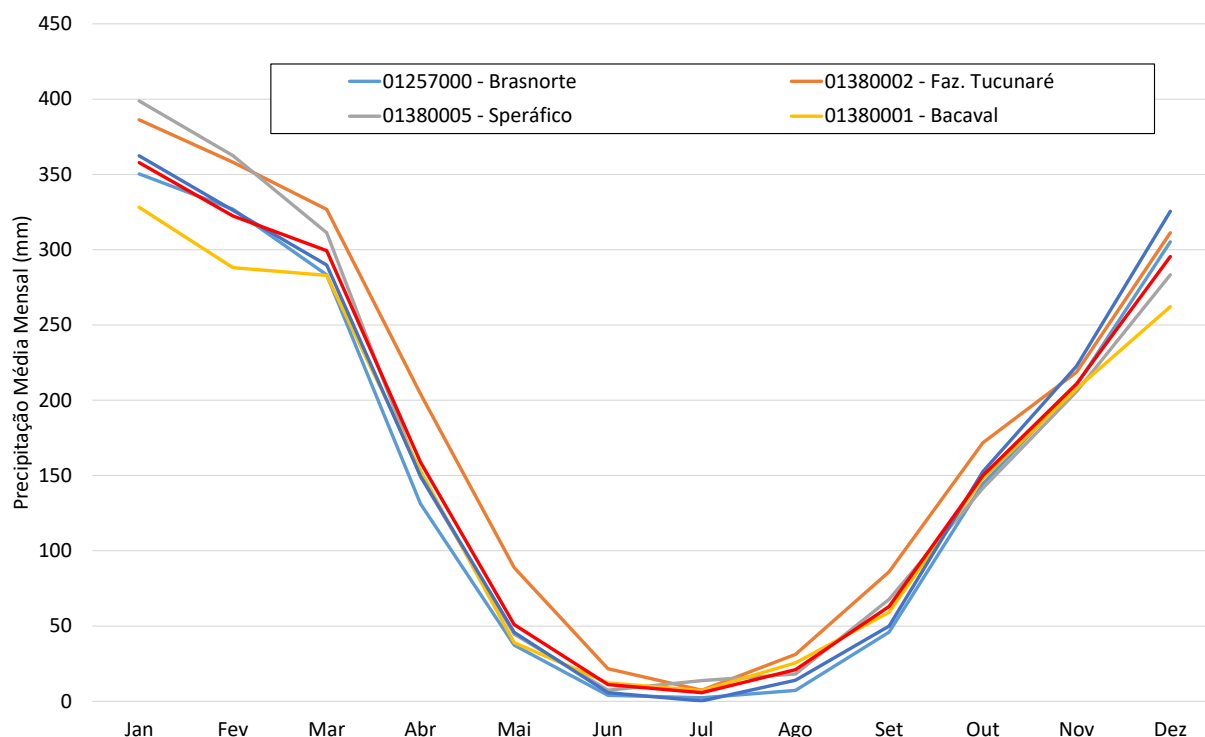


Figura 6-4: Precipitações médias mensais observadas nas estações pluviométricas selecionadas

Os valores observados no posto 01380002 – Fazenda Tucunaré são levemente superiores aos observados nas demais estações. No entanto, pode-se observar um comportamento característico na região, com volumes baixos de chuva entre os meses de maio e setembro. A precipitação média total anual é de 1.964 mm.

Tendo em vista a pequena variabilidade pluviométrica identificada nos postos pluviométricos nas bacias estudadas, utilizou-se como critério, para definição da chuva média na bacia, a média aritmética simples dos postos pluviométricos. Conforme apresentado, as séries pluviométricas apresentam diferentes períodos de disponibilidade de observações, com falhas pontuais. Apesar disso, há pelo menos em um dos postos dados disponíveis para cada mês do período de janeiro de 1984 a dezembro de 2018, possibilitando assim o cálculo de uma série ininterrupta de totais mensais, conforme apresentado na Tabela 6-10.

Tabela 6-10: Chuva média na bacia do Rio Sauê-Uiná – Totais pluviométricos (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1984	335,1	241,4	215,7	175,9	46,7	0,0	0,3	62,6	68,4	299,9	192,1	188,3	1.826,4
1985	394,4	228,1	244,9	101,8	47,4	3,7	6,8	25,8	90,2	229,9	239,8	226,2	1.839,0
1986	435,6	238,5	266,6	140,2	92,6	4,1	0,7	39,2	88,4	110,3	161,3	282,5	1.860,0
1987	423,1	269,4	228,2	161,6	42,9	22,1	0,0	0,0	23,1	91,3	264,3	380,6	1.906,7
1988	393,0	394,4	391,3	255,2	11,2	0,0	1,8	8,2	22,7	154,6	157,3	274,1	2.063,8
1989	331,8	287,9	352,7	280,3	6,5	55,6	19,9	102,8	61,2	168,1	122,2	380,8	2.169,6
1990	384,7	224,7	316,0	109,8	81,3	0,0	2,9	13,0	147,0	154,2	190,5	220,8	1.845,0
1991	387,2	357,8	294,3	98,0	43,6	0,0	0,0	12,7	70,6	173,9	175,1	288,4	1.901,5
1992	271,0	324,3	214,0	212,3	17,7	2,3	12,5	36,6	119,1	154,0	241,4	417,0	2.022,2
1993	253,5	302,8	275,1	191,5	37,2	41,1	7,8	9,5	60,9	150,6	149,9	421,4	1.901,2
1994	372,1	398,0	271,4	203,5	57,8	32,8	17,7	19,3	40,9	169,7	171,3	309,9	2.064,5
1995	364,7	345,7	273,6	178,3	98,8	9,8	0,0	38,9	46,7	109,7	291,6	312,4	2.070,1
1996	366,2	257,8	448,4	157,2	49,5	11,4	0,0	43,3	45,4	106,6	287,9	231,9	2.005,6
1997	296,9	257,7	454,7	149,6	72,4	19,8	0,0	3,5	53,4	208,5	212,5	287,2	2.016,2
1998	306,1	234,2	326,0	120,3	28,9	0,0	0,4	39,3	56,3	171,5	256,9	321,1	1.860,9
1999	270,1	236,9	234,5	100,0	18,6	14,3	0,7	0,0	68,3	85,4	244,7	311,0	1.584,5
2000	223,3	275,6	353,3	133,8	0,0	3,0	8,1	10,4	98,7	112,6	209,7	182,6	1.611,1
2001	313,5	218,1	196,3	107,6	55,5	4,2	25,3	7,3	73,6	143,1	239,7	248,1	1.632,4
2002	235,8	420,5	197,7	76,8	30,5	0,0	26,7	11,6	68,9	127,6	102,0	269,3	1.567,5
2003	367,5	192,5	298,0	188,5	63,4	0,4	0,1	16,9	51,2	174,3	191,9	240,2	1.784,8
2004	396,0	370,0	206,9	143,8	48,9	2,7	11,3	15,3	53,8	121,6	216,4	283,9	1.870,7
2005	490,9	267,8	293,0	109,6	19,4	3,7	0,0	2,8	84,6	168,3	213,3	340,7	1.994,1
2006	313,1	333,7	322,9	274,7	57,4	3,7	0,0	11,5	70,1	227,0	145,1	340,7	2.100,0
2007	436,7	354,8	292,2	136,1	20,8	3,7	6,8	3,9	49,1	181,5	259,2	331,9	2.076,7
2008	490,0	316,1	323,5	188,1	29,8	0,8	2,0	11,9	48,8	169,6	218,6	314,2	2.113,4
2009	375,7	365,3	501,9	183,5	68,7	8,5	24,6	39,6	102,6	134,2	250,5	412,6	2.467,6
2010	456,3	443,4	316,3	110,4	22,3	2,1	4,5	0,0	17,4	165,1	242,7	250,1	2.030,8
2011	545,0	500,0	359,6	176,7	8,1	10,9	0,0	17,2	30,9	116,1	215,5	283,6	2.263,7
2012	368,5	331,0	261,9	138,0	55,0	21,8	0,0	4,2	47,6	74,5	250,2	235,4	1.788,2
2013	426,8	457,0	274,3	172,5	57,2	20,1	5,3	12,6	74,7	147,3	188,3	285,7	2.121,7
2014	288,6	345,9	439,7	101,1	208,3	19,1	5,1	2,4	64,0	96,8	173,7	307,2	2.051,8
2015	184,7	296,8	210,0	248,4	130,1	22,0	0,6	27,2	35,7	108,8	180,4	197,6	1.642,3
2016	354,0	287,5	265,7	81,2	59,3	11,7	0,7	57,4	84,0	136,4	173,8	396,7	1.908,3
2017	351,1	484,4	244,8	130,0	62,3	13,7	0,0	21,4	13,5	119,5	217,4	285,2	1.943,3

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2018	321,2	425,3	313,2	225,5	32,3	18,2	6,3	6,6	73,7	183,9	335,4	284,1	2.225,7
Média	357,8	322,4	299,4	158,9	50,9	11,1	5,7	21,0	63,0	149,9	210,9	295,5	1.946,6

6.3.2. Dados Fluviométricos

O levantamento dos postos fluviométricos foi realizado no banco de dados da Agência Nacional de Águas – ANA, no portal Hidroweb.

Selecionou-se postos fluviométricos instalados na região, uma vez que o rio Sauê-Uiná não possui postos em sua calha principal. Tais postos possuem séries razoavelmente longas e com qualidade suficiente para caracterizar o regime fluvial na região, com dados disponíveis a partir do ano de 1973.

Tabela 6-11: Postos fluviométricos – Rio Sauê-Uiná

Código	Nome	Rio	Município	Área de Drenagem (km ²)	Localização		Entidade	Período de Dados
17091000	Fazenda Tucunaré	Rio Juruena	Sapezal	4.360	13°27'39"	59°00'28"	ANA	04/83 – 08/20
17092800	Aldeia Sacre II	Rio Sacre	Campo Novo Do Parecis	6.770	13°01'35"	58°11'07"	ANA	11/04 - 04/20
17093000	Fontanilhas	Rio Juruena	Juína	55.900	11°21'30"	58°20'34"	ANA	02/78 – 04/20
17120000	Porto dos Gaúchos	Rio Arinos	Porto Dos Gaúchos	37.100	11°32'12"	57°25'25"	ANA	10/73 – 04/20

Os postos fluviométricos 17092900 - Utiariti, 17092950 - Fazenda Satélite, 17097000 - Gleba Agrosan, 17098000 - Fazenda Vale do Tucuna, 17100000 - Fazenda Tauá, 17124000 - Núcleo Ariel e 17125000 - Porto da Balsa não foram utilizados nesse estudo por estarem desativadas, além de também possuírem histórico disponível curto e com falhas.

Cabe ressaltar que o posto fluviométrico 17091000 - Fazenda Tucunaré, localizado no rio Juruena, foi utilizado como base para geração das séries de vazões na usina, tendo em conta sua proximidade e semelhança hidrogeológica com o rio Sauê-Uiná, conforme será demonstrado neste estudo. Cabe informar que as vazões deste posto foram geradas somente a partir de 01/1993, tendo em conta a inexistência de medições de vazões anteriores a este período para subsidiar a curva-chave.

Os demais postos constantes na tabela foram utilizados para análise do comportamento hidrológico da região a partir de regionalização vazões médias de longo termo, bem como preenchimento e extensão do posto base.

As áreas de drenagem utilizadas são as constantes na base de dados da ANA, que realizou recente revisão em toda sua rede hidrométrica. Para o local da PCH SU-75 obteve-se o valor de 1.730 km² no presente estudo.

6.3.2.1. Análise e Consistência de Cotas e Curvas-Chaves

No presente estudo todos os postos fluviométricos utilizados (postos base e postos usados na regionalização de vazões) tiveram seus dados consistidos.

Cotas Médias Diárias: As séries de cotas médias diárias dos postos fluviométricos passaram por uma análise visual, com a finalidade de determinar leituras absurdas, variações bruscas dos seus valores e erros de

“metro inteiro”. Foram efetuadas correções dos valores incoerentes e as falhas em curtos períodos preenchidas, quando necessário, respeitando a tendência do comportamento do fluviograma, resultando em séries finais consistidas e de maior confiabilidade. Os longos períodos contínuos em que há falhas de observações não tiveram seus dados preenchidos nesta fase inicial de consistência dos dados. O número de medições, bem como o intervalo de cotas em que elas ocorreram, são perfeitamente adequados para o estabelecimento das curvas-chaves dos postos fluviométricos.

Resumos de Medições: Foram realizadas consistências dos resumos de medições a partir de análise gráfica do comportamento das grandezas vazão-cota, área-cota, largura-cota, velocidade-cota e profundidade-cota, conjuntamente com os perfis transversais dos respectivos postos, de forma a se identificar padrões temporais e ocorrência de eventos, como modificação de níveis de referência, queda da régua, etc.

Curvas- Chaves: As curvas-chaves de cada posto fluviométrico foram obtidas a partir da plotagem dos resumos de medições respectivos, buscando-se o melhor ajuste possível no tramo inferior e superior (extrapolado) das curvas. Observou-se pequenos índices de extrapolações para as curvas-chaves, com valores máximos de 2 vezes (cotas extrapoladas em relação às cotas medidas).

Ressalta-se que os dados resultantes da análise e consistência realizadas neste estudo aproximaram-se bastante aos constantes na base de dados da ANA (Hidroweb).

Da Figura 6-5 à Figura 6-8 são apresentadas as curvas-chaves obtidas.

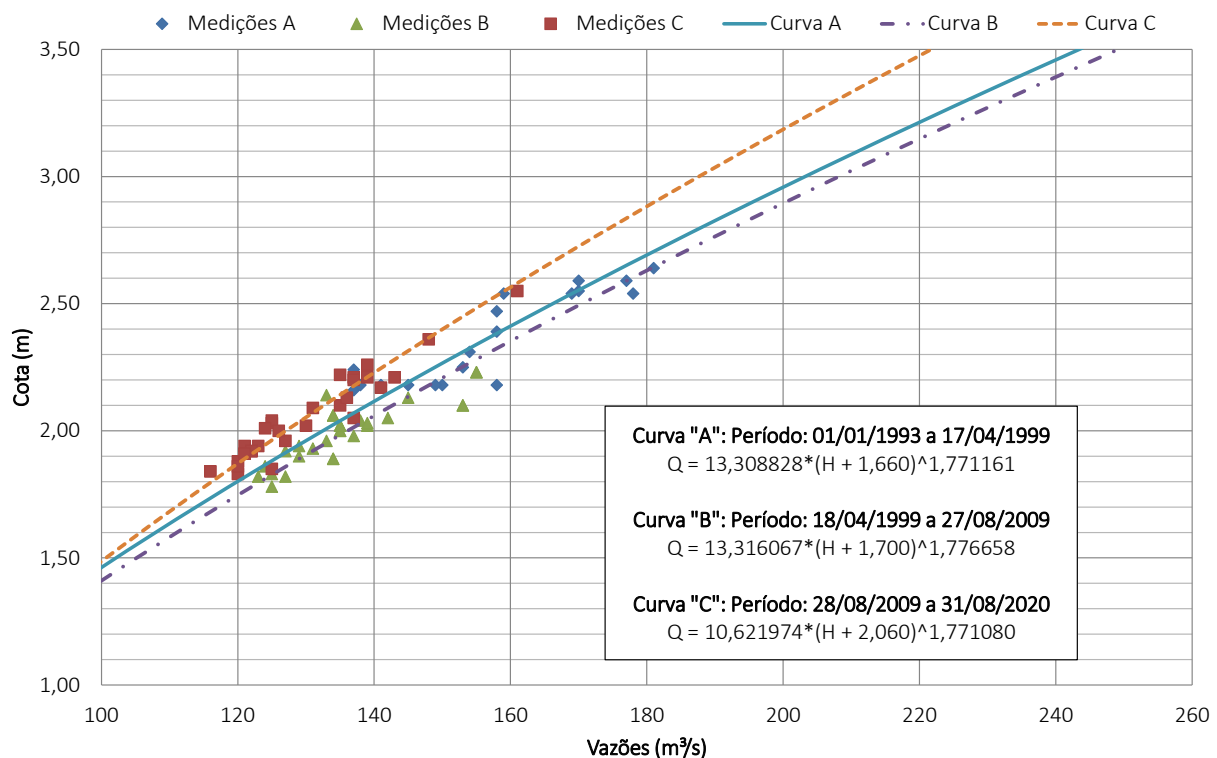


Figura 6-5: Curva-chave – Fazenda Tucunará (17091000)

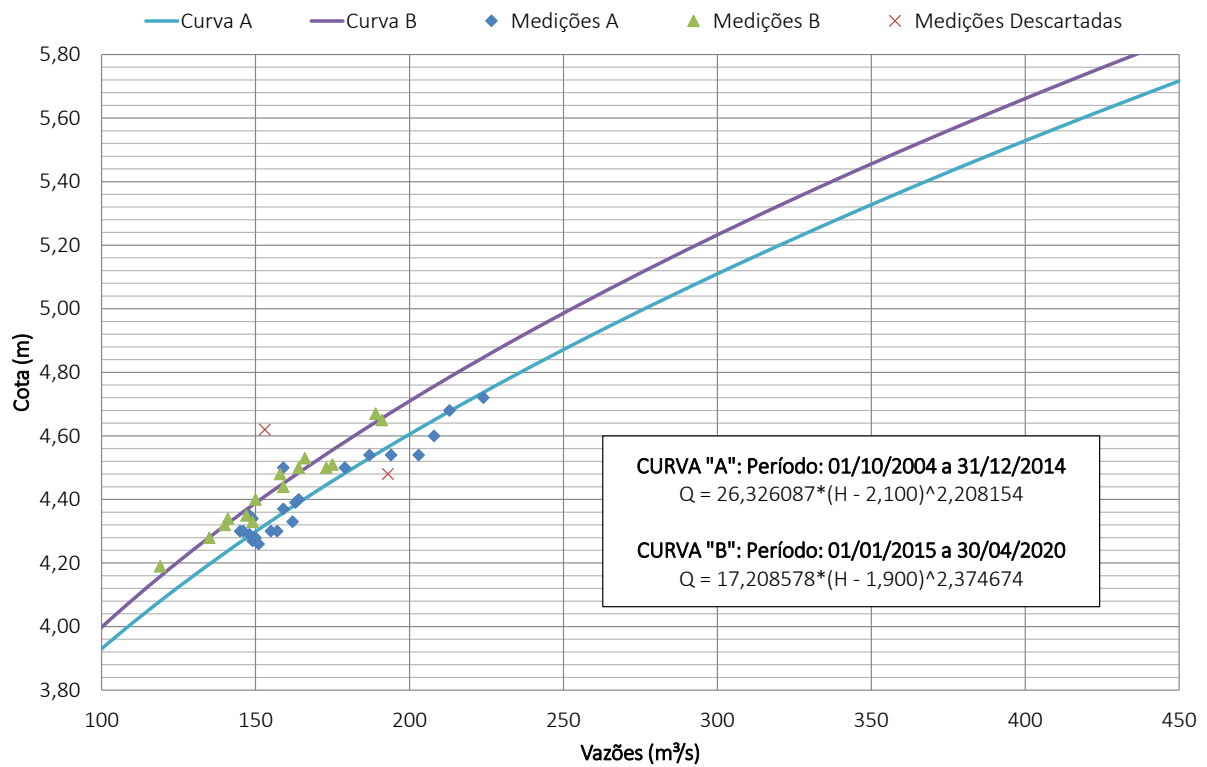


Figura 6-6: Curva-chave - Aldeia Sacre II (17092800)

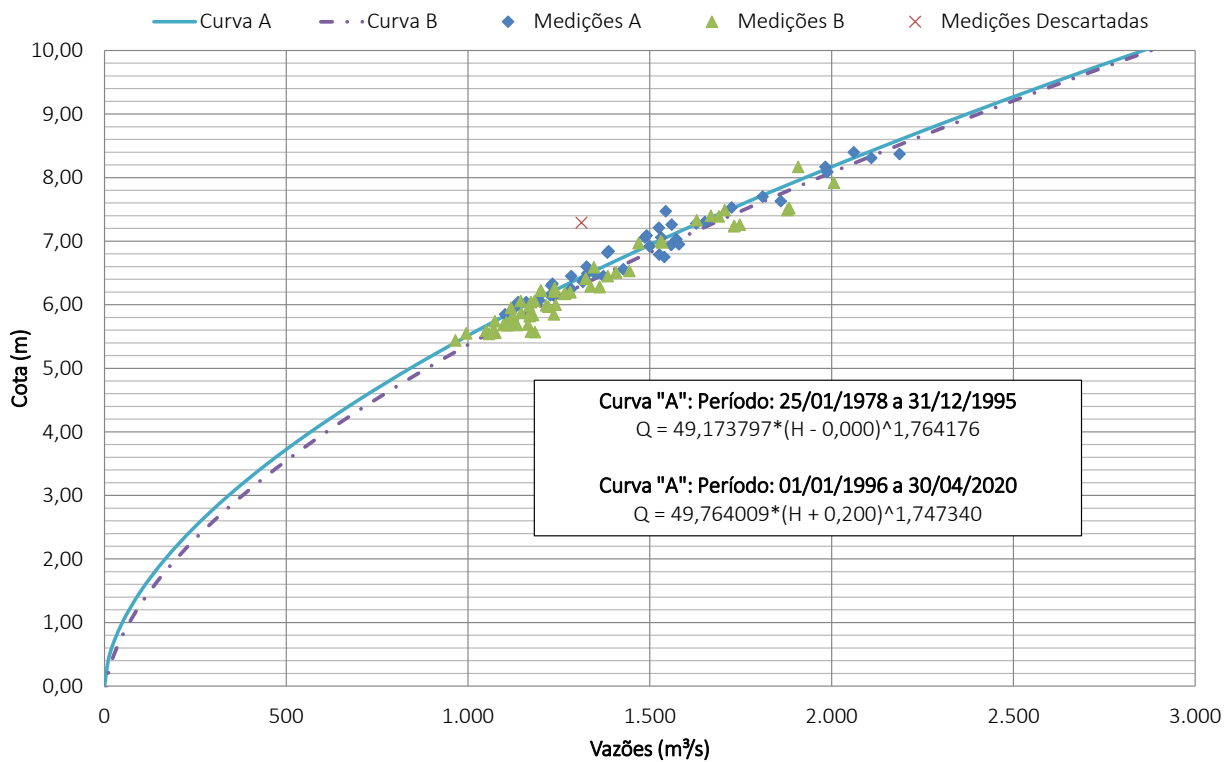


Figura 6-7: Curva-chave - Fontanilhas (17093000)

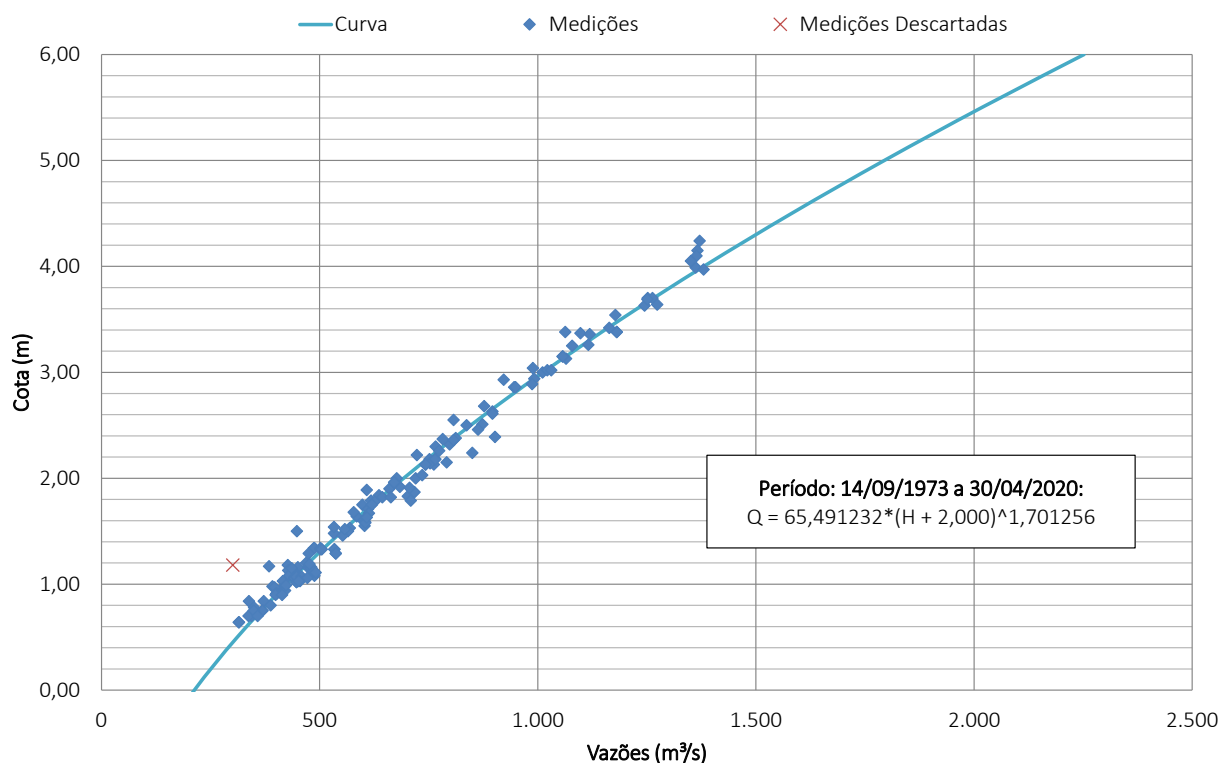


Figura 6-8: Curva-chave - Porto dos Gaúchos (17120000)

6.3.2.2. Séries Observadas nos Postos Fluviométricos

A partir das séries de cotas observadas nas estações e as respectivas curvas-chave, pode-se calcular as séries de vazões observadas nos postos fluviométricos selecionados, conforme apresentado nas tabelas seguintes.

Tabela 6-12: Série de vazões observadas – Fazenda Tucunaré (17091000)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1993	168,0	178,0	186,0	181,0	164,0	155,0	145,0	134,0	130,0	132,0	132,0	142,0	154,0
1994	166,0	183,0	185,0	186,0	155,0	143,0	136,0	128,0	122,0	124,0	126,0	142,0	150,0
1995	176,0	190,0	198,0	193,0	174,0	160,0	154,0	150,0	147,0	151,0	157,0	175,0	169,0
1996	167,0	164,0	177,0	170,0	160,0	152,0	147,0	147,0	143,0	146,0	158,0	152,0	157,0
1997	153,0	166,0	178,0	177,0	169,0	159,0	149,0	146,0	146,0	145,0	145,0	148,0	157,0
1998	151,0	165,0	174,0	168,0	154,0	149,0	143,0	141,0	138,0	144,0	152,0	151,0	153,0
1999	152,0	151,0	157,0	152,0	149,0	142,0	139,0	136,0	137,0	137,0	142,0	147,0	145,0
2000	143,0	150,0	168,0	161,0	149,0	142,0	138,0	136,0	135,0	137,0	143,0	141,0	145,0
2001	149,0	149,0	158,0	152,0	143,0	140,0	136,0	135,0	134,0	136,0	141,0	146,0	143,0
2002	144,0	156,0	153,0	147,0	141,0	135,0	132,0	130,0	130,0	129,0	131,0	136,0	139,0
2003	144,0	149,0	149,0	158,0	142,0	144,0	134,0	130,0	130,0	133,0	136,0	136,0	140,0
2004	143,0	149,0	148,0	143,0	139,0	133,0	130,0	126,0	126,0	129,0	132,0	131,0	136,0
2005	145,0	141,0	147,0	142,0	135,0	132,0	128,0	125,0	131,0	128,0	130,0	135,0	135,0

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
2006	143,0	146,0	148,0	153,0	140,0	135,0	132,0	128,0	128,0	137,0	132,0	143,0	139,0
2007	152,0	156,0	155,0	148,0	139,0	134,0	131,0	128,0	127,0	132,0	136,0	137,0	140,0
2008	139,0	147,0	148,0	148,0	139,0	134,0	130,0	127,0	126,0	129,0	133,0	140,0	137,0
2009	139,0	143,0	155,0	144,0	138,0	131,0	127,0	126,0	121,0	122,0	125,0	125,0	133,0
2010	131,0	146,0	136,0	126,0	122,0	125,0	123,0	121,0	121,0	123,0	123,0	130,0	127,0
2011	144,0	142,0	145,0	146,0	132,0	127,0	124,0	122,0	119,0	122,0	125,0	126,0	131,0
2012	133,0	139,0	144,0	136,0	127,0	127,0	125,0	118,0	121,0	127,0	123,0	130,0	129,0
2013	140,0	147,0	141,0	136,0	129,0	127,0	123,0	121,0	119,0	121,0	123,0	125,0	129,0
2014	129,0	143,0	158,0	156,0	163,0	147,0	132,0	127,0	127,0	128,0	134,0	135,0	140,0
2015	139,0	140,0	141,0	144,0	143,0	136,0	131,0	131,0	128,0	127,0	132,0	128,0	135,0
2016	134,0	144,0	146,0	146,0	135,0	128,0	122,0	121,0	123,0	121,0	122,0	133,0	131,0
2017	131,0	141,0	142,0	139,0	133,0	127,0	126,0	122,0	116,0	116,0	126,0	132,0	129,0
2018	138,0	144,0	146,0	149,0	142,0	133,0	129,0	127,0	126,0	131,0	136,0	142,0	137,0
2019	138,0	136,0	155,0	150,0	148,0	137,0	132,0	131,0	129,0	135,0	138,0	139,0	139,0
2020	139,0	154,0				129	126	122					
Média	145,4	152,1	157,0	153,7	144,6	138,0	133,0	129,9	128,9	131,2	134,6	138,8	140,7

Tabela 6-13: Série de vazões observadas – Aldeia Sacre II (17092800)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
2004											197,0	201,0	
2005	223,0	217,0	227,0	202,0	203,0	191,0	189,0	180,0	235,0	242,0	248,0	280,0	220,0
2006	297,0	327,0	336,0	362,0	319,0	318,0	318,0	251,0	186,0	178,0	170,0	195,0	271,0
2007	211,0	243,0	212,0	188,0	173,0	163,0	158,0	151,0	138,0	153,0	165,0	175,0	177,0
2008	201,0	226,0	219,0	193,0	172,0	161,0	151,0	146,0	145,0	151,0	159,0	170,0	174,0
2009	165,0	180,0	191,0	188,0	168,0	158,0	151,0	145,0	150,0	157,0	166,0	172,0	166,0
2010	205,0	200,0	188,0	183,0	163,0	155,0	149,0	145,0	145,0	149,0	160,0	160,0	167,0
2011	184,0	186,0	203,0	204,0	173,0	163,0	150,0	154,0	157,0	151,0	157,0	184,0	172,0
2012	199,0	195,0	193,0	189,0	179,0	173,0	151,0	143,0	141,0	144,0	160,0	156,0	169,0
2013	177,0	204,0	211,0	176,0	170,0	159,0	150,0	145,0	147,0	162,0	176,0	173,0	171,0
2014	184,0	210,0	242,0	213,0	186,0	167,0	161,0	158,0	154,0	160,0	164,0	187,0	182,0
2015	157,0	163,0	175,0	175,0	169,0	153,0	147,0	138,0	136,0	146,0	146,0	142,0	154,0
2016	158,0	155,0	173,0	150,0	142,0	132,0	125,0	126,0	132,0	138,0	143,0	172,0	146,0
2017	164,0	192,0	219,0	198,0	171,0	163,0	152,0	141,0	139,0	143,0	152,0	155,0	166,0
2018	169,0	198,0	190,0	197,0	172,0	162,0	153,0	140,0	139,0	149,0	180,0	184,0	169,0
2019	181,0	201,0	203,0	192,0	174,0	161,0	154,0	147,0	148,0	152,0	153,0	156,0	168,0
2020	160,0	167,0	165,0	166,0									
Média	189,7	204,0	209,2	198,5	182,3	171,9	163,9	154,0	152,8	158,3	168,5	178,9	178,1

Tabela 6-14: Série de vazões observadas – Fontanilhas (17093000)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1978		1.597	1.882	1.768	1.574	1.424	1.290	1.189	1.176	1.279	1.331	1.616	1.466
1979	1.857	1.989	2.144	2.024	1.696	1.534	1.405	1.319	1.356	1.293	1.444	1.448	1.626
1980	1.684	1.889	2.052	1.940	1.619	1.377		1.291	1.253	1.219	1.346	1.613	1.571
1981	1.777	1.855	1.921	1.912	1.547	1.364	1.271	1.206	1.161	1.278	1.512	1.550	1.530
1982	1.866	1.990	2.124	1.799	1.312	1.144	1.038	1.049	1.329	1.382	1.418	1.480	1.494
1983	1.700	1.761	1.863	1.749	1.562	1.442	1.298	1.227	1.186	1.271	1.358	1.705	1.510
1984	1.630	1.652	1.766	1.751	1.608	1.386	1.274	1.225	1.223	1.252	1.370	1.464	1.467
1985	1.672	1.653	1.778	1.749	1.552	1.358	1.284	1.229	1.225	1.291	1.392	1.422	1.467
1986	1.817	1.910	1.873	1.794	1.604	1.427	1.305	1.265	1.256	1.272	1.298	1.447	1.522
1987	1.516	1.684	1.686	1.555	1.414	1.272	1.189	1.119	1.102	1.132	1.353	1.511	1.378
1988	1.706	1.831	1.988	1.927	1.635	1.480	1.349	1.262	1.225	1.231	1.364	1.547	1.545
1989	1.764	2.060	2.085	1.914	1.768	1.521	1.432	1.361	1.286	1.311	1.336		1.622
1990	1.650	1.838	1.819	1.717	1.474	1.323	1.239	1.187					1.531
1991										1.264	1.357	1.426	1.349
1992	1.591	1.719	1.718	1.733	1.471	1.313	1.229	1.179	1.274	1.265	1.332	1.542	1.447
1993	1.535	1.794	1.741	1.694	1.490	1.354	1.270	1.167	1.154	1.156	1.174	1.284	1.401
1994	1.622	1.757	1.789	1.750	1.472	1.389	1.325	1.247	1.200	1.222	1.229	1.420	1.452
1995	1.712	1.878	1.858	1.847	1.620	1.403	1.301	1.229	1.177	1.234	1.338	1.764	1.530
1996	1.840	1.781	1.944	1.785	1.557	1.411	1.322	1.275	1.233	1.291	1.447	1.469	1.530
1997	1.653	1.770	1.952	1.990	1.714	1.532	1.367	1.282	1.240	1.270	1.322	1.383	1.540
1998	1.457	1.702	1.822	1.589	1.396	1.293	1.200	1.178	1.127	1.221	1.410	1.521	1.410
1999	1.589	1.494	1.697	1.464	1.359	1.219	1.180	1.096	1.110	1.103	1.302	1.443	1.338
2000	1.577	1.656	1.765	1.582	1.348	1.224	1.167	1.120	1.105	1.131	1.333	1.404	1.368
2001	1.578	1.599	1.774	1.562	1.387	1.265	1.175	1.097	1.103	1.165	1.281	1.567	1.379
2002	1.607	1.679	1.623	1.484	1.293	1.184	1.126	1.088	1.082	1.072	1.130	1.264	1.303
2003	1.464	1.593	1.573	1.789	1.417	1.276	1.165	1.104	1.098	1.141	1.228	1.261	1.342
2004	1.548	1.944	1.719	1.593	1.406	1.272	1.193	1.115	1.097	1.119	1.216	1.314	1.378
2005	1.515	1.581	1.797	1.557	1.333	1.208	1.129	1.068	1.066	1.117	1.160	1.474	1.334
2006	1.693	1.820	1.902	1.887	1.541	1.388	1.267	1.179	1.178	1.312	1.297	1.536	1.500
2007	1.648	1.933	1.693	1.518	1.347	1.234	1.165	1.099	1.073	1.143	1.260	1.400	1.376
2008	1.562	1.797	1.748	1.614	1.434	1.280	1.182	1.112	1.093	1.142	1.247	1.364	1.381
2009	1.397	1.575	1.596	1.610	1.364	1.230	1.148	1.087	1.083	1.114	1.232	1.378	1.318
2010	1.658	1.789	1.782	1.664	1.355	1.250	1.165	1.097	1.066	1.105	1.214	1.260	1.367
2011	1.509	1.676	1.816	1.794	1.407	1.266	1.175	1.104	1.070	1.148	1.231	1.416	1.384
2012	1.579	1.785	1.708	1.563	1.418	1.277	1.167	1.080	1.049	1.093	1.203	1.335	1.355
2013	1.526	1.893	1.752	1.699	1.435	1.314	1.214	1.115	1.107	1.211	1.341	1.456	1.422
2014	1.601	1.723	1.979	1.818	1.597	1.407	1.287	1.193	1.172	1.158	1.308	1.598	1.487
2015	1.430	1.632	1.814	1.748	1.661	1.404	1.274	1.173	1.122	1.142	1.198	1.190	1.399

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
2016	1.420	1.494	1.570	1.402	1.223	1.137	1.051	1.007	1.035	1.051	1.159	1.432	1.248
2017	1.543	1.789	1.774	1.659	1.454	1.307	1.180	1.121	1.061	1.122	1.271	1.396	1.390
2018	1.510	1.715	1.735	1.904	1.513	1.350	1.229	1.158	1.143	1.237	1.392	1.529	1.451
2019	1.655	1.820	1.888	1.804	1.551	1.355	1.252	1.172	1.130	1.239	1.300	1.440	1.467
2020	1.554	1.628	1.851	1.575									
Média	1.615	1.755	1.818	1.721	1.486	1.332	1.232	1.168	1.156	1.200	1.303	1.452	1.438

Tabela 6-15: Série de vazões observadas – Porto dos Gaúchos (17120000)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1973										594	945	1.160	900
1974	1.226	1.381	1.487	1.424	1.233	941	557	415	393	479	535	698	897
1975	912	1.169	1.011	1.067	781	489	460	404	371	389	527	765	695
1976	759	887	1.009	833	740	549	439	392	379	485	520	653	637
1977	916	1.106	940	891	774	667	503	434	449	549	708	891	736
1978	1.327	1.118	1.404	1.024	993			509	490			881	968
1979	1.319			1.591	1.335	992	630	575	542	577	663	705	893
1980	1.161	1.623	1.759	1.267	860	701	601	509	508	543	609	948	924
1981	1.364	1.351	1.398	1.291	864	694	567	497	453	529	802	814	885
1982	1.179	1.331		1.176	822	662	552	494	548	566	592	675	782
1983	948	1.098			626	555	446	410	395	511	696	827	651
1984	752	730	891	955	736	574	444	404	433	460	561	504	620
1985	975	1.072	1.183	1.052	792	563	484	423	427	503	574	634	724
1986	895	1.198	1.202	985	994	645	426	433	470	524	481	613	739
1987	786	845	872	844	626	476	409	375	354	357	534	865	612
1988	1.123	1.115	1.307	1.112	782	610	490	433	406	438	561	809	766
1989	514	599	1.117	1.123	926	651	573	499	425	491	596	950	705
1990	1.252	1.207	1.404	975	725	562	502	437	491	512	604	705	781
1991	1.051	1.266	1.364	1.442	966	632	539	466	490	560	694	771	853
1992	942	1.276	1.424	1.149	785	619	513	428	342	454	677	943	796
1993	1.001	1.099	1.094	932	639	504	458	401	369	465	599	727	691
1994	768	692	1.159	1.014	657	501	416	363	344	350	396	661	610
1995	1.241	1.480	1.454	1.175	891	619	525	460	428	496	561	850	848
1996	989	972	1.143	952	689	556	478	447	424	453	628	702	703
1997	1.144	1.296	1.136	1.102	781	631	502	443	422	426	512	658	754
1998	646	914	1.119	762	527	447	393	377	352	389	566	635	594
1999	1.109	946	1.074	694	564	442	405	354	361	360	531	726	631
2000	821	1.153	1.154	854	591	476	426	382	380	397	528	698	655
2001	755	773	911	723	539	458	400	349	343	433	533	836	588
2002	1.003	1.114	1.178	943	620	491	433	391	389	398	472	629	672

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
2003	1.030	1.031	1.226	1.337	784	579	483	419	425	473	568	699	755
2004	1.000	1.733	1.293	926	719	582	520	439	421	473	593	665	780
2005	960	1.035	1.181	880	640	508	444	392	390	430	472	765	675
2006	1.062	1.062	1.081	1.227	740	587	487	415	408	636	620	837	764
2007	947	1.465	1.034	847	673	538	439	403	378	445	600	799	714
2008	955	1.370	1.391	1.151	780	612	498	425	405	456	663	843	796
2009	868	989	1.037	1.027	696	573	467	410	422	446	557	812	692
2010	1.109	1.294	1.134	1.088	664	549	461	405	377	427	544	589	720
2011	995	1.064	1.195	1.164	682	547	467	410	372	476	574	748	725
2012	1.011	1.092	1.109	880	688	582	465	396	377	423	505	599	677
2013	809	1.196	1.126	1.095	692	573	476	407	393	476	696	958	741
2014	1.121	1.326	1.685	1.216	827	654	537	455	458	451	587	926	854
2015	763		1.064	964	833		490	419	390	404	458	487	627
2016	815	929	1.125	816	571	476	402	366	392	419	537	819	639
2017	927	1.300	1.287	1.100	799	602	481	424	371	417	551	846	759
2018	883	1.334	1.212	1.307	865	656	529	459	448	521	691	956	822
2019	984	1.199	1.272	1.188	870	638	528	455	414	556	592	716	784
2020	740	976	1.083	872									
Média	976	1.138	1.198	1.053	769	590	483	426	414	470	587	766	741

6.3.2.3. Levantamentos Hidrométricos Realizados pelo Empreendedor

No âmbito do desenvolvimento do projeto básico da PCH SU-75 (A.D.= 1.730 km²), foram realizadas no período de 30/03/2019 a 16/04/2021 medições de vazões, leituras horárias de régua (*datalogger*) e medições sedimentométricas. A estação está instalada em local próximo e é denominada Estação PCH Sauê-Uiná (1.700 km²).

No local de instalação das régua foram materializados os marcos topográficos georeferenciados próximos à margem, porém fora da influência das cheias, destinados ao nivelamento dos lances de régua e à amarração a RN's oficiais, o que permitiu a determinação da cota do "zero" da régua limnimétrica.

A Tabela 6-16 apresenta os dados deste local.

Tabela 6-16: Local das medições realizadas – Posto Sauê-Uiná

Local	Coordenadas		A. D. (km ²)	"Zero" da Régua (m)*	Tipo de Medição
	Coord. Norte	Coord. Este	(km ²)	(m)	(-)
Estação Sauê-Uiná	12° 43' 19,05" S	58° 37' 22,80" W	1.700	-	Leitura de cotas e medição de vazões

* Corresponde ao zero da régua para efeito de nivelamento topográfico. Não coincide com o "zero" da régua, obtido no ajuste da curva-chave.

A Tabela 6-17 apresenta o resumo das medições realizadas na Estação Sauê-Uiná.

Tabela 6-17: Medições de vazões realizadas – Estação Sauê-Uiná

Medição	Data	Início (hora)	Fim (hora)	Cota (cm)	Vazão (m³/s)	Área	Largura (m)	Prof.	Veloc.
						(m²)		(m)	(m³/s)
1	29/03/2019	15:20	16:15	200	45,56	41,03	27,30	1,50	1,110
2	18/04/2019	11:15	11:58	194	45,93	38,85	27,20	1,43	1,182
3	05/05/2019	16:10	17:01	192	47,83	37,91	26,40	1,44	1,262
4	19/06/2019	10:39	11:18	170	42,14	33,08	26,50	1,25	1,274
5	12/07/2019	11:02	11:50	165	39,84	32,36	26,30	1,23	1,231
6	11/08/2019	14:00	14:40	162	40,43	30,98	26,10	1,19	1,305
7	21/09/2019	10:08	10:55	159	40,59	30,55	26,10	1,17	1,329
8	24/10/2019	10:30	11:22	165	36,23	29,47	27,00	1,09	1,230
9	25/11/2019	17:12	17:49	159	38,59	31,55	26,30	1,20	1,223
10	22/12/2019	12:41	13:32	165	42,46	35,12	27,10	1,30	1,209
11	24/01/2020	13:48	14:41	161	36,27	32,36	26,40	1,23	1,121
12	11/02/2020	16:49	16:56	183	46,10	36,10	27,00	1,34	1,280
13	13/03/2020	15:47	16:35	195	42,16	40,02	27,70	1,44	1,053
14	16/04/2020	09:48	10:30	181	42,35	37,71	27,30	1,38	1,123
15	10/05/2020	13:16	14:00	171	38,89	33,50	27,30	1,23	1,161
16	12/06/2020	16:47	17:20	163	39,84	31,38	26,90	1,17	1,270
17	21/07/2020	15:30	16:00	152	34,25	27,62	26,40	1,05	1,240
18	23/08/2020	10:07	10:40	150	36,81	28,66	26,10	1,10	1,284
19	01/10/2020	09:55	10:30	145	36,20	29,93	26,90	1,11	1,210
20	15/10/2020	14:15	14:50	155	37,21	29,06	26,90	1,08	1,280
21	12/11/2020	17:17	17:56	152	34,69	31,33	26,80	1,17	1,107
22	05/12/2020	10:20	10:58	150	35,73	28,79	26,80	1,07	1,241
23	25/01/2021	11:38	12:20	154	39,03	30,00	27,00	1,11	1,301
24	19/02/2021	17:30	18:20	168	40,83	34,27	27,50	1,25	1,191
25	10/03/2021	17:16	17:50	191	48,68	40,66	27,50	1,48	1,197
26	16/04/2021	10:10	10:40	186	44,61	36,13	27,40	1,32	1,235

A Figura 6-9 segue a curva-chave obtida para a Estação Sauê-Uiná. Alguns pontos foram descartados para o cálculo da equação, porém sem comprometimento do resultado final.

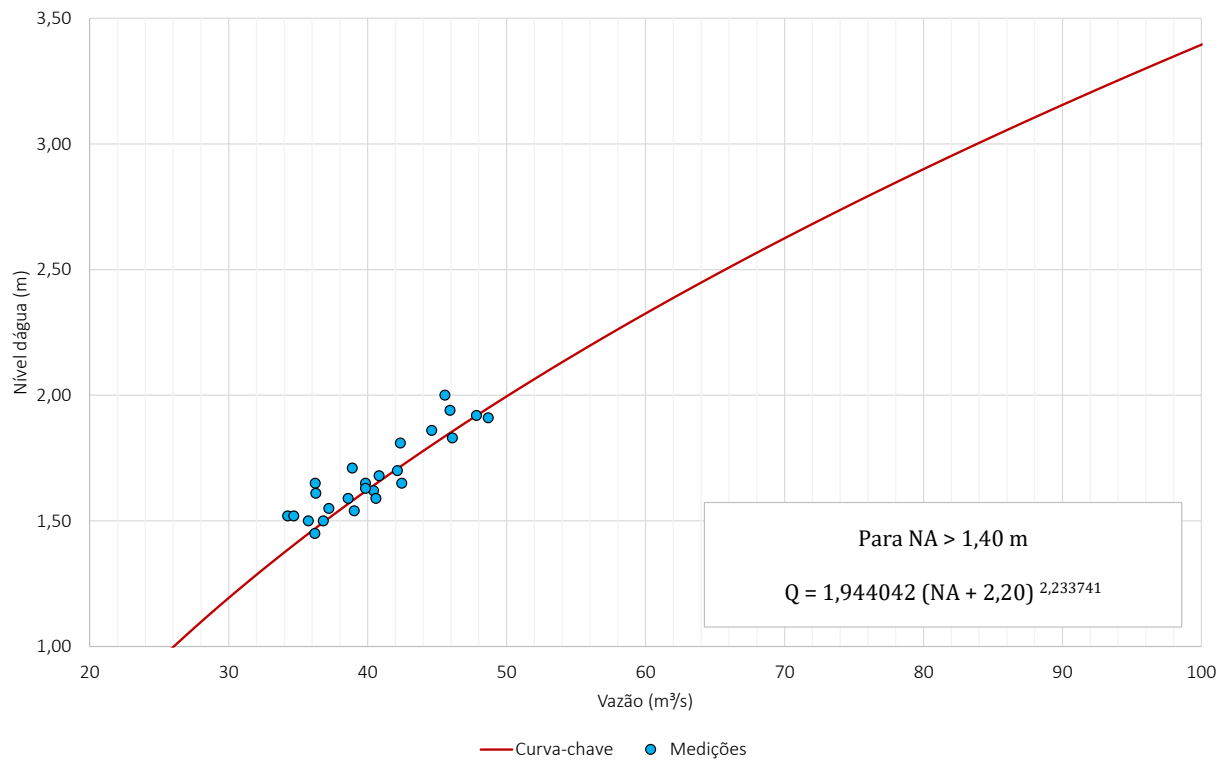


Figura 6-9: Curva-chave – Estação Sauê-Uiná

A partir da curva-chave elaborada para a seção da estação e as observações horárias armazenadas no *datalogger*, foram calculadas vazões médias diárias (Figura 6-10) e as vazões médias mensais, apresentadas na Tabela 6-18.

Tabela 6-18: Vazões médias mensais na Estação Sauê-Uiná

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2019				53,21	46,20	42,65	40,97	39,69	38,87	41,57	42,64	41,57
2020	41,77	48,05	50,07	44,14	41,92	39,20	37,89	36,72	36,15	37,43	37,47	38,43
2021	38,94	46,10	48,00	44,81								
Média	40,35	47,07	49,04	47,39	44,06	40,92	39,43	38,20	37,51	39,50	40,06	40,00

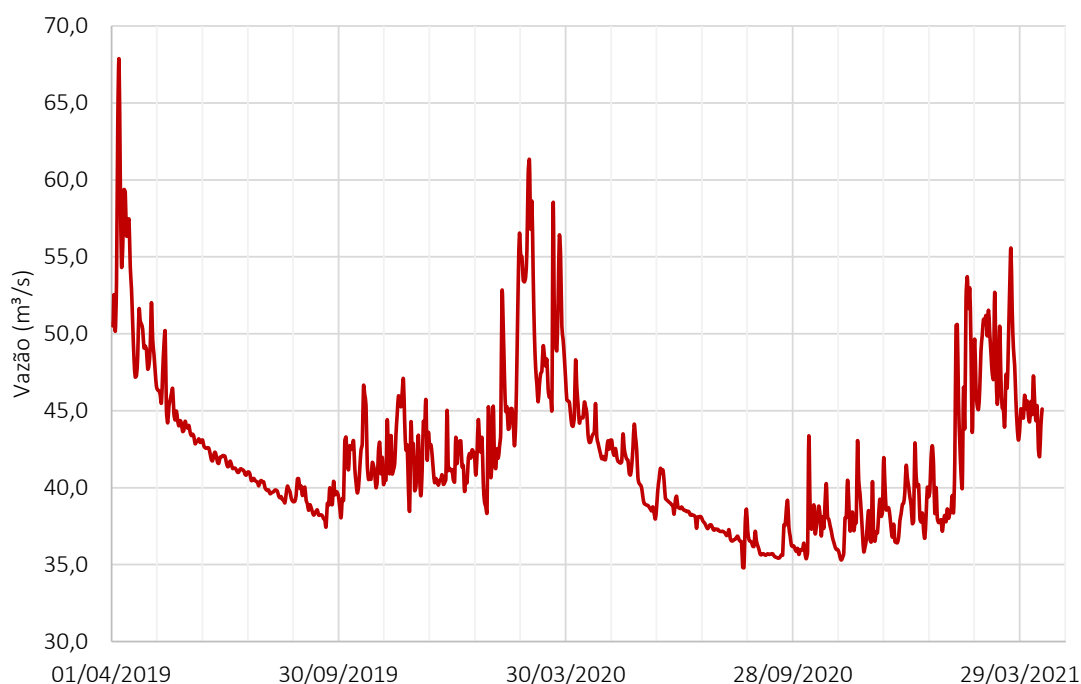


Figura 6-10: Hidrograma das vazões diárias na Estação Sauê-Uiná

6.3.2.4. Análise do Comportamento Hidrológico da Bacia

O regime fluvial da bacia do rio Sauê-Uiná acompanha o regime pluviométrico dominante na região, tendo um período de águas altas entre novembro e abril, e o período de estiagem compreendido entre maio e outubro.

Os estudos de vazões, médias mensais e máximas, foram conduzidos, desde a seleção das estações fluviométricas até a escolha da metodologia mais adequada para analisá-las, considerando as características fisiográficas e climáticas da bacia do rio Sauê-Uiná e de seu afluente, rio Calor, também objeto deste estudo.

Nos Estudos de Inventário Hidrelétrico, foi constatado que a região na qual bacia do rio Sauê-Uiná insere-se está posicionada em terrenos predominantemente sedimentares, sendo formados por arenitos de alta porosidade e que constituem aquíferos de elevada capacidade de armazenamento, fazendo com que as descargas dos cursos d'água sejam pouco variáveis ao longo do ciclo anual. As campanhas de medições de vazões líquidas realizados naquele momento indicaram vazões específicas de 28,5 l/s/km² no trecho a montante da foz do rio do Calor (Sauê-Uiná Montante – Régua 02), região onde se localiza a PCH SU-75, cabendo salientar que tal produção hídrica foi constatada com base em medições pontuais. Restou também evidenciado a semelhança hidrogeológica existente entre a bacia do rio Sauê-Uiná e o rio Juruena, tendo-se utilizado o posto 17091000 - Fazenda Tucunaré como base para geração das séries de séries de vazões.

Nesta etapa de projeto, conforme demonstrado, a partir da leitura horária de régua (datalogger), obteve-se uma produção hídrica de 24,7 l/s/km², pouco inferior daquela obtida nos Estudos de Inventário.

O rio Sauê-Uiná não possui postos fluviométricos com séries suficientemente longas para caracterizar o regime de vazões na bacia. Assim, no presente estudo utilizou-se do processo de regionalização de vazões médias de longo termo para promover uma estimativa de vazões no local do eixo estudado.

A Tabela 6-19 mostra os postos existentes na região, com as respectivas áreas de drenagens, vazões médias e específicas, bem como das medições realizadas na presente etapa de Projeto Básico, que apresenta série contínua para 25 meses (30/03/2019 a 16/04/2021).

Tabela 6-19: Postos fluviométricos de interesse ao estudo de inventário do rio Sauê-Uiná

Código	Posto	Rio	A.D. (km ²)	Q _{MLT} (m ³ /s)	q _{ESP} (l/s/km ²)
17091000	Fazenda Tucunaré	Juruena	4.360	140,7	32,3
17092800	Aldeia Sacre II	Sacre	6.770	178,1	26,3
17093000	Fontanilhas	Juruena	55.900	1.437,5	25,7
17120000	Porto dos Gaúchos	Arinos	37.100	741,1	20,0
	Estação Sauê-Uiná	Sauê-Uiná	1.700	42,0	24,7

A Tabela 6-20 apresenta as vazões médias mensais de longo termo dos postos da região.

Tabela 6-20: Postos fluviométricos – Vazões médias mensais

Posto	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd.
Fazenda Tucunaré	145	152	157	154	145	138	133	130	129	131	135	139	141
Aldeia Sacre II	190	204	209	199	182	172	164	154	153	158	169	179	178
Fontanilhas	1615	1755	1818	1721	1486	1332	1232	1168	1156	1200	1303	1452	1437
Porto dos Gaúchos	976	1138	1198	1053	769	590	483	426	413	470	587	766	741
Estação PCH Sauê-Uiná	40,4	47,1	49,0	47,4	44,1	40,9	39,4	38,2	37,5	39,5	40,1	40,0	42,0

A Figura 6-11 apresenta os hidrogramas comparativos de vazões médias mensais adimensionais (divididas pela média de longo termo) e curva de regionalização de vazões médias de longo termo e específicas em função da área de drenagem para a região.

Em termos de regime hidrológico, é possível constatar que as medições realizadas nesta etapa de Projeto Básico no rio Sauê-Uiná, apesar do curto período de 25 meses (04/2019 a 04/2021), apresentam semelhança com o comportamento do posto 17091000 - Fazenda Tucunaré no rio Juruena, o qual será utilizado com base no presente estudo.

No que toca à produção hídrica, a curva de regionalização estima uma vazão para o local da estação Sauê-Uiná, com 1.700 km², de 33 l/s/km², valor superior ao indicado nas medições ora realizadas, de 24,7 l/s/km², que será utilizado nesta oportunidade, em coerência aos Estudos de Inventário aprovados.

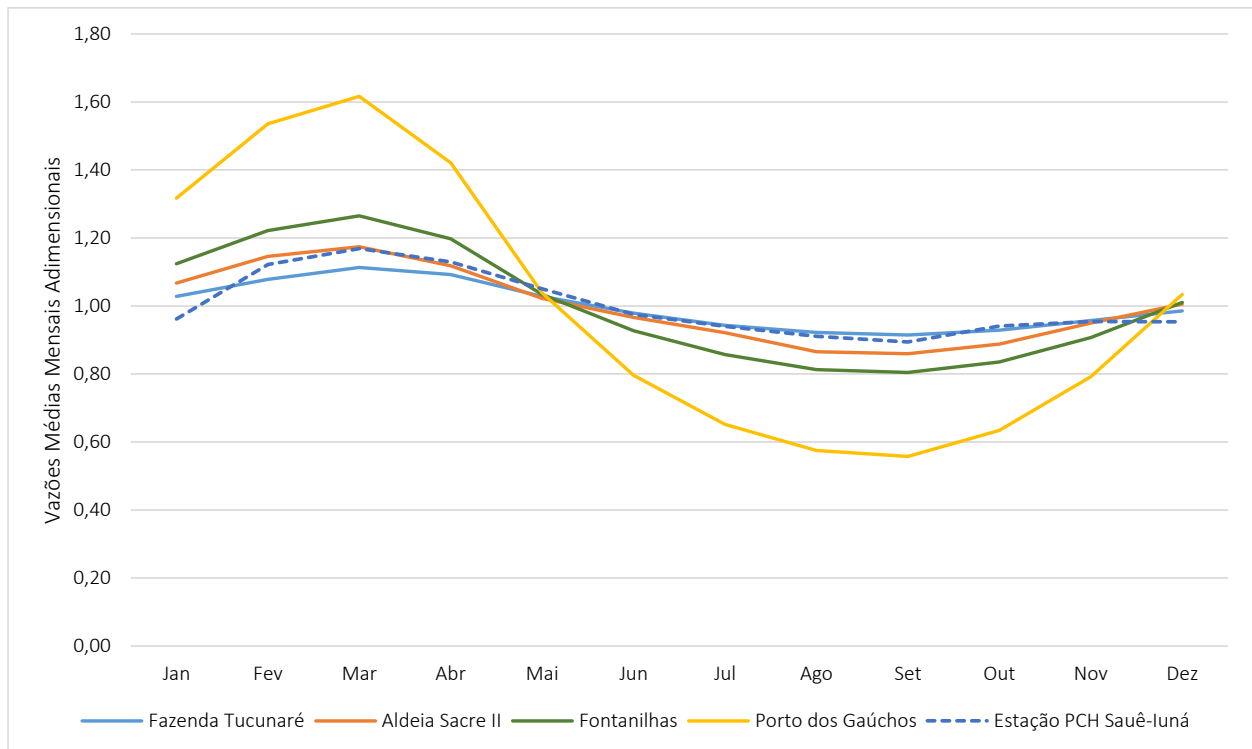


Figura 6-11: Hidrogramas médias mensais adimensionais

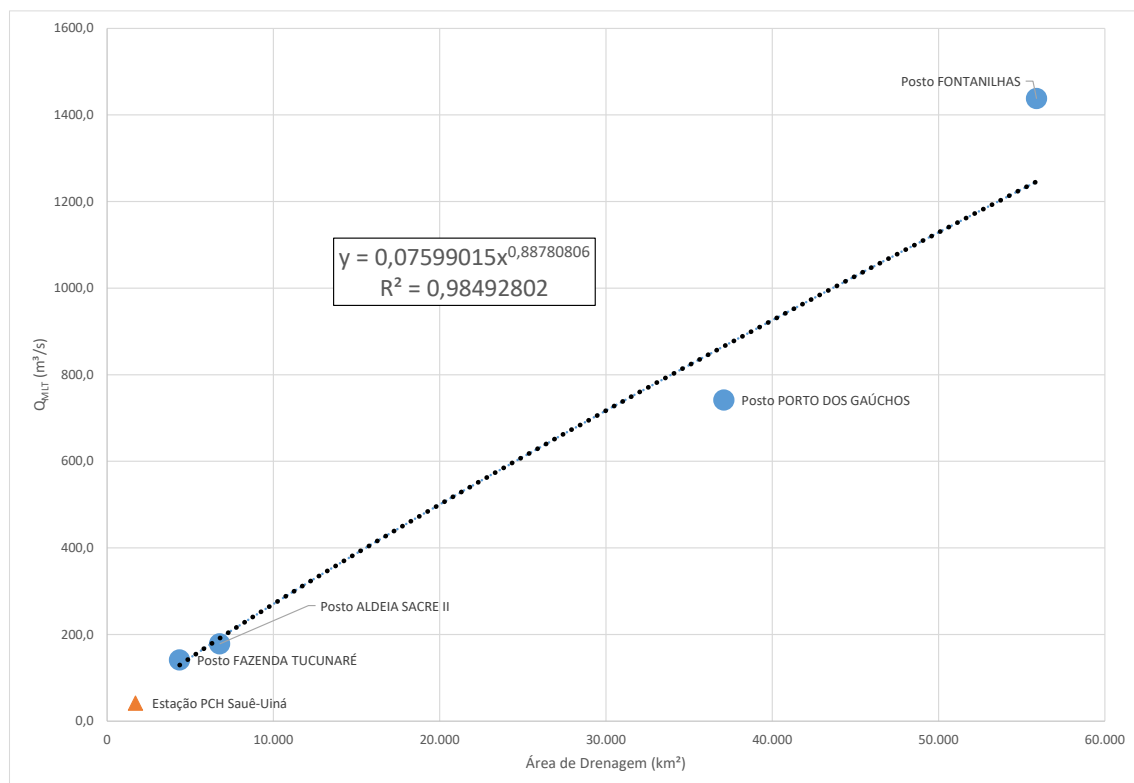


Figura 6-12: Curva de regionalização (Médias de Longo Termo)

6.3.2.5. Preenchimento das Séries dos Postos Fluviométricos

As falhas dos postos base 17091000 - Fazenda Tucunaré foram preenchidos com base nas correlações estatísticas apresentadas nas figuras seguintes.

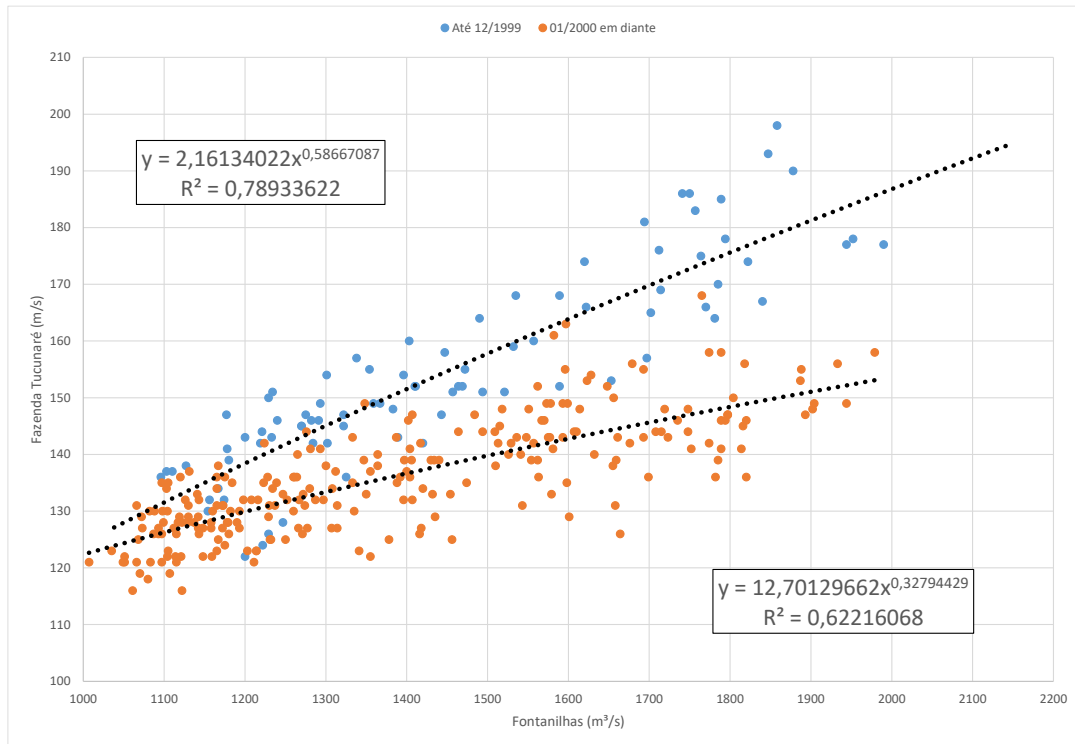


Figura 6-13: Correlação – Fontanilhas x Fazenda Tucunaré

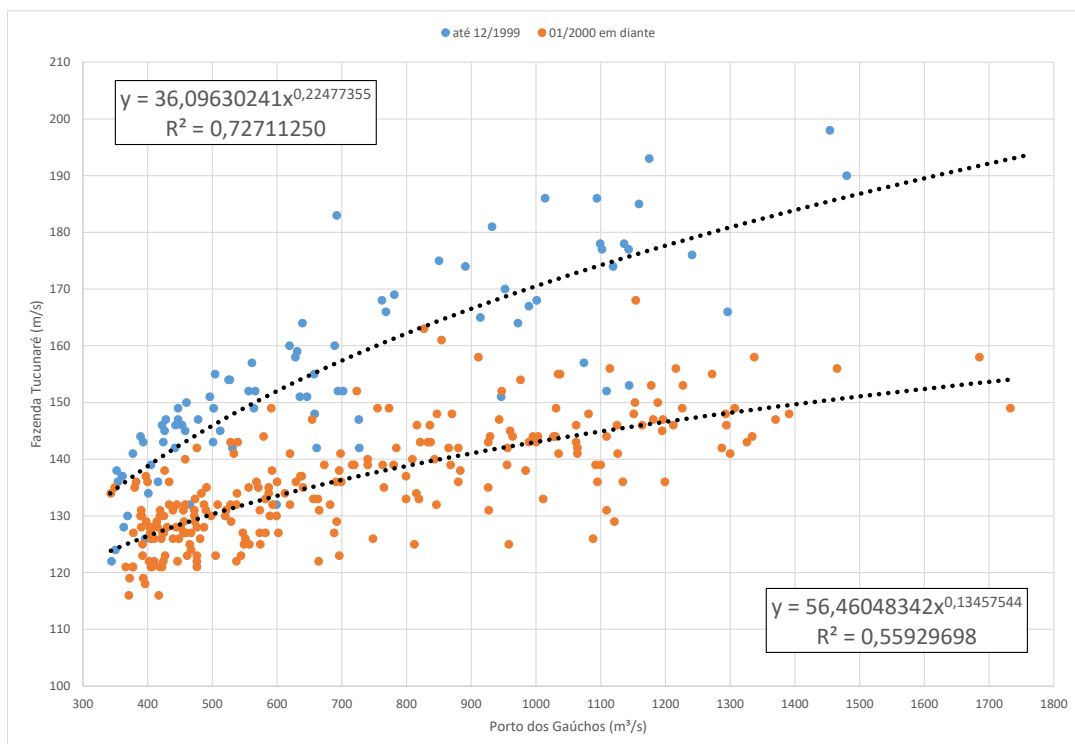


Figura 6-14: Correlação – Porto dos Gaúchos x Fazenda Tucunaré

A Tabela 6-21 apresenta a série preenchida para o posto base, sendo os dados em vermelho e azul preenchidos, respectivamente pelos postos 17093000 - Fontanilhas e 17120000 - Porto dos Gaúchos. Para o mês de maio de 2020 (destacado em verde) não se dispunha de informações nos postos selecionados. Por se tratar de uma falha pontual, esse mês foi preenchido com a média dos demais meses de maio da série.

Tabela 6-21: Série de Vazões Preenchida – Posto Fazenda Tucunaré (17091000) – m³/s

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1974	178,5	183,4	186,4	184,6	178,7	168,2	149,5	139,9	138,2	144,5	148,2	157,3	163,1
1975	167,0	176,6	170,9	173,0	161,3	145,2	143,2	139,1	136,5	137,9	147,7	160,6	154,9
1976	160,3	166,0	170,9	163,7	159,4	149,0	141,7	138,2	137,1	144,9	147,2	154,9	152,8
1977	167,2	174,4	168,2	166,2	161,0	155,7	146,1	141,4	142,4	149,0	157,8	166,2	158,0
1978	181,7	174,9	184,0	171,4	170,3	153,0	144,4	146,5	145,3	143,7	147,1	165,7	160,7
1979	178,8	186,2	194,6	188,1	169,6	159,9	151,8	146,3	148,7	144,6	154,3	154,5	164,8
1980	168,9	180,6	189,6	183,5	165,0	150,1	152,1	144,5	142,0	139,7	148,1	164,6	160,7
1981	174,3	178,7	182,4	181,9	160,7	149,2	143,2	138,8	135,8	143,6	158,5	160,8	159,0
1982	179,3	186,2	193,5	175,5	145,9	134,6	127,1	127,9	147,0	150,4	152,7	156,5	156,4
1983	169,8	173,3	179,2	172,7	161,6	154,2	144,9	140,2	137,5	143,2	148,8	170,1	158,0
1984	165,7	167,0	173,6	172,8	164,3	150,6	143,4	140,1	140,0	141,9	149,6	155,5	155,4
1985	168,2	167,0	174,3	172,7	161,0	148,8	144,0	140,4	140,1	144,5	151,0	152,9	155,4
1986	176,6	181,8	179,7	175,2	164,1	153,2	145,4	142,8	142,2	143,2	144,9	154,5	158,6
1987	158,8	168,9	169,0	161,1	152,4	143,2	137,7	132,9	131,7	133,8	148,5	158,5	149,7
1988	170,1	177,4	186,1	182,8	166,0	156,5	148,3	142,6	140,1	140,5	149,2	160,7	160,0
1989	173,5	190,1	191,4	182,0	173,8	159,1	153,5	149,0	144,2	145,8	147,4	168,6	164,9
1990	166,9	177,8	176,7	170,8	156,2	146,6	141,0	137,5	145,3	146,7	152,3	157,6	156,3
1991	172,4	179,8	182,8	185,1	169,2	153,8	148,4	143,6	145,3	142,7	148,8	153,2	160,4
1992	163,3	170,9	170,9	171,7	156,0	145,9	140,4	137,0	143,4	142,8	147,2	160,4	154,1
1993	168,0	178,0	186,0	181,0	164,0	155,0	145,0	134,0	130,0	132,0	132,0	142,0	153,9
1994	166,0	183,0	185,0	186,0	155,0	143,0	136,0	128,0	122,0	124,0	126,0	142,0	149,7
1995	176,0	190,0	198,0	193,0	174,0	160,0	154,0	150,0	147,0	151,0	157,0	175,0	168,8
1996	167,0	164,0	177,0	170,0	160,0	152,0	147,0	147,0	143,0	146,0	158,0	152,0	156,9
1997	153,0	166,0	178,0	177,0	169,0	159,0	149,0	146,0	146,0	145,0	145,0	148,0	156,8
1998	151,0	165,0	174,0	168,0	154,0	149,0	143,0	141,0	138,0	144,0	152,0	151,0	152,5
1999	152,0	151,0	157,0	152,0	149,0	142,0	139,0	136,0	137,0	137,0	142,0	147,0	145,1
2000	143,0	150,0	168,0	161,0	149,0	142,0	138,0	136,0	135,0	137,0	143,0	141,0	145,3
2001	149,0	149,0	158,0	152,0	143,0	140,0	136,0	135,0	134,0	136,0	141,0	146,0	143,3
2002	144,0	156,0	153,0	147,0	141,0	135,0	132,0	130,0	130,0	129,0	131,0	136,0	138,7
2003	144,0	149,0	149,0	158,0	142,0	144,0	134,0	130,0	130,0	133,0	136,0	136,0	140,4
2004	143,0	149,0	148,0	143,0	139,0	133,0	130,0	126,0	126,0	129,0	132,0	131,0	135,8
2005	145,0	141,0	147,0	142,0	135,0	132,0	128,0	125,0	131,0	128,0	130,0	135,0	134,9
2006	143,0	146,0	148,0	153,0	140,0	135,0	132,0	128,0	128,0	137,0	132,0	143,0	138,8
2007	152,0	156,0	155,0	148,0	139,0	134,0	131,0	128,0	127,0	132,0	136,0	137,0	139,6

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
2008	139,0	147,0	148,0	148,0	139,0	134,0	130,0	127,0	126,0	129,0	133,0	140,0	136,7
2009	139,0	143,0	155,0	144,0	138,0	131,0	127,0	126,0	121,0	122,0	125,0	125,0	133,0
2010	131,0	146,0	136,0	126,0	122,0	125,0	123,0	121,0	121,0	123,0	123,0	130,0	127,3
2011	144,0	142,0	145,0	146,0	132,0	127,0	124,0	122,0	119,0	122,0	125,0	126,0	131,2
2012	133,0	139,0	144,0	136,0	127,0	127,0	125,0	118,0	121,0	127,0	123,0	130,0	129,2
2013	140,0	147,0	141,0	136,0	129,0	127,0	123,0	121,0	119,0	121,0	123,0	125,0	129,3
2014	129,0	143,0	158,0	156,0	163,0	147,0	132,0	127,0	127,0	128,0	134,0	135,0	139,9
2015	139,0	140,0	141,0	144,0	143,0	136,0	131,0	131,0	128,0	127,0	132,0	128,0	135,0
2016	134,0	144,0	146,0	146,0	135,0	128,0	122,0	121,0	123,0	121,0	122,0	133,0	131,3
2017	131,0	141,0	142,0	139,0	133,0	127,0	126,0	122,0	116,0	116,0	126,0	132,0	129,3
2018	138,0	144,0	146,0	149,0	142,0	133,0	129,0	127,0	126,0	131,0	136,0	142,0	136,9
2019	138,0	136,0	155,0	150,0	148,0	137,0	132,0	131,0	129,0	135,0	138,0	139,0	139,0
2020	139,0	154,0	149,8	142,0	152,2	129,0	126,0	122,0					
Mínima	129,0	136,0	136,0	126,0	122,0	125,0	122,0	118,0	116,0	116,0	122,0	125,0	127,3
Média	155,6	162,1	166,2	162,3	152,2	143,4	137,7	134,1	134,0	136,2	140,9	147,4	147,9
Máxima	181,7	190,1	198,0	193,0	178,7	168,2	154,0	150,0	148,7	151,0	158,5	175,0	168,8

6.4. Cálculo das Vazões Médias Mensais na Usina

Este item apresenta a metodologia utilizada para o cálculo da série de vazões médias na PCH SU-75, bem como a série propriamente dita.

6.4.1. Metodologia de Geração da Série de Vazões

Para a geração das séries de vazões no local da PCH SU-75, o modelo de regionalização para o rio Sauê-Uiná (Figura 6-12) obtido no presente estudo não se mostrou adequado, uma vez que superestimou a produção hídrica local. Julgou-se então mais adequado calcular as vazões no sítio por meio de relação direta de área de drenagem com o posto base, com posterior aplicação de fator de correção das vazões específicas. Esta metodologia, apresentada a seguir e utilizada nos Estudos de Inventário, foi objeto de análise da equipe técnica da SCG/ANEEL, a qual se posicionou favorável à sua utilização para a estimativa das séries de vazões médias mensais na bacia do rio Sauê-Uiná, conforme Nota Técnica nº 398/2015-SCG/ANEEL.

Em relação à escolha do posto base, a análise do comportamento dos postos fluviométricos selecionados indicou que o posto 17095000 – Fazenda Tucunaré é o que apresenta variação sazonal mais parecida à observada na estação instalada no rio Sauê-Uiná. A série do posto base foi preenchida e apresentada em item anterior.

Conforme já apresentado anteriormente, na estação hidrométrica Sauê-Uiná foram realizadas medições de vazões que subsidiaram a elaboração da curva-chave da seção medidora. Com esta curva e as leituras horárias de cota realizadas no período de 30/03/2019 a 16/04/2021, foi possível calcular as vazões médias da estação Sauê-Uiná, apresentadas na Tabela 6-18.

Ao comparar as vazões médias mensais do período em que se dispõe de dados tanto no posto base quanto no posto instalado pelo empreendedor, notou-se que a vazão específica média observada no rio Sauê-Uiná é inferior à produção observada no posto base Fazenda Tucunaré, conforme apresentado na Tabela 6-22.

Tabela 6-22: Vazões médias mensais na estação hidrométrica Sauê-Uiná e no posto base Fazenda Tucunaré

Estação	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Qesp (l/s.km²)
Fazenda Tucunaré	2019				150	148	137	132	131	129	135	138	139	31,55
	2020	139	154	150	142	*	129	126	122					
Sauê-Uiná	2019				53,2	46,2	42,7	41,0	39,7	38,9	41,6	42,6	41,6	25,19
	2020	41,8	48,0	50,1	44,1	*	39,2	37,9	36,7					

* Mês de maio/2020 não considerado nas avaliações pois a série do posto base foi preenchida com a média histórica do mês de maio.

Portanto, a simples aplicação de relação direta por área de drenagem para o cálculo das vazões na PCH SU-75 resultaria em uma superestimativa do potencial hídrico, assim como foi observado no cálculo pela curva de regionalização da Figura 6-12.

Diante disso, além da relação direta pela área de drenagem, foi aplicado um fator de correção, representado pela relação entre as vazões específicas médias observadas nos postos apresentadas na Tabela 6-22.

$$\text{Fator de Correção (FC)} = \left(\frac{Q_{ESP. SAUE-UINA}}{Q_{ESP. POSTO BASE}} \right)$$

A equação de transferência para obtenção das séries é apresentada a seguir.

$$Q_{PCH} = \left(\frac{A_{PCH}}{A_{POSTO BASE}} \right) \times FC \times Q_{POSTO BASE}$$

$$Q_{PCH} = 0,316848 \times Q_{POSTO BASE}$$

Onde:

Q_{PCH} – vazão média mensal no eixo;

A_{PCH} – área de drenagem no eixo, igual à 1.730 km²;

$A_{POSTO BASE}$ – área de drenagem no posto base, igual a 4.360 km²;

$q_{ESP. ESTAÇÃO SAUÊ}$ – vazão específica observada na estação Sauê-Uiná – 25,19 l/s/km²;

$q_{ESPECÍFICA - POSTO BASE}$ – vazão específica observada no posto base (Fazenda Tucunaré – 31,55 l/s/km²);

$Q_{POSTO BASE}$ – série de vazões no posto base.

A título de validação, as vazões médias mensais da estação hidrométrica Sauê-Uiná foram levadas para o local do eixo da PCH por relação de área de drenagem. Posteriormente, essas vazões foram comparadas às vazões estimadas a partir da metodologia proposta para o cálculo da série histórica da usina. A Figura 6-15 ilustra essa comparação.

Verifica-se, também, grande aderência das medições mensais para o período concomitante com série (04/2019 a 08/2020), cujo coeficiente de correlação resultou em 0,848.

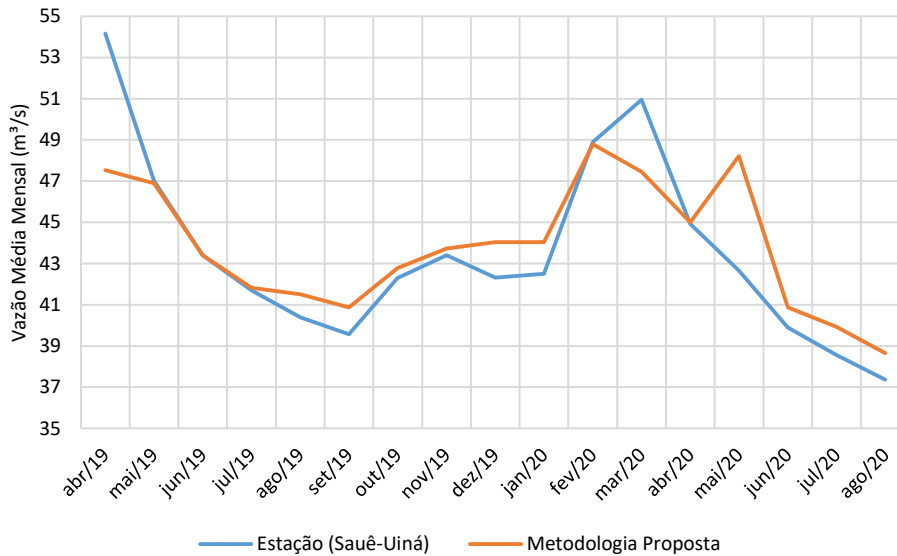


Figura 6-15: Comparação dos valores da série de vazões médias mensais com as medições mensais realizadas – PCH SU-75 (m³/s)

Para o período de 04/2019 a 12/2020, no qual se dispõe de dados da estação instalada no próprio rio Sauê-Uiná, foram adotadas as vazões médias mensais da estação hidrométrica Sauê-Uiná levadas para o local do eixo da PCH SU-75 por relação de área de drenagem.

6.4.2. Série de Vazões Médias Mensais na PCH SU-75

A Tabela 6-23 apresenta a série de vazões médias mensais da SU-75, calculada a partir da metodologia apresentada anteriormente.

Tabela 6-23: Série de vazões médias mensais – PCH SU-75 – A.D. = 1.730 km²

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1974	56,6	58,1	59,1	58,5	56,6	53,3	47,4	44,3	43,8	45,8	46,9	49,8	51,7
1975	52,9	56,0	54,2	54,8	51,1	46,0	45,4	44,1	43,2	43,7	46,8	50,9	49,1
1976	50,8	52,6	54,1	51,9	50,5	47,2	44,9	43,8	43,4	45,9	46,6	49,1	48,4
1977	53,0	55,3	53,3	52,6	51,0	49,3	46,3	44,8	45,1	47,2	50,0	52,6	50,0
1978	57,6	55,4	58,3	54,3	53,9	48,5	45,8	46,4	46,0	45,5	46,6	52,5	50,9
1979	56,7	59,0	61,6	59,6	53,7	50,7	48,1	46,4	47,1	45,8	48,9	49,0	52,2
1980	53,5	57,2	60,1	58,1	52,3	47,5	48,2	45,8	45,0	44,3	46,9	52,2	50,9
1981	55,2	56,6	57,8	57,6	50,9	47,3	45,4	44,0	43,0	45,5	50,2	51,0	50,4
1982	56,8	59,0	61,3	55,6	46,2	42,6	40,3	40,5	46,6	47,6	48,4	49,6	49,6

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1983	53,8	54,9	56,8	54,7	51,2	48,8	45,9	44,4	43,6	45,4	47,2	53,9	50,0
1984	52,5	52,9	55,0	54,7	52,1	47,7	45,4	44,4	44,3	45,0	47,4	49,3	49,2
1985	53,3	52,9	55,2	54,7	51,0	47,2	45,6	44,5	44,4	45,8	47,8	48,4	49,2
1986	55,9	57,6	56,9	55,5	52,0	48,5	46,1	45,2	45,0	45,4	45,9	48,9	50,3
1987	50,3	53,5	53,5	51,1	48,3	45,4	43,6	42,1	41,7	42,4	47,1	50,2	47,4
1988	53,9	56,2	59,0	57,9	52,6	49,6	47,0	45,2	44,4	44,5	47,3	50,9	50,7
1989	55,0	60,2	60,6	57,7	55,1	50,4	48,6	47,2	45,7	46,2	46,7	53,4	52,2
1990	52,9	56,3	56,0	54,1	49,5	46,4	44,7	43,6	46,0	46,5	48,2	49,9	49,5
1991	54,6	57,0	57,9	58,7	53,6	48,7	47,0	45,5	46,0	45,2	47,1	48,5	50,8
1992	51,7	54,2	54,1	54,4	49,4	46,2	44,5	43,4	45,4	45,2	46,6	50,8	48,8
1993	53,2	56,4	58,9	57,3	52,0	49,1	45,9	42,5	41,2	41,8	41,8	45,0	48,8
1994	52,6	58,0	58,6	58,9	49,1	45,3	43,1	40,6	38,7	39,3	39,9	45,0	47,4
1995	55,8	60,2	62,7	61,2	55,1	50,7	48,8	47,5	46,6	47,8	49,7	55,4	53,5
1996	52,9	52,0	56,1	53,9	50,7	48,2	46,6	46,6	45,3	46,3	50,1	48,2	49,7
1997	48,5	52,6	56,4	56,1	53,5	50,4	47,2	46,3	46,3	45,9	45,9	46,9	49,7
1998	47,8	52,3	55,1	53,2	48,8	47,2	45,3	44,7	43,7	45,6	48,2	47,8	48,3
1999	48,2	47,8	49,7	48,2	47,2	45,0	44,0	43,1	43,4	43,4	45,0	46,6	46,0
2000	45,3	47,5	53,2	51,0	47,2	45,0	43,7	43,1	42,8	43,4	45,3	44,7	46,0
2001	47,2	47,2	50,1	48,2	45,3	44,4	43,1	42,8	42,5	43,1	44,7	46,3	45,4
2002	45,6	49,4	48,5	46,6	44,7	42,8	41,8	41,2	41,2	40,9	41,5	43,1	43,9
2003	45,6	47,2	47,2	50,1	45,0	45,6	42,5	41,2	41,2	42,1	43,1	43,1	44,5
2004	45,3	47,2	46,9	45,3	44,0	42,1	41,2	39,9	39,9	40,9	41,8	41,5	43,0
2005	45,9	44,7	46,6	45,0	42,8	41,8	40,6	39,6	41,5	40,6	41,2	42,8	42,7
2006	45,3	46,3	46,9	48,5	44,4	42,8	41,8	40,6	40,6	43,4	41,8	45,3	44,0
2007	48,2	49,4	49,1	46,9	44,0	42,5	41,5	40,6	40,2	41,8	43,1	43,4	44,2
2008	44,0	46,6	46,9	46,9	44,0	42,5	41,2	40,2	39,9	40,9	42,1	44,4	43,3
2009	44,0	45,3	49,1	45,6	43,7	41,5	40,2	39,9	38,3	38,7	39,6	39,6	42,1
2010	41,5	46,3	43,1	39,9	38,7	39,6	39,0	38,3	38,3	39,0	39,0	41,2	40,3
2011	45,6	45,0	45,9	46,3	41,8	40,2	39,3	38,7	37,7	38,7	39,6	39,9	41,6
2012	42,1	44,0	45,6	43,1	40,2	40,2	39,6	37,4	38,3	40,2	39,0	41,2	40,9
2013	44,4	46,6	44,7	43,1	40,9	40,2	39,0	38,3	37,7	38,3	39,0	39,6	41,0
2014	40,9	45,3	50,1	49,4	51,6	46,6	41,8	40,2	40,2	40,6	42,5	42,8	44,3
2015	44,0	44,4	44,7	45,6	45,3	43,1	41,5	41,5	40,6	40,2	41,8	40,6	42,8
2016	42,5	45,6	46,3	46,3	42,8	40,6	38,7	38,3	39,0	38,3	38,7	42,1	41,6
2017	41,5	44,7	45,0	44,0	42,1	40,2	39,9	38,7	36,8	36,8	39,9	41,8	41,0
2018	43,7	45,6	46,3	47,2	45,0	42,1	40,9	40,2	39,9	41,5	43,1	45,0	43,4
2019	43,7	43,1	49,1	54,2	47,0	43,4	41,7	40,4	39,6	42,3	43,4	42,3	44,2
2020	42,5	48,9	51,0	44,9	42,7	39,9	38,6	37,4	36,8	38,1	38,1	39,1	41,5
Mínima	40,9	43,1	43,1	39,9	38,7	39,6	38,6	37,4	36,8	36,8	38,1	39,1	40,3
Média	49,3	51,4	52,7	51,6	48,1	45,4	43,6	42,5	42,3	43,0	44,5	46,5	46,7
Máxima	57,6	60,2	62,7	61,2	56,6	53,3	48,8	47,5	47,1	47,8	50,2	55,4	53,5

6.5. Permanências das Vazões Médias Mensais

A curva de permanência ou de duração representa a porcentagem de tempo em que as vazões médias mensais no local da seção fluvial permaneceram com valores maiores ou iguais aos indicados no gráfico respectivo. Ela representa o complemento da função distribuição acumulativa de probabilidade de vazões ou a probabilidade de excedência das vazões.

Para a determinação da curva de permanência, a série é disposta em ordem decrescente e a probabilidade de ocorrência de cada vazão $P(X \geq x)$ calculada por:

$$P(X \geq x) = \frac{i}{n}$$

onde i é a ordem da vazão, e n o número total de vazões.

Na Tabela 6-24 e na Figura 6-16 apresenta-se a curva de permanências de vazões médias mensais para o local da PCH SU-75, em formato de tabela e gráfico, respectivamente.

Tabela 6-24: Permanência de vazões médias mensais – PCH SU-75 (m^3/s)

Permanência	Vazão (m^3/s)	Permanência	Vazão (m^3/s)
0%	62,7	50%	45,8
1%	60,2	55%	45,3
5%	57,5	60%	45,0
10%	55,1	65%	44,1
15%	53,5	70%	43,4
20%	52,0	75%	42,7
25%	50,1	80%	41,8
30%	48,8	85%	40,9
35%	47,6	90%	40,2
40%	47,0	95%	39,0
45%	46,3	100%	36,8

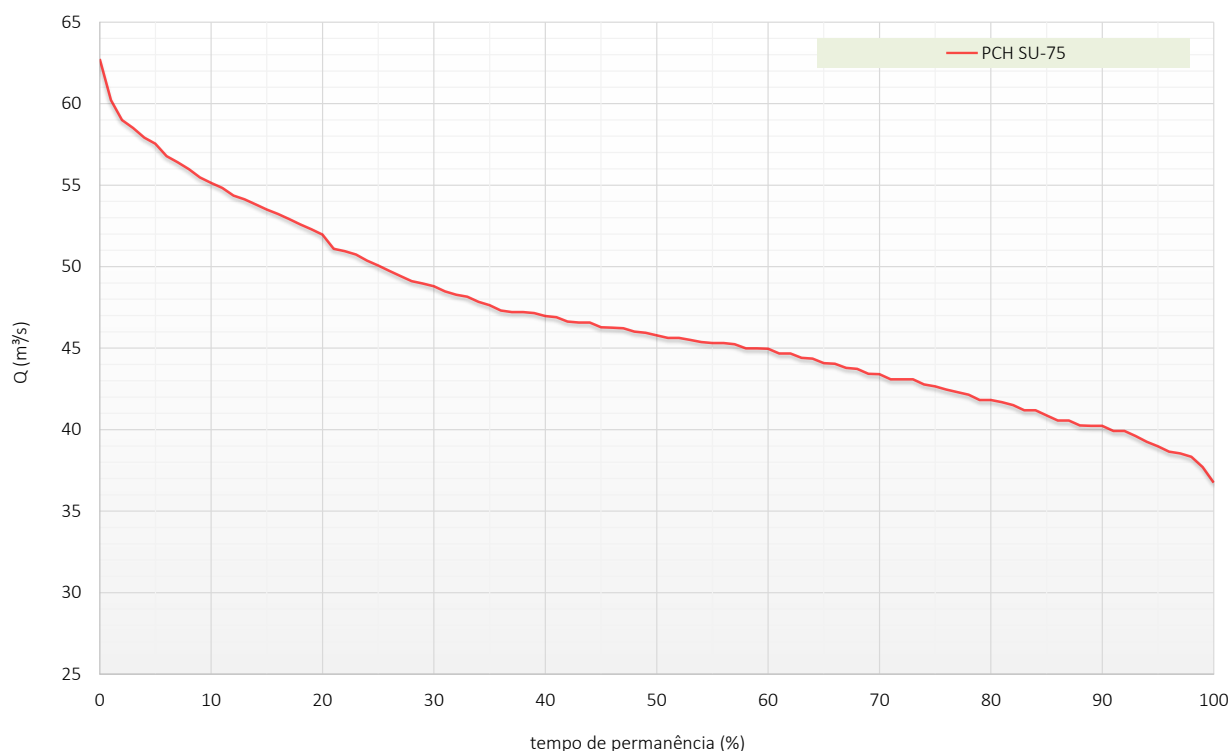


Figura 6-16: Curva de permanência – Vazões médias mensais – PCH SU-75 (m³/s)

6.6. Validação da Série de Vazões da Usina

A partir das medições e observações realizadas na estação hidrométrica, para o período de 30/03/2019 a 31/08/2020, pode-se constatar a aderência do modelo proposto às medições realizadas, utilizando-se como base o posto Base Fazenda Tucunaré (17091000), no rio Juruena.

A Figura 6-17 apresenta a plotagem das medições realizadas comparativamente com as envoltórias (mínimas, médias e máximas) da série obtida, bem como os valores mensais das medições e da série obtida.

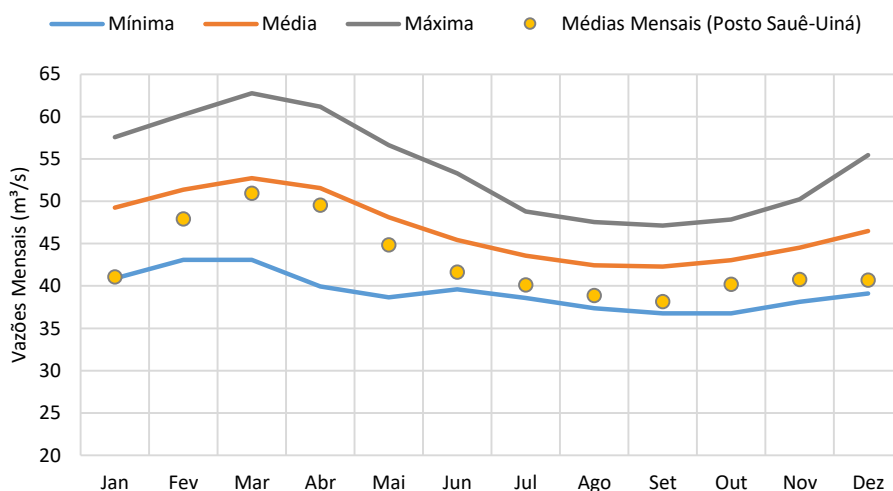


Figura 6-17: Envoltória da série de vazões médias mensais com as medições mensais realizadas – PCH SU-75 (m³/s)

Observa-se que a estimativa desta série representa adequadamente o comportamento hidrológico do rio, tendo as medições situadas dentro da envoltória da série, que acompanha o regime anual de vazões.

6.7. Vazões Extremas

As séries dos postos da região apresentam alto grau de regularização natural. Disso resulta uma oscilação moderada ao longo do ano. Nesses casos, apesar de haver períodos seco e chuvoso bem definidos, não se verifica diferença significativa na aplicação das distribuições para cheias anuais e cheias na estiagem. Em alguns casos, verifica-se que os valores das cheias na estiagem superam os valores das cheias anuais para períodos de recorrência mais baixos.

Assim, nos estudos de vazões máximas considerou-se apenas as cheias anuais para definição das vazões de dimensionamento dos órgãos extravasores, bem como para o dimensionamento das estruturas de desvio do rio no local da usina. O ano hidrológico na região inicia-se em outubro e vai até setembro.

Para realização dos estudos de cheias foi utilizada metodologia de regionalização das vazões máximas diárias anuais em função das áreas de drenagens dos seguintes postos fluviométricos selecionados para os estudos. Vale ressaltar que os postos utilizados apresentam séries com mais de 35 anos completos de medição, o que agrega confiabilidade ao estudo.

6.7.1. Dados Básicos

As séries observadas de vazões máximas diárias para cheias anuais são apresentadas na Tabela 6-25.

Tabela 6-25: Vazões máximas observadas anuais – Ano hidrológico (m^3/s)

Ano	Fazenda Tucunaré (17091000)	Porto dos Gaúchos (17092000)	Fazenda Tombador (17095000)	Fontanilhas (17093000)
1973 - 1974	-	-	1661	-
1975 - 1976	-	-	1239	-
1976 - 1977	-	-	1205	-
1977 - 1978	-	-	1315	-
1978 - 1979	-	-	-	-
1979 - 1980	-	-	-	2349
1980 - 1981	-	-	2195	2149
1981 - 1982	-	-	1768	2096
1982 - 1983	-	-	-	2190
1983 - 1984	-	-	-	2022
1984 - 1985	-	-	1054	1885
1985 - 1986	-	-	1338	1910
1986 - 1987	-	-	1303	1996
1987 - 1988	-	-	1114	1919
1988 - 1989	-	-	1400	2136
1989 - 1990	-	-	1373	2321
1990 - 1991	-	-	1569	-
1991 - 1992	-	-	1632	-
1992 - 1993	-	-	1524	1802

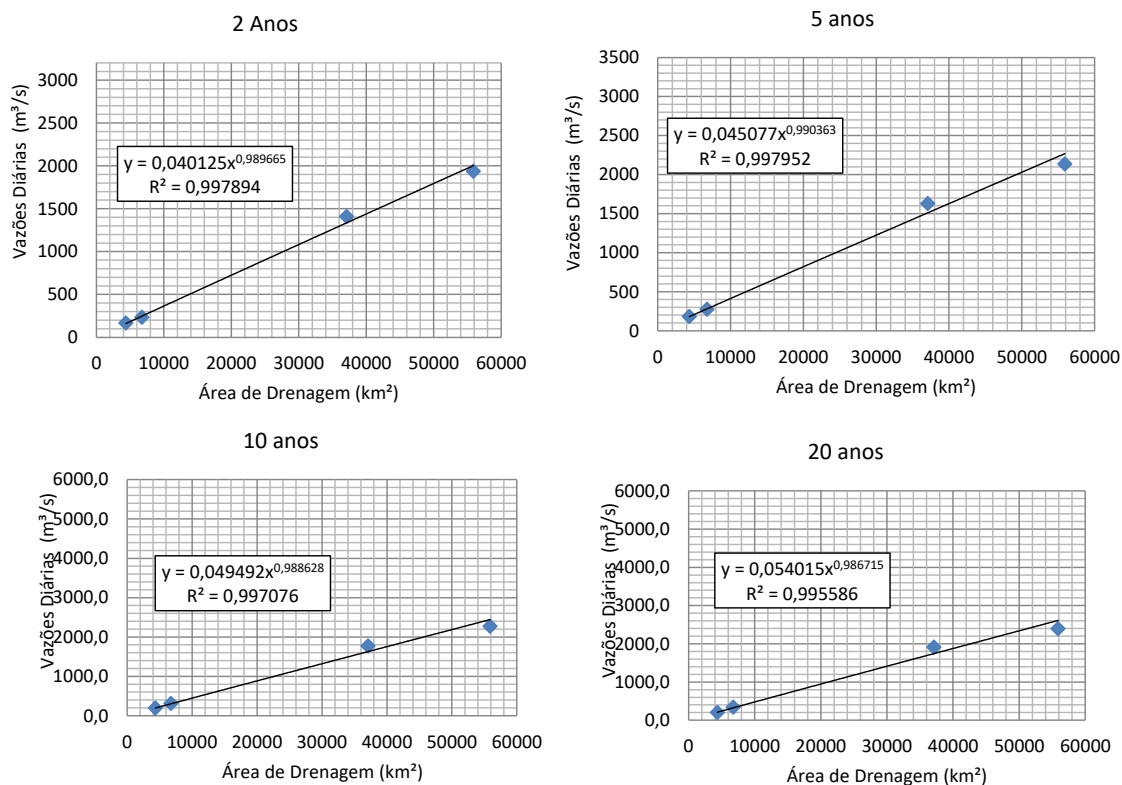
Ano	Fazenda Tucunaré (17091000)	Porto dos Gaúchos (17092000)	Fazenda Tombador (17095000)	Fontanilhas (17093000)
1993 - 1994	-	-	1165	2022
1994 - 1995	197	-	1369	1889
1995 - 1996	219	-	1586	2092
1996 - 1997	194	-	1273	2107
1997 - 1998	187	-	1500	2141
1998 - 1999	184	-	1373	1971
1999 - 2000	173	-	1295	1802
2000 - 2001	176	-	1392	1867
2001 - 2002	165	-	1061	1962
2002 - 2003	165	-	1326	1838
2003 - 2004	172	-	1569	1962
2004 - 2005	165	-	2092	2094
2005 - 2006	154	272	1284	1954
2006 - 2007	165	395	1420	2111
2007 - 2008	173	260	1623	2034
2008 - 2009	162	238	1537	1883
2009 - 2010	161	221	1295	1754
2010 - 2011	175	242	1607	1933
2011 - 2012	171	248	1432	2055
2012 - 2013	148	234	1250	1954
2013 - 2014	160	236	1380	2042
2014 - 2015	173	262	2018	2128
2015 - 2016	148	203	-	1738
2016 - 2017	153	192	1330	-
2017 - 2018	149	247	1545	-
2018 - 2019	164	234	1573	947
Nº de Anos	26	15	41	36
Mínima	148	192	1054	947
Media	170	247	1449	1974
Máxima	219	395	2195	2349
Desvio Pad.	16,3	46,1	248,8	226,6
Assimetria	1,14	2,50	1,18	-2,57

Para obtenção das cheias máximas anuais, foram aplicadas às vazões máximas diárias distribuições de probabilidades. Para seleção da distribuição de probabilidades a ser empregada seguiu-se a recomendação da ELETROBRÁS, constante no “Guia Para Cálculo de Cheia de Projeto de Vertedores” (1987), que preconiza a utilização da distribuição de Gumbel para séries com assimetria inferior a 1,5, e distribuição exponencial para assimetrias superiores a 1,5. A Tabela 6-26 apresenta os valores obtidos para cada um dos postos.

Tabela 6-26: Vazões máximas diárias anuais – Postos fluviométricos (m³/s)

Recorrência (anos)	Fazenda Tucunaré (4.360 km²)	Aldeia Sacre II (6.770 km²)	Porto dos Gaúchos (37.100 km²)	Fontanilhas (55.900 km²)
2	167	233	1.408	1.937
5	182	275	1.628	2.137
10	191	307	1.774	2.269
20	201	339	1.914	2.397
25	203	349	1.958	2.437
50	212	381	2.094	2.561
100	221	413	2.230	2.685
200	230	445	2.365	2.808
500	242	487	2.543	2.970
1.000	250	519	2.678	3.093
5.000	271	593	2.990	3.377
10.000	280	625	3.125	3.500

Foram regionalizadas as vazões máximas diárias em função das áreas de drenagens, para os postos fluviométricos. Na Figura 6-18 são apresentadas as curvas de regionalização obtidas para diversos tempos de recorrência.



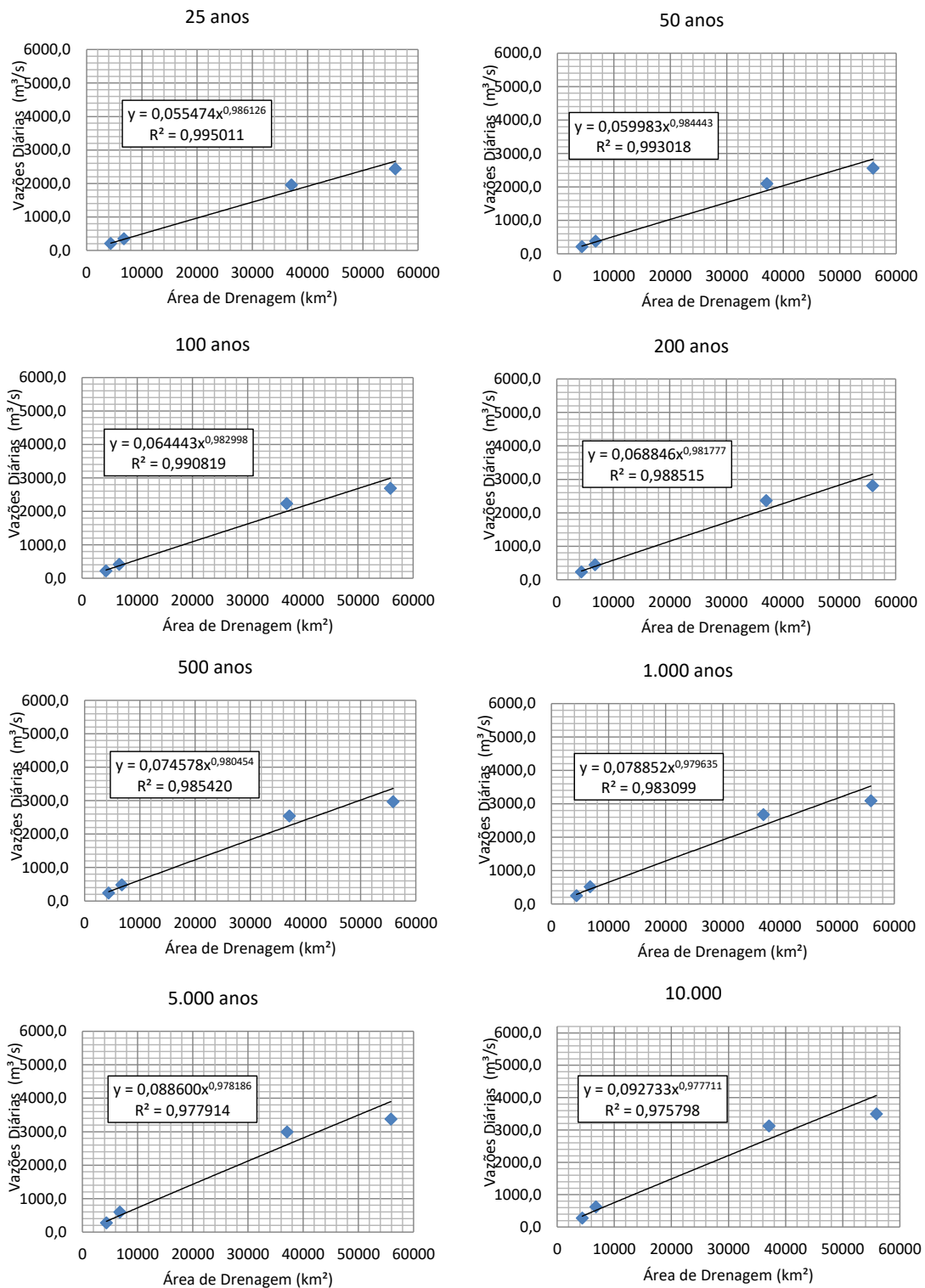


Figura 6-18: Regionalização de vazões máximas diárias – Ano hidrológico normal

Aos valores calculados aplicou-se o coeficiente de Füller, para considerar a ocorrência de cheia em horário do dia em que não há medição de nível d'água no rio, transformando as vazões máximas diárias em vazões instantâneas. O coeficiente é definido pela equação que se segue.

$$Füller = 1 + 2,66 \times A_{arenagem}^{-0,3}$$

A Tabela 6-27 mostra as vazões máximas instantâneas para o local da PCH SU-75.

Tabela 6-27: Vazões máximas diárias e instantâneas anuais – PCH SU-75

Recorrência (anos)	SU-93 (1.525 km²)	
	Diária	Instantânea
2	66	85
5	73	93
10	79	101
20	85	109
25	83	107
50	92	119
100	98	126
200	104	134
500	112	143
1.000	117	150
5.000	130	167
10.000	136	174

6.8. Estudo de Vazões Mínimas

O conhecimento das vazões mínimas tem importância para fixação da descarga remanescente em trechos ensecados, quando a adução ocorre através de canal lateral, e no momento de enchimento do reservatório.

A Secretaria de Estado do Meio Ambiente de Mato Grosso (SEMA/MT) definiu como vazão mínima em trechos de vazão reduzida o equivalente a 10% da vazão média de longo termo de cada mês, o que resulta em um vetor de vazões mínimas a serem mantidas para jusante em cada mês.

Essa vazão também pode ser utilizada como descarga mínima para enchimento dos reservatórios.

Ante ao exposto, julgou-se desnecessário realizar estudos de vazões mínimas a partir de outra metodologia, como a $Q_{7,10}$, por exemplo, por não ser aplicada no Estado do Mato Grosso.

Os valores das vazões mínimas são apresentados na Tabela 6-28.

Tabela 6-28: Vazões mínimas para jusante (m^3/s), segundo critério definido pela SEMA/MT (10% da Q_{mlt} mensal)

Vazão	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Q_{RES} (m^3/s)	4,93	5,14	5,27	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65

6.9. Curva-chave no Barramento e Canal de Fuga da Usina

Para a elaboração das curvas-chave para o barramento e o canal de fuga da PCH SU-75, foi realizado um estudo de modelagem hidráulica do rio Sauê-Uiná, com base nos levantamentos de campo e características

inferidas de seções do rio e ferramentas computacionais como o software HEC-RAS 5.0.6, cuja fundamentação é brevemente descrita a seguir.

6.9.1. Fundamentação Teórica

O HEC-RAS é um modelo unidimensional (1D) e bidimensional (2D), de fundo fixo, capaz de efetuar os cálculos dos perfis de superfície da água em escoamento permanente e não permanente, em canais com superfície livre.

Esses perfis podem ser calculados em regimes subcríticos, supercrítico e misto, onde poderão ocorrer mudanças do regime supercrítico para subcrítico ou de subcrítico para supercrítico, tanto em regime permanente quanto transitórios.

Este modelo baseia-se no método iterativo denominado “Standard Step Method” que determina as mudanças no nível da linha d’água, de uma seção transversal para a outra, a partir da equação de conservação de energia.

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

Onde:

Y_1 e Y_2 são profundidades das seções transversais, em metro;

Z_1 e Z_2 são cotas do fundo do canal, em metro;

V_1 e V_2 são velocidades médias, em metro por segundo;

α_1 e α_2 são coeficientes adimensionais de velocidade;

g é a aceleração da gravidade, em metro por segundo ao quadrado e

h_e é a perda de energia entre as seções, em metro.

Essa metodologia pressupõe ainda as seguintes premissas simplificadoras: o regime de escoamento é permanente; o fluxo é unidimensional e o escoamento é gradualmente variado, com declividade constante da linha de energia, entre duas seções, exceto em estruturas como pontes, bueiros e vertedouros, onde o regime pode ser bruscamente variado e são utilizadas as equações do momento hidráulico e outras equações para o cálculo da linha d’água.

Ressalta-se que estas premissas simplificadoras são perfeitamente adequadas e compatíveis com a natureza de escoamento em canais naturais ou artificiais.

6.9.2. Resultados Obtidos

Para a região da PCH SU-75, os resultados da simulação hidráulica são apresentados na Tabela 6-29. As relações vazão x cota resultantes do modelo podem ser representadas em forma de gráficos e equações pelas curvas-chave apresentadas na Figura 6-19 e na Figura 6-22 para as seções do barramento e do canal de fuga, respectivamente.

Tabela 6-29: Resultados – Saídas HEC-RAS

Q (m³/s)	NA Barramento (m)	NA Canal de Fuga (m)
0,0	270,40	264,10
1,0	270,66	264,84

Q (m³/s)	NA Barramento (m)	NA Canal de Fuga (m)
2,0	270,76	265,11
3,0	270,84	265,31
4,0	270,91	265,48
5,0	270,97	265,63
7,5	271,10	265,93
10,0	271,20	266,18
12,5	271,30	266,40
15,0	271,38	266,60
20,0	271,53	266,94
25,0	271,66	267,24
30,0	271,78	267,50
35,0	271,89	267,75
40,0	272,00	267,97
45,0	272,09	268,18
50,0	272,18	268,38
60,0	272,35	268,74
70,0	272,50	269,07
80,0	272,64	269,38
90,0	272,79	269,67
100	272,93	269,94
110	273,07	270,19
120	273,21	270,43
130	273,35	270,66
140	273,48	270,88
150	273,61	271,10
160	273,74	271,30
170	273,86	271,50

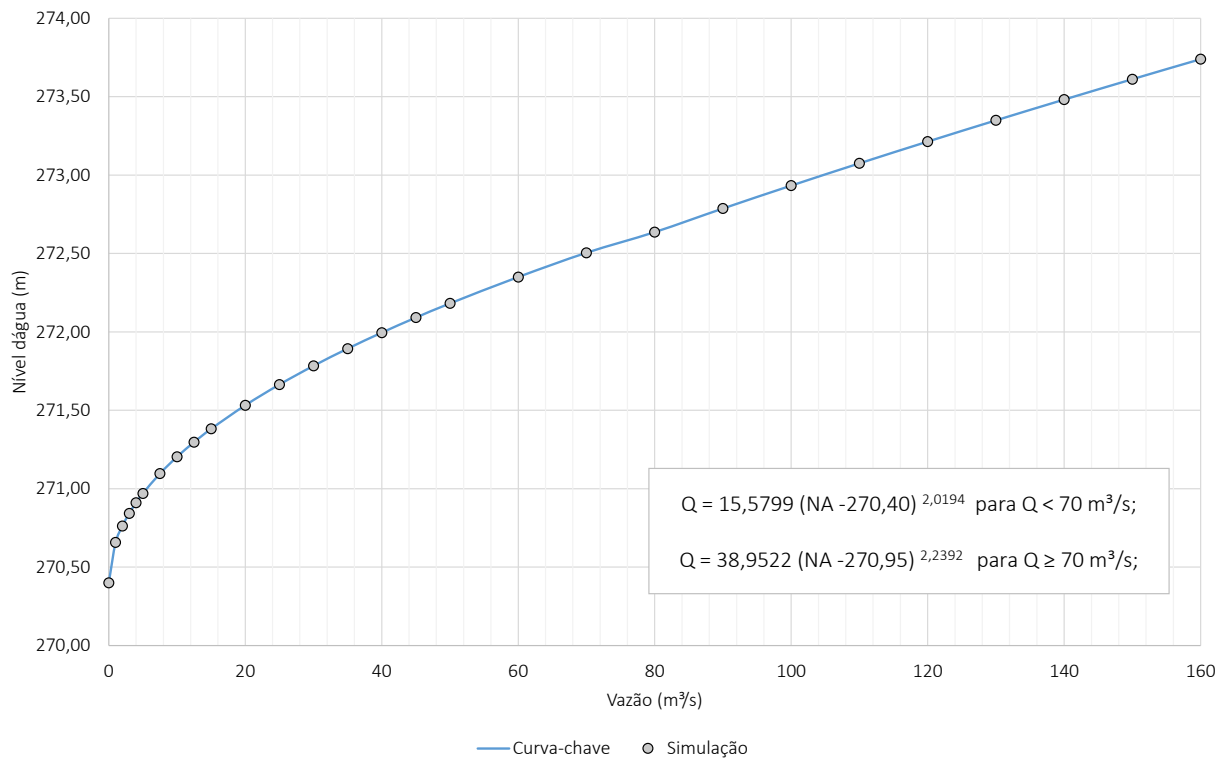


Figura 6-19: Curva-chave no barramento da PCH SU-75

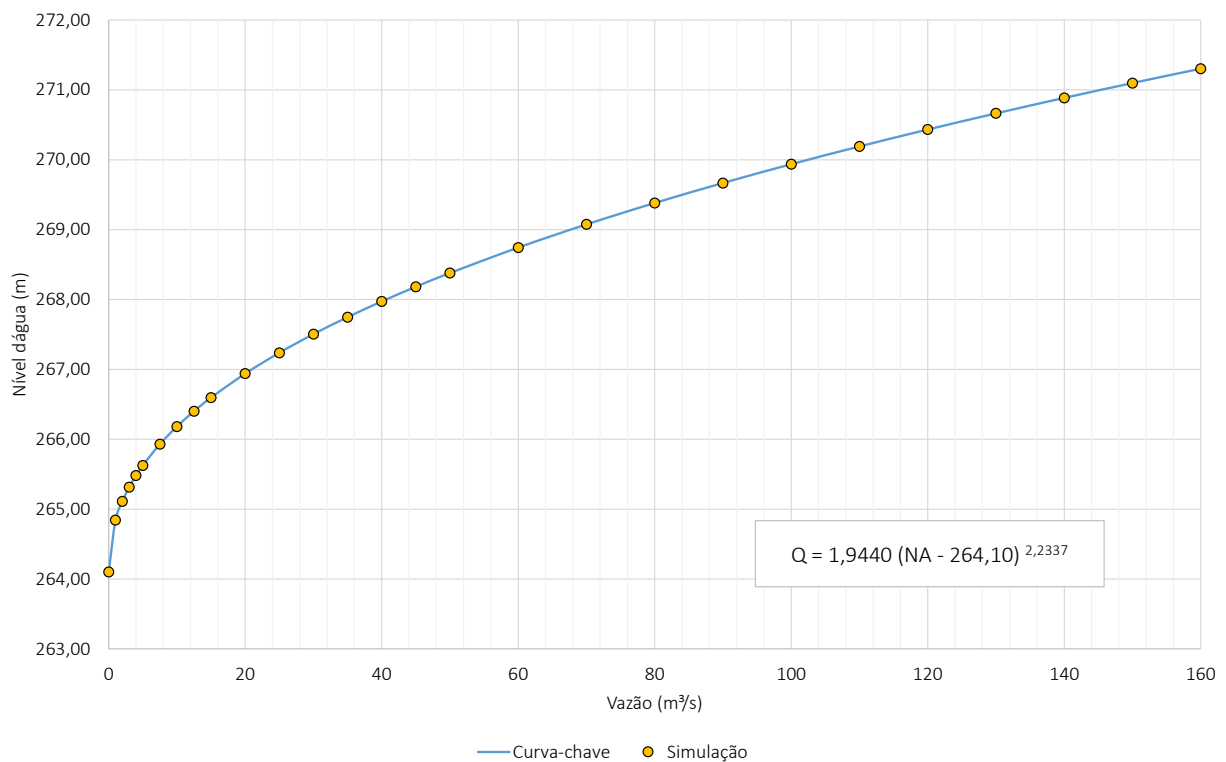


Figura 6-20: Curva-chave no canal de fuga da PCH SU-75

As curvas-chave proposta apresentam-se coerentes aos níveis d'água observados nas seções topobatimétricas (STB-17 e STB-03) que foram levantadas na região próximas aos locais previstos para o barramento e canal de fuga da usina.

Como as variações de níveis são muito pequenas ao longo do ano, em função da elevada regularização natural, as curvas-chave foram validadas.

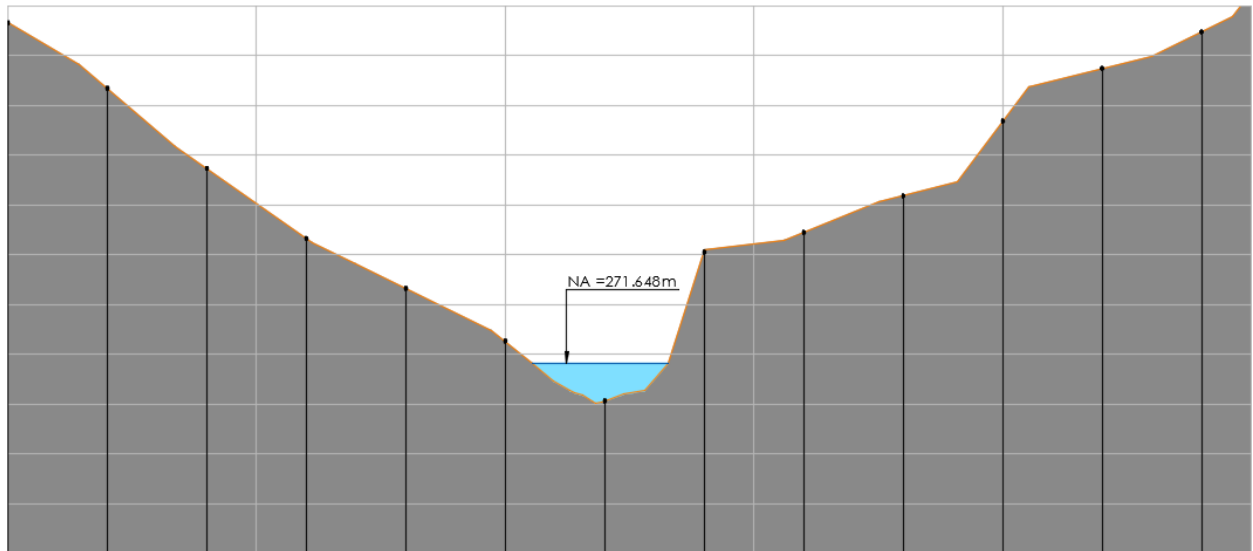


Figura 6-21: Seção topobatimétrica (STB 17) próxima ao barramento da PCH SU-75

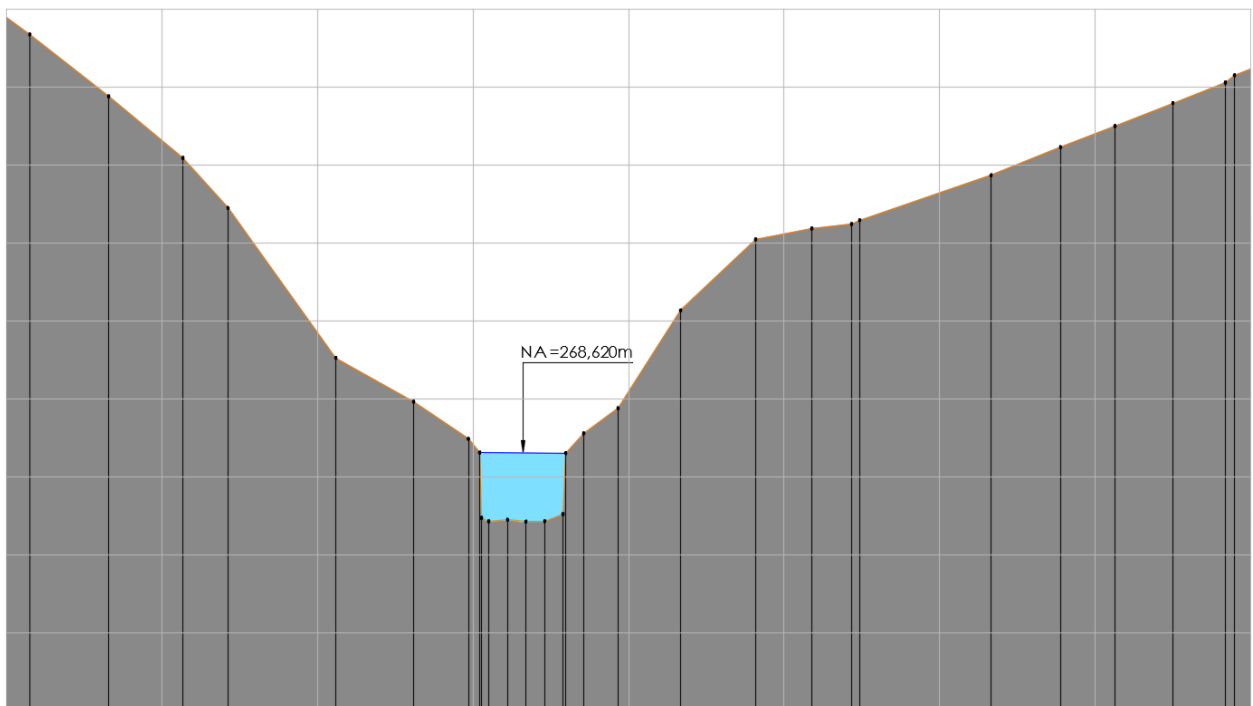


Figura 6-22: Seção topobatimétrica (STB 03) próxima ao canal de fuga da PCH SU-75

6.10. Curvas Cota x Área x Volume

Para a caracterização do reservatório da PCH SU-75 foram determinadas as curvas cota x área, a partir das áreas sob as curvas de nível de 1 em 1 m, estabelecidas a partir do levantamento cartográfico realizado por meio de perfilamento a laser, referenciadas no item respectivo. As áreas em cada cota foram calculadas por medição automática, usando o software AutoCad.

A variação do volume ΔV entre duas cotas consecutivas, cuja diferença é ΔH , foi calculada por:

$$\Delta V = \frac{1}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2}) \Delta H$$

sendo A_i a área correspondente à cota i e ΔH a variação de cota.

Os valores calculados são apresentados na Tabela 6-30.

Tabela 6-30: Pontos da curva cota x área e curva cota x volume

Cota (m)	Área (km ²)	Volume Acumulado (hm ³)
273,00	0,00	0,00
274,00	0,01	0,01
275,00	0,05	0,04
276,00	0,16	0,13
277,00	0,28	0,35
278,00	0,45	0,71
279,00	0,65	1,26
280,00	0,90	2,03
281,00	1,32	3,13
282,00	1,80	4,68
283,00	2,40	6,77
284,00	3,10	9,52
285,00	4,01	13,06
286,00	4,84	17,48
287,00	5,57	22,68

Aos valores das áreas e volumes foram ajustados polinômios, para possibilitar a interpolação, apresentados na Figura 6-23 e na Figura 6-24.

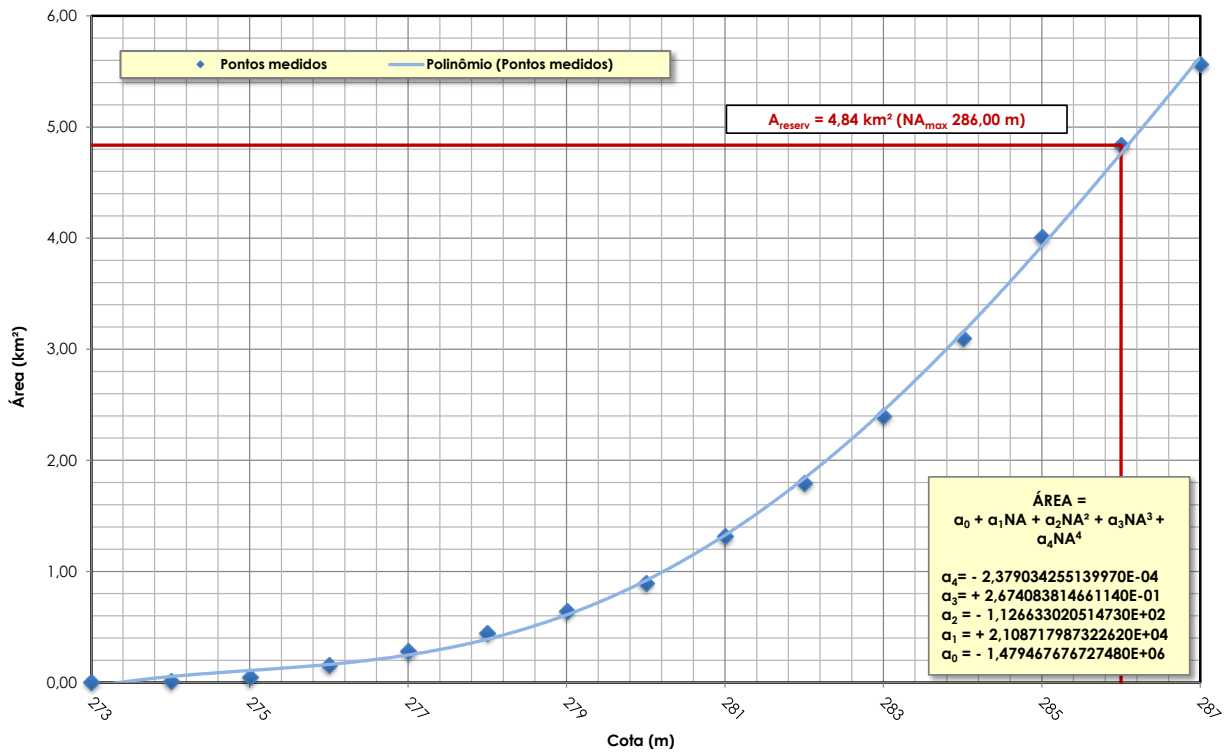


Figura 6-23: Curva cota x área do reservatório da PCH SU-75

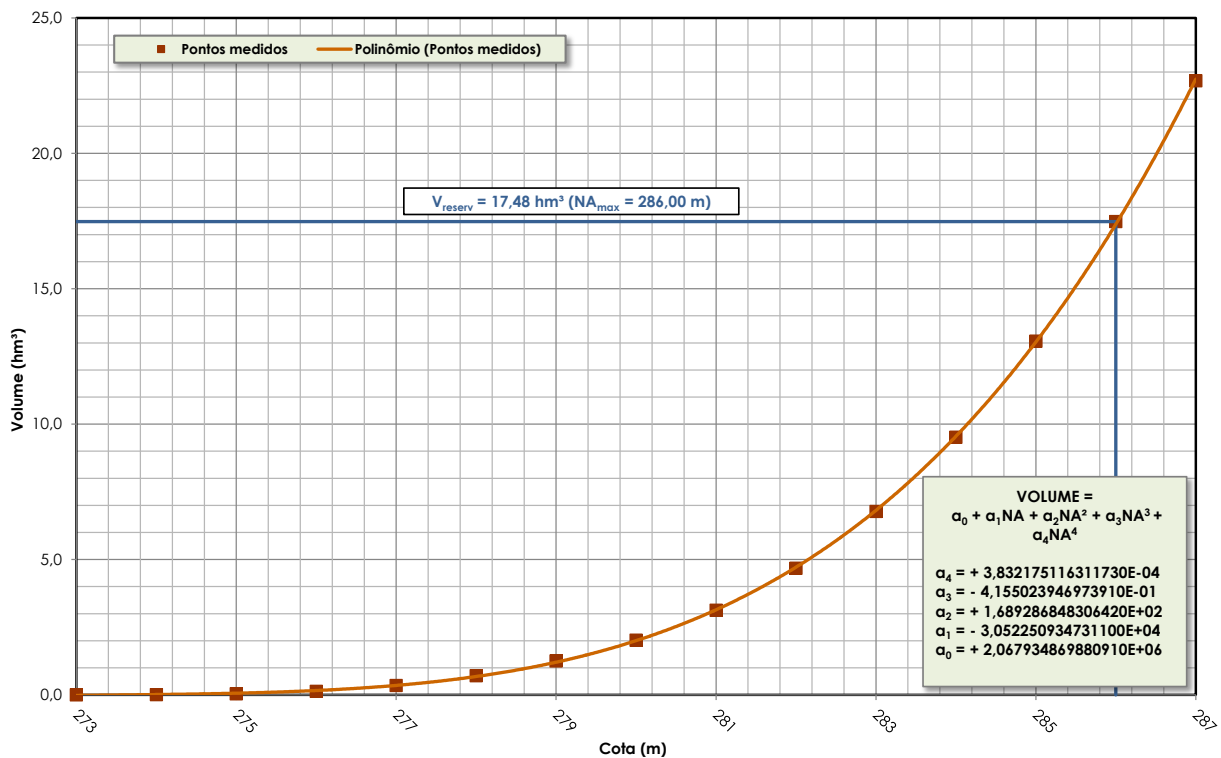


Figura 6-24: Curva cota x volume do reservatório da PCH SU-75

Como ilustrado nas figuras, tem-se para o reservatório da PCH SU-75, fixado na cota 286,00 metros, área igual a 4,84 km² e volume 17,48 hm³.

6.11. Enchimento do Reservatório

O estudo de enchimento do reservatório da PCH SU-75 foi realizado utilizando-se a série de vazões médias mensais, considerando o período de 01/1974 a 12/2020 e as curvas cota-volume apresentadas acima.

O tempo de enchimento corresponde ao tempo necessário para o reservatório atingir os níveis máximo de operação (NA máximo normal = 286,00 m).

Para o estudo de enchimento do reservatório, foram considerados as seguintes premissas:

- Vazões com 5% do tempo de permanência, médias mensais e com 95% do tempo de permanência;
- Início do enchimento em qualquer um dos doze meses do ano;
- Volume do reservatório no NA Máximo Normal, a partir do qual se admite que tenha início a geração, e o fluxo para jusante é restabelecido.
- Considerou-se, também, como vazão mínima a ser mantida para jusante, os valores definidos neste estudo, os quais foram descontados para efeito de enchimento;
- A vazão líquida armazenada no reservatório calculada por:

$$\text{Vazão Líquida} = Q_{\text{AFLUENTE}} - Q_{\text{REMANESCENTE}}$$

A Tabela 6-31 apresenta os tempos necessários para o enchimento do reservatório da PCH SU-75.

Tabela 6-31: Tempos de enchimento dos reservatórios – PCH SU-75

Mês	Vazões de enchimento (m ³ /s)			Tempo (h)			Tempo (dias)		
	Q _{5%}	Q _{MLT}	Q _{95%}	Q _{5%}	Q _{MLT}	Q _{95%}	Q _{5%}	Q _{MLT}	Q _{95%}
Janeiro	51,7	44,3	37,6	94	110	129	3,9	4,6	5,4
Fevereiro	53,9	46,2	39,7	90	105	122	3,8	4,4	5,1
Março	55,8	47,5	40,5	87	102	120	3,6	4,3	5,0
Abril	53,7	46,4	39,8	90	105	122	3,8	4,4	5,1
Mai	49,9	43,3	37,6	97	112	129	4,1	4,7	5,4
Junho	46,0	40,9	35,7	105	119	136	4,4	4,9	5,7
Julho	43,8	39,2	35,1	111	124	138	4,6	5,2	5,8
Agosto	42,3	38,2	34,3	115	127	142	4,8	5,3	5,9
Setembro	42,2	38,1	34,1	115	128	142	4,8	5,3	5,9
Outubro	42,7	38,7	34,4	114	125	141	4,7	5,2	5,9
Novembro	45,5	40,1	34,9	107	121	139	4,4	5,1	5,8
Dezembro	48,5	41,9	36,3	100	116	134	4,2	4,8	5,6

Os resultados mostram que o tempo para enchimento do reservatório da PCH SU-75 é de, no máximo, 5,9 dias, e de no mínimo de 3,6 dias. Em média, o reservatório deve atingir o nível d'água máximo normal em 5 dias, aproximadamente. Em função da alta regularidade sazonal do rio Sauê-Uiná, não são observadas grandes diferenças nos tempos de enchimento em diferentes meses do ano.

Diante do curto espaço de tempo para que o reservatório atinja o seu nível d'água máximo normal, na época do seu enchimento deverá ser realizada uma comparação das vazões prováveis de ocorrer naquela

época, com o valor da vazão a ser mantida para jusante, para que seja tomada uma decisão quanto a este parâmetro.

6.12. Tempo de Residência

O tempo de residência no reservatório é o número de dias que a água leva para sair do mesmo, contado desde o momento em que ela adentra no corpo d'água. Um reservatório tem regiões em que a velocidade do escoamento é maior, sendo os trechos ao longo dos talwegues aqueles em que o fluxo é preferencial. A massa de água que percorre estes trechos tem um tempo de residência sensivelmente menor do que a água que escoo pelas áreas marginais do reservatório.

A determinação do mapa bidimensional dos vetores de velocidade do fluxo no reservatório possibilita a determinação, com precisão, dos tempos de residência em cada compartimento do reservatório. Ela é feita por modelos matemáticos que resolvem as equações diferenciais de fluxo a superfície livre de Saint-Venant, através do processo de diferenças finitas. A aplicação desta metodologia é desejável quando o reservatório é grande, e há interesse em modelar as suas condições limnológicas, a fim de verificar a possibilidade de sua eutrofização. Mas, para determinar se é necessária à sua realização, faz-se inicialmente a determinação do tempo de residência em termos médios. O tempo de residência médio é, então, calculado por:

$$\text{Tempo de Residência} = \frac{\text{Volume do Reservatório}}{\text{Vazão Média}}$$

Para o reservatório da PCH SU-75, foi determinado o tempo médio de residência da água, usando a vazão média de longo termo da série de vazões afluentes, para o período 01/1974 a 12/2020. Os resultados são mostrados na Tabela 6-32.

Tabela 6-32: Tempo de residência – PCH SU-75

Local	Q _{MLT}	Volume	Tempo de Residência
	(m ³ /s)	(hm ³)	(horas)
PCH SU-75	46,7	17,48	104

Assim, o tempo de residência é de apenas 104 horas, ou menos de 5 dias, o que sinaliza a inexistência de qualquer problema de degradação da qualidade da água no reservatório, o que minimiza os impactos ambientais do empreendimento.

6.13. Evaporação Líquida no Reservatório

A avaliação das perdas de água, a título da evaporação, nos reservatórios de usinas hidrelétricas, tem papel fundamental, tanto nos estudos de planejamento como na operação dos sistemas existentes. Nos estudos de planejamento da operação e da expansão energética, os dados de evaporação são utilizados de duas formas principais: nos estudos de simulação de operação de reservatórios e nos estudos para obtenção das séries de vazões naturais nos locais de aproveitamentos hidrelétricos. Nestes processos, referentes à quantificação do valor perdido por evaporação e evapotranspiração nos reservatórios dos aproveitamentos hidrelétricos, este montante se traduz de forma linear em perda energética nas usinas hidrelétricas.

Antes do enchimento do reservatório ocorre, na sua área, a evapotranspiração, a qual já está computada nas vazões observadas e geradas. Após o início da operação do empreendimento essa evapotranspiração será substituída pela evaporação da superfície de água, alterando as vazões naturais afluentes ao barramento.

A evaporação líquida é a diferença entre a evaporação real do reservatório e a evapotranspiração real da bacia hidrográfica no local do reservatório antes da sua implantação. Ela é necessária para a reconstituição das séries de vazões naturais dos aproveitamentos hidrelétricos e para uso nas simulações energéticas. Isto significa que as séries de vazões devem, então, ser recalculadas, levando em conta essa evaporação líquida, de modo a se obter uma nova série.

Neste item apresentam-se os estudos realizados para a determinação da evaporação líquida no reservatório da PCH.

6.13.1. Metodologia de Cálculo

Os cálculos foram realizados usando metodologia e sistema desenvolvidos pelo CEHPAR - Centro de Hidráulica e Hidrologia Prof. Parigot de Souza, para o ONS, com o objetivo principal de calcular as grandezas evaporação de lago, evapotranspiração real e a evaporação líquida para as usinas que compõem o Sistema Interligado Nacional. O sistema utilizado é SISEVEVAPO, versão 1.0, utilizado no âmbito do Setor Elétrico Brasileiro para o cálculo de evaporações líquidas nos aproveitamentos hidrelétricos.

O método consiste em obter superfícies interpoladoras das grandezas temperatura média mensal, umidade relativa média mensal, número de horas de insolação mensal e da precipitação anual, necessárias na determinação das grandezas evaporação e evapotranspiração.

No trabalho do CEHPAR foi utilizado o método da interpolação multiquadrática para obtenção dos mapas de isolinhas das grandezas meteorológicas. Dos métodos de interpolação espacial, a interpolação quadrática é bastante utilizada por ser bastante eficiente e por apresentar uma formulação matemática bastante simples. É utilizado o método de Morton (CRAE e CRLE,) a partir dos dados meteorológicos das Normais Climatológicas de 1961-1990, publicados pelo INMET.

6.13.2. Critérios de Cálculo

O principal parâmetro para o cálculo da evaporação líquida é a série de dados contendo os parâmetros meteorológicos. Neste estudo utilizou-se as normais climatológicas regionais do período 1961-1990, padrão hoje utilizado no planejamento do setor elétrico.

Para o cálculo da evaporação líquida utilizou-se dados de localização do reservatório, definidos pelas suas coordenadas geográficas, latitude e longitude, dos níveis d'água máximo normal, mínimo e médio, e das suas profundidades características. A Tabela 6-33 apresenta os dados dos pontos de interesse.

Tabela 6-33: Dados de entrada do SISEVAPO

AHE	NA Máx. (m)	Área (km ²)	Volume (hm ³)	Prof. Média (m)
PCH SU-75	286,0	4,84	17,48	3,6

6.13.3. Resultados

Para o local da usina, os valores de evaporação e de evapotranspiração potencial e real, e de evaporação líquida, a qual é a diferença entre as duas anteriores, calculados pelo SISEVAPO são apresentados na Tabela 6-34.

Tabela 6-34: Evaporação líquida (mm) – SU km 75

Dados	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Evaporação Potencial	141	120	141	133	129	108	124	147	155	154	151	154	1659
Evaporação Real	137	118	131	126	120	100	103	122	130	136	140	147	1511
Evapotranspiração Potencial	132	114	135	130	119	106	131	141	144	161	155	136	1603
Evapotranspiração Real	129	114	119	121	105	93	91	89	91	133	143	124	1355
Evaporação Líquida	8	4	12	5	15	7	12	33	39	3	-3	23	156

6.14. Assoreamento e Vida Útil do Reservatório

O objetivo deste item consiste em avaliar o aporte de sedimentos ao reservatório da PCH SU-75, visando estimar a sua vida útil e, também, estabelecer as ações preventivas a serem consideradas no controle de sedimentos.

A descarga sólida anual foi estabelecida com base em medições da produção de sedimentos realizadas na presente etapa de projeto, a partir das quais foi estimada a vida útil do reservatório.

Vale informar que foram realizadas 15 medições de descargas de sedimentos no rio Sauê-Uiná, conforme apresentado no **Volume 3** deste relatório.

6.14.1. Produção de Sedimentos na Região Estudada

No presente estudo, utilizou-se as medições realizadas na estação Sauê-Uiná, cujas principais características foram apresentadas no item 6.3.2.3. Além das medições de descarga líquida, também foram realizadas campanhas de monitoramento de descarga sólida na estação.

A coleta e o cálculo da descarga sólida total foram realizados pela empresa Hydroconsult – Consultoria em Recursos Hídricos, pelo método Simplificado de Colby¹.

Na Tabela 6-35 são apresentadas as medições realizadas.

Tabela 6-35: Descarga sólida em suspensão e total pelo Método Simplificado de Colby, (1957)

Méd. (Nr.)	Data	Cota (cm)	Descarga líquida (m³/s)	Temperatura (°C)		Concent. Sedimentos (mg/l)	Concent. Relativa	Desc. sól. em suspensão (t/d)	Desc. sól. não medida (t/d)	Descarga sólida total (t/d)
				Ar	Água					
1	29/03/2019	200	45,56	29	26	6,22	882,68	24,48	166,25	190,74
2	19/06/2019	170	42,14	29	25	9,58	1.310,80	34,88	262,14	297,02
3	12/07/2019	165	39,84	30	24	3,92	1.230,65	13,49	155,51	169,01
4	11/08/2019	162	40,43	29	26	6,71	1.415,77	23,44	227,62	251,06
5	21/09/2019	159	40,59	28	26	8,42	1.484,03	29,53	263,95	293,47

¹ Colby, 1957, conforme apresentado por Newton de Oliveira Carvalho, no livro Hidrossedimentologia Prática, nas páginas 201 a 205. O programa de computador utilizado encontra-se indicado nas páginas 369 a 371 do citado livro e foi desenvolvido por Jorge Henrique Alves Prodanoff.

Méd. (Nr.)	Data	Cota (cm)	Descarga líquida (m³/s)	Temperatura (°C)		Concent. Sedimentos (mg/l)	Concent. Relativa	Desc. sól. em suspensão (t/d)	Desc. sól. não medida (t/d)	Descarga sólida total (t/d)
				Ar	Água					
6	22/12/2019	165	42,46	28	26	2,41	1.148,85	8,84	123,38	132,23
7	24/01/2020	161	36,27	28	24	2,54	1.011,56	7,96	101,38	109,34
8	10/05/2020	171	38,89	29	26	3,71	1.088,64	12,47	136,7	149,16
9	12/06/2020	163	39,84	29	25	4,66	1350,2	16,04	183,75	199,79
10	21/07/2020	152	34,25	29	25	3,57	1364,12	10,56	145,63	156,19
11	01/10/2020	145	36,2	28	25	10,65	1433,75	34,24	272,49	306,72
12	12/11/2020	152	34,69	36	25	4,46	1014,48	13,37	128,99	142,35
13	19/02/2021	168	40,83	28	25	4,48	1137,98	15,8	160,9	176,7
14	10/03/2021	191	48,68	28	25	6,82	1045,81	28,68	208,46	237,14
15	16/04/2021	186	44,61	28	25	4,15	1191,45	16	170,98	186,98

Cabe destacar que as medições desta etapa de Projeto Básico mostram-se bem superiores àquelas obtidas nos Estudos de Inventário do rio Sauê-Uiná, o que decorre do avanço da agropecuária no trecho alto do rio.

Com isso, a partir das medições realizadas pode-se obter uma descarga sólida total média para o local da estação, estabelecendo-se uma produção específica de sedimentos para o rio Sauê-Uiná, conforme apresentado na Tabela 6-36.

Tabela 6-36: Produção específica de sedimentos – Estação Sauê-Uiná

Estação	A.D. (km²)	DST (ton/dia)	DST (ton/ano)	Produção Específica (ton/ano/km²)
Sauê-Uiná Jusante	1.700	199,9	72.950	42,9

Verifica-se a adequação da produção de sedimentos obtidas na citada estação, a qual será adotada como base no presente estudo, devendo-se aplicar coeficiente de majoração de 50% para compensar o efeito da expansão agropecuária nos próximos anos.

6.14.2. Estimativa da Vida Útil do Reservatório

Na presente análise, foi realizada a estimativa de vida útil para o volume total do reservatório e para o volume abaixo da cota da soleira da tomada d'água. Para a cota normal operacional do reservatório (286,00 m), o volume disponível é de 17,48 hm³, enquanto na cota da soleira (306,60 m) da tomada d'água tem-se um volume disponível de 4,78 hm³.

Para o Peso Específico Aparente do sedimento (ϕ_{AP}), adotou-se ϕ_{AP} igual a 1,554 ton/m³, considerando as características dos solos da região (100% areia), tendo em vista a ausência de medições granulométricas, tornando esta análise bastante conservadora.

Para determinação da Eficiência de Retenção (E_r) dos Sedimentos, devido à grande variação na magnitude dos volumes do reservatório, adotou-se a Curva de Churchill para volumes inferiores a 10,0 hm³,

apresentada por *Annandale* em 1987, recomendada pelo Guia de Avaliação de Assoreamento de Reservatórios (ANEEL/2000) para pequenos reservatórios. Para volumes superiores a 10,0 hm³, utilizou-se a Curva de *Gunnar Brune*, desenvolvido a partir de levantamentos sedimentométricos de vários reservatórios nos EUA, empregadas para reservatórios médios.

Para utilização da Curva de Churchill é necessário calcular o Índice de Sedimentação (IS) do reservatório. Este índice é calculado da seguinte forma:

$$IS = g \cdot (V^2 / (Q^2 * L))$$

Onde:

- $IS = g \cdot (V_{RES}^2 / (Q_{MLT}^2 * L))$;
- IS é o índice de sedimentação;
- V_{RES} é o volume em determinada cota, em m³;
- Q_{MLT} é a vazão média de longo termo do aproveitamento;
- L é o comprimento total do reservatório em determinada cota, em m;
- g é a aceleração da gravidade, 9,81 m/s².

A curva de Brune permite calcular a eficiência de retenção como função da capacidade de afluência, definida como a relação entre a capacidade do reservatório no seu NA máximo normal e o volume de água afluente médio anual, este calculado em função da vazão média mensal. Ele apresenta três curvas para determinação da eficiência de retenção, sendo a envoltória inferior recomendada quando o sedimento é fino e a superior quando o sedimento é grosso. Foi adotada a curva média no presente estudo.

A partir dos critérios estabelecidos, foi calculada a estimativa de vida útil do reservatório da PCH SU-75. Como o volume do reservatório para a cota operacional máxima é superior a 10,0 hm³, utilizou-se para este caso a curva média proposta na metodologia de Brune. Para o cenário que considera a cota da entrada do circuito de geração, foi empregado o método de Churchill.

A Tabela 6-37 apresenta os parâmetros utilizados, bem como os resultados obtidos de estimativa de vida útil para o local da PCH SU-75. Nota-se pelos tempos de assoreamento calculados, que não são esperados problemas quanto a vida útil do reservatório, mesmo ao se considerar isoladamente o volume disponível abaixo da soleira da entrada do canal de adução.

Tabela 6-37: Estimativa de vida útil – PCH SU-75 (A.D. = 1.730 km²)

Dados	Volume no NA máx. normal	Volume na soleira da tomada d'água
Comprimento do reservatório (m)	13.800	10.750
Vazão média de longo termo (m ³ /s)	46,70	46,70
Volume do reservatório - (m ³)	17.480.000	5.290.000
Área da seção trasnversal média (m ²)	1.267	492
DST estimada para o local do AHE (t/ano)	111.500	111.500
Área de drenagem (km ²)	1.730	1.730
Período de retenção (segundos)	374.304	113.276
Velocidade média do reservatório (m/s)	0,037	0,095
Curva de calculo utilizada	Brune	Churchill
Relação capacidade/volume afl. anual - BRUNE	0,01	-
Er - sedimentos retidos no reservatório (%) - BRUNE	50,94	-

Dados	Volume no NA máx. normal	Volume na soleira da tomada d'água
IS - Índice de sedimentação - CHURCHILL	-	1,19E+06
ISg - gravidade - CHURCHILL	-	1,17E+07
Er - Sedimentos retidos no reservatório (%) - CHURCHILL	-	46,39
Sedimentos retidos no reservatório (m ³ /ano)	37.242	33.917
Tempo de Assoreamento (anos)	469	156

A metodologia empregada nos cálculos é excessivamente conservadora. Estudos hidráulicos mostram que a capacidade de retenção de sedimentos vai diminuindo com o tempo, na medida em que seu volume vai sendo comprometido com o sedimento depositado. Antes que o reservatório seja completamente tomado de sedimento, é estabelecido um regime de equilíbrio no qual não mais ocorre deposição, sendo todo o volume de sedimento afluyente transferido para jusante.

Durante a fase operacional do empreendimento será realizado periodicamente o monitoramento do avanço do volume depositado no pé do barramento e na entrada do canal. Quando necessário, deverão ser realizadas intervenções para retirada do sedimento acumulado.

6.15. Estudos de Remanso

Para a análise dos efeitos de remanso no reservatório da PCH SU-75, utilizou-se o modelo HEC-RAS, desenvolvido pelo Hidrologic Engineering Center, que realiza simulações de escoamento permanente, gradualmente variado, baseado na solução da equação diferencial do escoamento unidimensional à superfície livre.

Os resultados dos estudos estão sintetizados em diversos perfis de linha d'água ao longo do rio Sauê-Uiná, desde a barragem até o fim do reservatório da usina.

6.15.1. Metodologia

O software utilizado baseia-se no "Standard Step Method", que se trata de um procedimento iterativo para solução da equação de energia de escoamentos a superfície livre. A perda de carga é composta por perdas por atrito e perdas por contração/expansão do escoamento. As perdas por atrito são estimadas pela formulação de Manning.

Cada trecho de rio é representado, no modelo, por duas seções transversais, uma em cada extremidade, que devem ser representativas do curso d'água no estirão. Essas seções devem ser locadas também onde ocorrerem mudanças de declividade, área molhada, rugosidade do canal e/ou obstáculos localizados.

A seção transversal é informada ao modelo por meio de pares de pontos (distância, cota), em número suficiente para a caracterização da sua geometria. Caso as mudanças de seção transversal ou de velocidade de escoamento entre duas seções sejam excessivas, o usuário pode inserir seções intermediárias provenientes de interpolação linear a partir das seções extremas.

São especificadas as distâncias entre seções transversais, para o centro da calha, margem esquerda e margem direita, de modo a se representar a ocorrência de acidentes como curvas ou meandros ao longo do trecho. O software considera diferentes vazões para os diferentes trechos de cálculo, o que permite caracterizar as vazões incrementais e a ocorrência de afluentes localizados.

A solução da equação diferencial do escoamento depende do estabelecimento de uma condição de contorno, que pode ser o nível d'água para a seção mais de jusante, no caso de escoamento subcrítico, ou

o nível d'água da seção mais de montante, no caso de supercrítico. Os cálculos são processados de jusante para montante, no primeiro caso, ou em sentido oposto, no segundo. Caso não se conheça o nível de partida, o programa pode assumir a ocorrência de escoamento crítico ou normal na seção inicial.

Quando ocorre mudança de regime ao longo do estirão fluvial (passagem de escoamento subcrítico para supercrítico ou o contrário), o programa informa o ocorrido e prossegue os cálculos assumindo regime crítico nas seções de mudança. Esses trechos devem ser analisados separadamente, a posteriori.

O programa admite dois tipos de perda de carga ao longo do escoamento: perdas por atrito, distribuídas ao longo de cada trecho, e perdas localizadas, resultantes de transições bruscas no escoamento.

Para a determinação das perdas de carga por atrito entre as seções, é utilizada a fórmula de Manning para o escoamento livre, na qual o coeficiente de rugosidade “n” é função de diversos fatores, tais como vegetação, configuração do fundo e das margens do canal, etc.

As perdas de carga localizadas são devidas, em geral, à variação, mais ou menos brusca, das condições geométricas entre duas seções (área e, conseqüentemente, velocidade), que caracterizam uma contração ou expansão do escoamento. O programa calcula estas perdas como sendo um percentual da variação da carga cinética entre as duas seções consecutivas. Este percentual é conhecido como coeficiente (de contração ou expansão), e é tanto maior quanto mais brusca for a transição, devendo ser fornecido ao modelo.

Para o estabelecimento do modelo foram utilizadas 4 seções topobatimétricas executadas em campo na região prevista para o reservatório da PCH e outras 21 levantadas a partir das curvas de nível obtidas pelo perfilamento a laser. As últimas 4 seções levantadas extrapolam a área prevista para o reservatório da usina e entram sítio da PCH SU-93. Estas foram consideradas apenas a título de avaliação do comportamento fluvial no trecho a montante do reservatório. Desde o local do barramento até a seção mais a montante tem-se aproximadamente 16 km de distância, seguindo pela calha do rio Sauê-Uiná.

Todas as seções levantadas em campo foram complementadas, nas duas margens, com as curvas de nível do terreno até que o reservatório estivesse confinado dentro de seus limites verticais. As **Ilustrações 29 e 30 (Volume II)** apresenta a localização das seções consideradas nos estudos. Para detalhe de cada seção ver **Ilustrações 31 a 34**.

6.15.2. Resultados

Uma das principais aplicações do modelo foi estabelecer os efeitos de remanso do reservatório da PCH SU-75, envolvendo cheias para diversos tempos de recorrência.

Assim, de posse do modelo de remanso, foram feitas diversas simulações de perfis de linha d'água do rio Sauê-Uiná, entre a barragem e o final do reservatório da PCH SU-75, considerando as condições atuais e futuras, após a implantação do aproveitamento. Foram simulados os perfis de linha d'água para a vazão operacional da usina e vazões com tempo de recorrência de 2, 100 e 1.000 anos. A Tabela 6-38 resume as vazões de entrada no modelo e os níveis na saída.

Tabela 6-38: Vazões de entrada no modelo HEC-RAS e respectivos níveis na soleira do vertedouro

Cenário	Q _{AFLUENTE} (m ³ /s)	NA _{VERTEDOIRO} (m)
TR _{2 ANOS}	85	287,06
TR _{100 ANOS}	126	287,35
TR _{1.000 ANOS}	150	287,50

A Figura 6-25 apresenta a linha d'água com reservatório para as vazões estudadas.

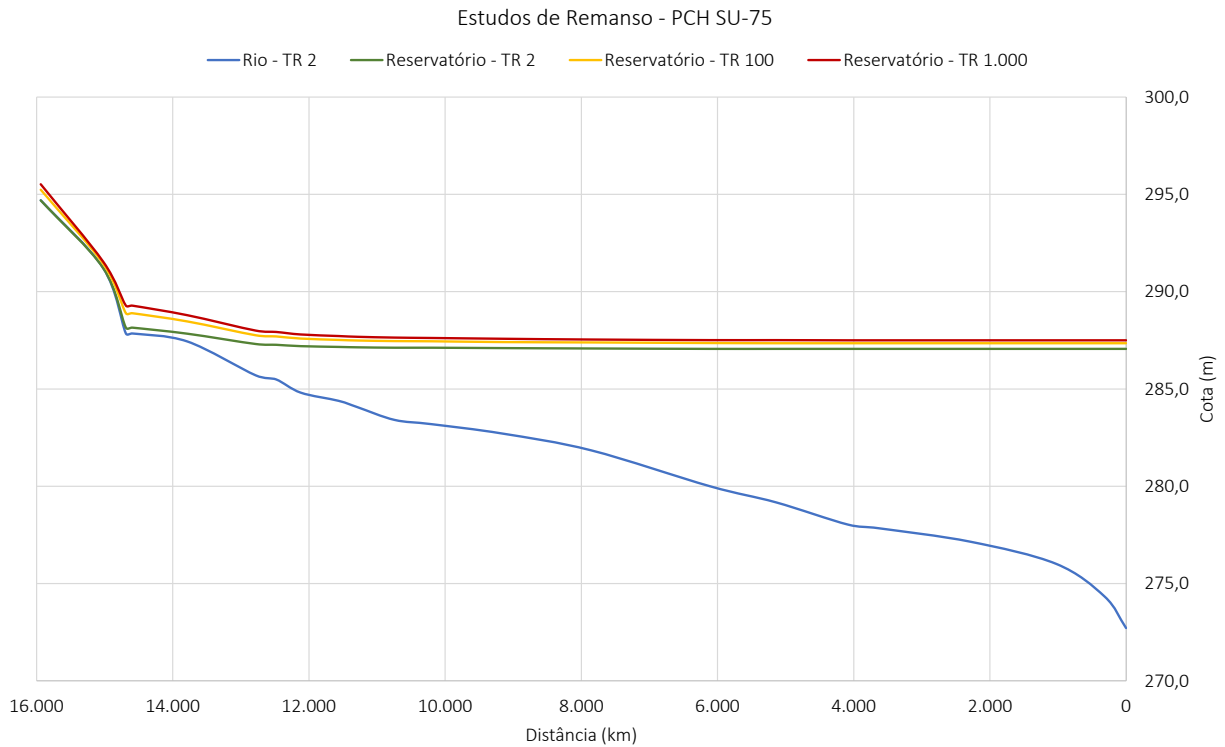


Figura 6-25: Linha d'água com reservatório para as vazões analisadas

A Tabela 6-39 apresenta os níveis do reservatório para as vazões estudadas.

Tabela 6-39: Níveis d'água com reservatório para as vazões estudadas

Identificação da Seção	Distância à barragem (m)	NA 2 anos (m)	NA 100 Anos (m)	NA 1.000 Anos (m)
22	15.938	294,69	295,24	295,52
21	15.019	291,20	291,42	291,53
20	14.689	288,16	288,90	289,29
19	14.589	288,15	288,89	289,28
18	13.785	287,84	288,47	288,79
17	12.782	287,31	287,76	288,00
16	12.481	287,27	287,70	287,93
15	12.121	287,20	287,59	287,80
14	11.565	287,16	287,52	287,72
13	11.284	287,14	287,49	287,68
12	10.743	287,12	287,46	287,64
11	10.198	287,12	287,45	287,62
10	9.163	287,10	287,41	287,58
9	7.849	287,08	287,39	287,54
8	6.111	287,06	287,36	287,51
7	5.139	287,06	287,35	287,51

Identificação da Seção	Distância à barragem (m)	NA 2 anos (m)	NA 100 Anos (m)	NA 1.000 Anos (m)
6	4.086	287,06	287,35	287,50
5	3.629	287,06	287,35	287,50
4	2.288	287,06	287,35	287,50
3	1.026	287,06	287,35	287,50
2	315	287,06	287,35	287,50
1	0	287,06	287,35	287,50

7. ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

Neste capítulo são apresentados os estudos e os resultados dos levantamentos de campo (viagens de reconhecimento e investigações diretas), no que se refere à Geologia e Geotecnia, com objetivo de subsidiar o desenvolvimento do Projeto Básico da PCH SU-75. A numeração adotada para identificação do sítio do barramento significa a distância entre o eixo e a foz do rio Sauê-Uiná.

Os estudos regionais permitiram o reconhecimento dos aspectos geológicos e geomorfológicos da bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná, enquanto os estudos locais permitiram a definição das características das fundações para implantação das obras de terra e das estruturas de concreto, componentes do arranjo geral da futura usina.

7.1. Introdução

Para caracterização da área dos estudos foi realizada uma extensa pesquisa bibliográfica, com o intuito de obter a maior quantidade possível de dados técnicos, que compreendem mapas temáticos, cartas topográficas e imagens de satélite. Essa coletânea de informações técnicas permitiu a compreensão das características regionais da bacia no tocante à geologia, geomorfologia, ocorrência de recursos minerais, sismicidade regional e outros aspectos de interesse dos estudos ora apresentados.

Também foi realizado um levantamento geológico-geotécnico a partir de consultas aos arquivos e bibliotecas dos principais órgãos públicos da área de geologia e geomorfologia, em especial a Agência Nacional de Mineração – ANM (antigo DNPM), Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais – CPRM (Serviço Geológico do Brasil) e Projeto RADAMBRASIL.

Os estudos no sítio da PCH Sauê-Uiná consistiram no levantamento em campo de informações geológico-geotécnicas, com o objetivo de identificar e caracterizar os solos e o maciço rochoso.

As análises dos dados pesquisados, as interpretações das investigações em campo e os mapeamentos de superfície permitiram a caracterização da geologia regional e local na área prevista para implantação da PCH, bem como as características geológico-geotécnicas das fundações para as obras de terra e estruturas de concreto.

Com base nos dados obtidos foram produzidos os mapas geológico e geomorfológico regionais, as seções geológico-geotécnicas pelas fundações das principais estruturas e os demais documentos relativos às escavações e tratamentos de fundação.

A bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná está localizada na porção oeste do estado do Mato Grosso, situando-se, aproximadamente, entre os paralelos 12° e 14° Sul e entre os meridianos 58° e 59° Oeste.

Está localizada entre os municípios de Campos de Júlio e Sapezal, estando mais próximo deste último, sendo cortada pela rodovia federal BR-364, uma das principais vias de ligação do estado, em seu trecho alto.

A bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná limita-se ao norte com a bacia hidrográfica do rio Papagaio, do qual é afluente. Ao Sul está limitada pela bacia hidrográfica do rio Buriti. Ao Leste é limítrofe com a bacia hidrográfica do rio Buriti (trecho alto) e com a bacia hidrográfica do rio Papagaio (trecho baixo). A oeste limita-se com a bacia hidrográfica do rio Juruena.

O rio Sauê-Uiná pertence à bacia hidrográfica do rio Amazonas, bacia 1, sub-bacia 17, “*área de drenagem do rio Amazonas, compreendida entre a confluência do rio Trombetas, exclusive, e a confluência com o rio Tapajós, inclusive*”, de acordo com a classificação usual utilizada no Setor Elétrico Brasileiro (Inventário – Estações Fluviométricas, ANEEL, 2001).

Seu curso desenvolve-se no eixo sul-norte, com pequeno desvio para a direção Noroeste. Apresenta-se predominantemente com forma alongada em todo o seu percurso.

O rio Sauê-Uiná nasce em uma altitude próxima da cota 570 m, na Chapada dos Parecis, e deságua no rio Papagaio em uma altitude próxima da cota 250 m. Seu curso tem extensão total de aproximadamente 260 km e pela margem direita o seu principal afluente é o rio do Calor com uma extensão aproximada de 120 km. Pela margem esquerda o principal afluente é o Córrego Sapezal com aproximadamente 65 km de extensão. Os demais afluentes constituem pequenas drenagens e totalizam aproximadamente 80 km de extensão.

As terras da bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná pertencem ao município de Sapezal e são utilizadas predominante para plantações mecanizadas de elevado nível tecnológico (principalmente soja, milho e cana-de-açúcar).

7.2. Geologia regional

O rio Sauê-Uiná nasce nos limites da Chapada do Parecis e corre no sentido geral sul-norte, por aproximadamente 260 km, até sua foz, na margem esquerda do rio Papagaio. Sua bacia tem forma predominantemente alongada e uma área de drenagem de aproximadamente 3.400 km², em região de domínio do Planalto dos Parecis.

Do ponto de vista geológico a área da bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná é dividida em três unidades: Formação Salto das Nuvens e Formação Utariti, pertencentes ao Grupo Parecis de idade Cretácea; e Cobertura Detrito Laterítica de idade Terciário-Quaternária, conforme descrição das unidades apresentadas na Figura 7-1.

A região em que a bacia do rio Sauê-Uiná está inserida é constituída predominantemente por rochas sedimentares caracterizadas como arenitos de alta porosidade e boa permeabilidade. Essas rochas constituem aquíferos de elevada capacidade de armazenamento, que tornam as vazões dos cursos d'água bastante regulares ao longo do ciclo anual.

A característica fundamental dos arenitos da região, do ponto de vista hidrogeológico, é que constituem aquífero em exsudação permanente. Este comportamento exerce um processo natural de regularização das vazões das drenagens, reduzindo os picos na época de chuvas e aumentando as descargas do rio no período de estiagem. Em muitas das sub-bacias dessa área as vazões mínimas correspondem a cerca de 90% da média de longo período.

Tabela 7-1: Coluna Estratigráfica Regional (CPRM 2004)

ERA	UNIDADE GEOLÓGICA		SIMB.	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA
QUATERNÁRIO	Cobertura Detrito-Laterítica		TQdl	Areias, siltes, argilas e cascalhos com concreções limoníticas.
CRETÁCEO	Grupo Parecis	Formação Utiariti	K2ut	Arenitos ortoquartzitos parcialmente feldspáticos, cores variegadas, granulação fina a média com seixos esparsos, maciços e localmente silicificados
		Formação Salto das Nuvens	K2sn	Seção Média e Topo: intercalações de conglomerados petromíticos, matriz arcoseana, arcóseos e arenitos feldspáticos, com estratificação cruzada de grande porte em forma de cunha, presença de bolas de argila, diques de areias e conglomerados oligomíticos com seixos de quartzo, sílex e arenitos. Seção Basal: conglomerados petromíticos, matriz arcoseana, intercalados com arcóseos, argilitos e trapes basálticos

a) Grupo Parecis (Fm Salto das Nuvens K2sn e Fm Utiariti K2ut)

O Grupo Parecis é caracterizado por arenitos avermelhados ou amarelados, que ocorrem no planalto homônimo e regiões circunvizinhas, excetuando a fácies de origem eólica e considerada como Formação Botucatu.

O litotipo predominante é arenito maciço de coloração esbranquiçada, róseo-avermelhada, arroxeadada ou amarelada; granulação fina a média, por vezes grosseira, classificação boa e grãos arredondados de composição quartzo feldspática. O cimento, em geral, é constituído por óxidos de ferro e sílica ou acha-se caulinizado.

Exibe níveis conglomeráticos locais e lentes de argilitos e ou siltitos de cores arroxeadas. Eventualmente, nos estratos basais da unidade, ocorre conglomerado com matriz abundante, bem estratificado, intercalado com níveis de arenitos brancos ou rosados, friáveis, regularmente selecionados, com grãos arredondados de boa esfericidade e fracamente feldspáticos.

O Grupo Parecis é constituído por dois membros: um inferior denominado Formação Salto das Nuvens e um superior denominado Formação Utiariti.

Esta unidade ocupa grande área da região do rio Sauê-Uiná, se estendendo para o estado de Mato Grosso a partir da margem esquerda do rio Araguaia. Constitui a porção basal da litologia presente na área estudada.

b) Formação Salto das Nuvens K2sn

Membro inferior do Grupo Parecis, a Formação Salto das Nuvens apresenta arenito médio a fino, quase sem matriz, coloração cinza-avermelhada ou esbranquiçada e estratificações eólicas de dimensões decimétricas. A fração fina é predominante com grãos quartzosos bem arredondados e bem selecionados.

c) Formação Utiariti K2ut

Membro superior do Grupo Parecis, a Formação Utiariti é constituída por arenito rosa a vermelho, muito maduro, com grãos de quartzo de tamanho médio, bem arredondados e contato flutuante. A matriz é constituída por areia quartzosa fina e argila. Pode apresentar estratificações eólicas de dimensões decimétricas.

d) Cobertura Detrito-Laterítica

A Cobertura Detrito-Laterítica é formada por areias, siltes, argilas de cores variadas, concreções limoníticas (espessas lateritas ferruginosas concrecionárias) e solos ferruginosos sobre as rochas do Grupo Parecis.

7.3. Arcabouço Geotectônico do Noroeste do Mato Grosso

O contexto geotectônico da área estudada, a partir do ciclo Brasileiro, é caracterizado pelo transporte tectônico da Faixa Paraguai (Almeida, 1964) sobre o Sul-Sudeste do Cráton Amazônico, evidenciado por falhas de empurrão e dobra em “Chevron”, com vergência e aumentando da amplitude das dobras em direção ao cráton localizado a norte-nordeste (Weska e Sviseron, 2001).

Almeida (1983, 1986) definiu a Reativação Wealdeniana como o conjunto de processos tectônicos, magmáticos, sedimentares e morfológicos que incidiram na área continental brasileira com reflexos da abertura do Atlântico e da deriva entre América do Sul e África, caracterizando-a em quatro estágios, pré-rift, rift, oceanização e cratonização, que originaram vários sistemas de grábens e horstes, associados a arcos. No estado do Mato Grosso, nos domínios do Grupo Parecis, destacam-se os arcos do Alto Xingu e da Serra Formosa.

As regiões que compreendem os principais rios da região estão inseridas num controle estrutural cuja direção é N30°E, mudando para N40°W a jusante, onde a orientação dos lineamentos estruturais segue este padrão. Embora as rochas se apresentem pouco fraturadas, são observadas com nitidez as duas direções principais de fraturamento, coincidentes com os grandes lineamentos regionais, N30°-45°W, N15°-30°E.

As vertentes são retilíneas e longas, terminando junto aos rios e formando pequenas rupturas no relevo, condicionado pela presença dos arenitos da Formação Utiariti, que aflora nas margens. A análise das paleocorrentes deste pacote indica um “trend” bidirecional que varia ente 225° e 340°.

7.4. Geomorfologia Regional

A compartimentação geomorfológica do estado o Mato Grosso ressalta as várias unidades de relevo, cujas feições apresentam filiações genéticas comuns. Seus atributos mais frequentes resultam de peculiaridades internas que permitem distingui-las. Portanto, de acordo com a morfologia e os processos genéticos evolutivos dos modelados, foi possível distinguir os vários compartimentos geomorfológicos.

A bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná está inserida na unidade geomorfológica denominada Planalto dos Parecis. Limita-se a oeste com a Depressão do Guaporé; ao sul com as Depressões Cuiabana, do Alto

Paraguai e Interplanáltica de Paranatinga; ao norte com litologias do Complexo Xingu; e ao leste com sedimentos das Bacias do Paraná e Araguaia.

Esta bacia é compartimentada em três subunidades:

- Chapada dos Parecis;
- Planalto Dissecado dos Parecis;
- Planície Fluvial.

a) Chapada dos Parecis

A Chapada dos Parecis (AP1) compõe a subunidade mais elevada, com cotas altimétricas acima da elevação 550 m. Constitui-se, litologicamente, de arenitos do Grupo Parecis, que apresentam acamamento plano-paralelo, caracterizando a homogeneidade do relevo desta subunidade. Nos patamares mais elevados desta subunidade, recobrimo parcialmente o Grupo Parecis, encontra-se uma camada de sedimentos finos, associada à material concrecionário, sotoposto a um solo argilo-arenoso, vermelho-escuro, correspondente ao período Terciário – Quaternário. Esta cobertura é responsável pela manutenção do relevo superior essencialmente plano, apresentando-se fracamente entalhada por uma rede de drenagem de padrão subparalelo e unidirecional. Os limites laterais desta subunidade são demarcados por escarpas erosivas contínuas, resultantes da fusão de diversos anfiteatros, e correspondem à transição da superfície mais alta e conservada, para um nível mais baixo e dissecado, denominado de subunidade do Planalto Dissecado dos Parecis.

b) Planalto Dissecado dos Parecis

O Planalto Dissecado dos Parecis (AP2) constitui a subunidade mais extensa e expressiva do Planalto dos Parecis. Trata-se de um bloco topograficamente intermediário, relativamente homogêneo do ponto de vista altimétrico, com cotas topográficas que apresentam pouca variação (350 a 400 m). A principal característica desta subunidade é sua relativa homogeneidade topográfica, com predominância de formas dissecadas tabulares. Verifica-se que a intensidade de dissecação é determinada, principalmente, pela presença de conjuntos litológicos distintos na região de sua abrangência.

Esta subunidade caracteriza-se como um extenso compartimento elaborado em litologias areníticas do Grupo Parecis, constituído pelas Formações Salto das Nuvens e Utiariti. Apresenta predominantemente relevo plano e vertentes de baixa declividade. Secundariamente, ocorrem as áreas de escarpas abruptas, onde predominam as altas declividades e paredões verticais. As vertentes são retilíneas e longas, terminando junto ao rio Sauê-Uiná, formando pequenas rupturas no relevo, condicionado pela presença dos arenitos da Formação Salto das Nuvens, que afloram nas margens do rio.

c) Planície fluvial

As margens e leitos dos principais rios da região formam planícies fluviais com altitudes inferiores à elevação 300 m e concentram-se nas áreas de inundação. São áreas formadas por sedimentos arenosos inconsolidados, denominadas de Planície Fluvial, com idade Quaternária,

7.5. Recursos minerais

Foi realizada uma pesquisa no website da Agência Nacional de Mineração (ANM) em julho de 2021, para identificar a presença e as principais características dos processos minerários na área da bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná.

No total foram identificados quatro processos minerários na área da bacia hidrográfica. A Figura 7-2 apresenta a disposição espacial dos processos minerários identificados. A Tabela 7-2 lista as informações básicas de cada processo.

O tipo e a validade dos títulos minerários variam devido à aprovação ou não das etapas aos quais os títulos estão sujeitos. Portanto, essa pesquisa deverá ser refeita na época de implantação do empreendimento.



Figura 7-2: Títulos minerários na bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná

Tabela 7-2: Processos minerários em ativos na bacia (Fonte: ANM/SIGMINE)

Ano	Processo	Área (ha)	Fase	Titular	Substância	Último Evento	Data Último Evento
2017	867129	40,63	Licenciamento	Paulo Ricardo Fenner	Cascalho (brita)	Licenciamento autorizado	08/03/2019
2013	867040	49,39	Licenciamento	Paulo Ricardo Fenner	Cascalho (brita)	Licença ambiental protocolizada	22/11/2017
2013	867039	48,47	Licenciamento	Paulo Ricardo Fenner	Cascalho (brita)	Licença ambiental protocolizada	22/11/2017
2018	866356	5,00	Registro de Extração	Prefeitura Municipal de Sapezal	Cascalho (brita)	Registro de extração validado por 03 anos	04/10/2018

7.6. Sismicidade natural e induzida

Eventos sísmicos recentes foram registrados no contorno das estruturas que delineiam o cinturão Paraguai-Uruguai, constituído por uma faixa de dobramentos relacionados ao Ciclo Tectônico Brasileiro e que contorna a Plataforma Amazônica.

Na área estudada não são esperados sismos de grande intensidade, visto que as bordas de placas tectônicas se encontram localizadas a grandes distâncias da bacia hidrográfica em questão.

Nas regiões internas das placas tectônicas é bastante difícil relacionar a sismicidade natural e a sua geotectônica devido ao baixo índice da atividade sísmica ali identificada.

Na interpretação da sismicidade das regiões interiores das placas tectônicas são considerados os seguintes aspectos:

- Alívios de tensões responsáveis pelos sismos devem estar relacionados às descontinuidades e outras feições geológicas;
- Descontinuidades representadas por grandes falhas;
- Tensões atuantes numa crosta anisotrópica devem estar redistribuídas com maior intensidade nas zonas de fraqueza crustal;
- Tensões primárias devem estar vinculadas ao movimento das placas tectônicas litosféricas.

De modo geral, pode-se dizer que os sismos registrados em território brasileiro são gerados por uma acomodação de antigas estruturas do embasamento, que constituem cicatrizes dos diversos processos tectônicos acontecidos ao longo do tempo geológico.

A Figura 7-3 indica os sismos de ocorrência no Brasil, conforme registrado na Rede Sismográfica Brasileira (RSBR – www.rsbr.gov.br), bem como os sismos históricos.

Embora facilmente identificáveis por instrumentos específicos, a constatação dos danos em superfície torna-se difícil, sobretudo pela energia extremamente dissipada, incapaz de produzir efeitos passíveis de mensuração e evidentemente desprezíveis no que concerne às estruturas de barragens.

Sismos induzidos foram constatados por monitoramento sismológico em vários reservatórios de usinas hidrelétricas de grande porte. Tais eventos resultam de energia liberada pela acomodação das estruturas de superfície, quando submetidas ao repentino acréscimo de peso promovido pela formação de reservatórios.

A intensidade desses eventos é baixa, raramente atingindo valores de intensidade 3 e, tendo em conta as pequenas dimensões dos lagos formados pelas usinas, esses sismos induzidos não devem ser esperados.

No entanto, tem sido praxe nos projetos de grandes barragens brasileiras a adoção do valor de 0,005 g (para $g = 9,81 \text{ m/s}^2$) como parâmetro sísmico de segurança.

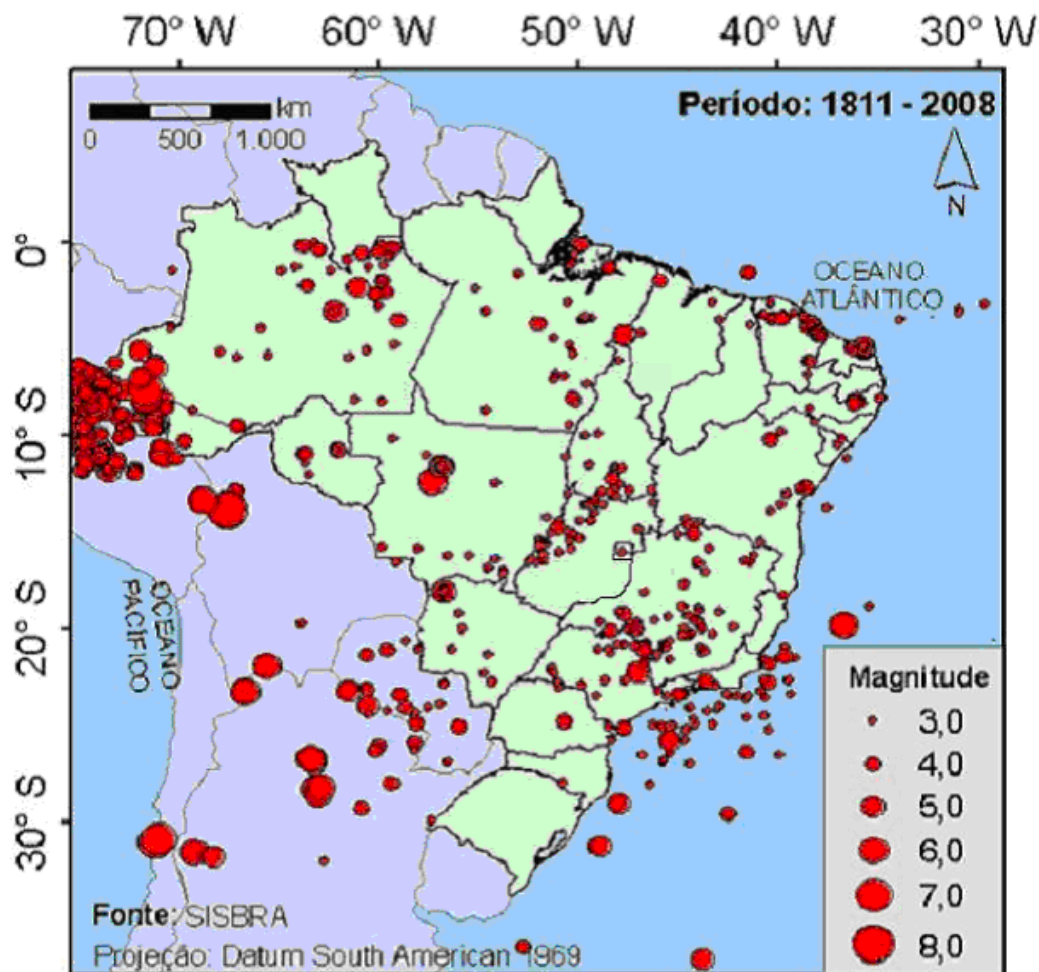


Figura 7-3: Mapa de localização de sismos em território brasileiro

7.7. Estanqueidade do reservatório

Pelos resultados das sondagens não foi constatada a presença de descontinuidades e outras estruturas geológicas que pudessem indicar a presença de cavidades no maciço rochoso, nem mesmo corpos de sedimentos de cobertura com permeabilidade alta, tais como terraços aluviais. Além disso os resultados dos ensaios de infiltração nas sondagens mostraram permeabilidades modestas para os arenitos locais.

No entanto, como as sondagens foram concentradas no sítio do barramento recomenda-se complementar essa avaliação durante a etapa final de projeto.

7.8. Estabilidade das encostas

Foi realizada uma avaliação integrada da área do entorno do reservatório, com o intuito de avaliar a estabilidade das encostas naturais mais imediatas ao mesmo.

A avaliação foi feita com base nas considerações regionais descritas nos capítulos anteriores, complementada pela interpretação de fotos aéreas, imagens de satélite e observações "in loco", tomadas durante a etapa de campo dos estudos desenvolvidos. Foram consideradas as feições do relevo, as características do solo, a ocupação e uso atual da área.

Em geral as encostas apresentam declividades baixas, ocorrendo pontualmente alguns locais com maior declividade que podem gerar alguma instabilidade localizada de pequeno volume.

7.9. Geologia local

A geologia local foi definida tomando por base as visitas ao campo e as campanhas de investigações geológico-geotécnicas realizadas na área estudada.

Cabe ressaltar que, de modo geral, não ocorrem afloramentos de rocha às margens do rio Sauê-Uiná, com exceção de algumas corredeiras localizadas.

Os estudos foram conduzidos por meio de trabalhos de campo e de escritório, realizados em etapas distintas e voltados para a identificação e compreensão dos aspectos geológico-geotécnicos de interesse no sítio estudado.

O sítio SU-75 apresenta como singularidade um forte controle estrutural em duas direções praticamente perpendiculares entre si, como pode ser visto na Figura 7-4. Os lineamentos estruturais identificados forçam o rio a correr em duas direções distintas, uma principal N20°W e outra aproximadamente N70°E.

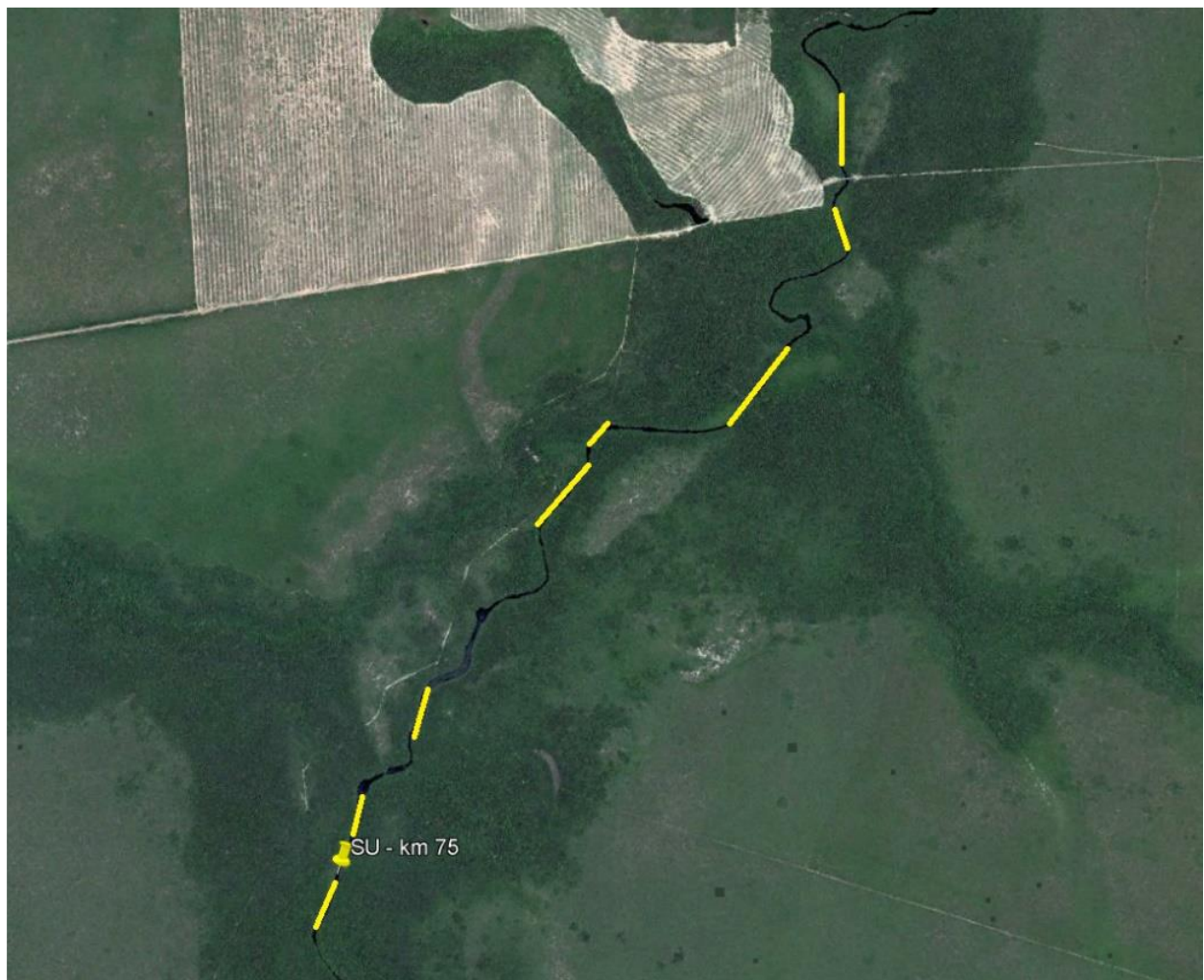


Figura 7-4: Visão geral do sítio SU-75

A litologia no sítio do barramento é constituída por arenitos das Formações Utiariti e Salto das Nuvens. Tais rochas, quando intemperizadas, geram solos arenosos predominantemente finos de cor cinza escura, superficialmente.

A espessura dos solos varia entre 2 e 10 metros e a permeabilidade se mostra média a baixa.

Os arenitos são geralmente finos e friáveis, tanto que as recuperações de testemunhos são baixas. No entanto a capacidade de suporte é suficiente para as estruturas dos empreendimentos em vista, desde que confinados para evitar erosões.

As ombreiras possuem inclinação relativamente suave e exibem algum grau de simetria. Em todo o sítio SU-75 não há afloramentos rochosos no leito do rio e nem tampouco em suas margens.

7.9.1. Investigações geológico-geotécnicas

As sondagens e ensaios in situ foram executados pela empresa NACON Sondagens (Relatório NE071-21_PCH SU-75_rev00) entre os meses de maio e junho de 2021.

Para os estudos foram executadas 05 sondagens mistas com 100,56 m; 11 sondagens à percussão com 86,33 m; e 09 ensaios de infiltração.

Estas investigações caracterizaram a presença de arenitos finos de coloração variável entre rosa avermelhado e tons de bege a marrom, medianamente a pouco permeáveis e medianamente a pouco fraturados. O maciço rochoso de arenito subjacente apresenta-se extremamente friável, com índices de coerência C4 e recuperação muito baixa, mesmo em profundidade.

Os solos residuais são constituídos por areia fina a média, siltosa e apresenta índices de SPT variando de 3 a >30 golpes/30 cm finais de penetração, mostrando um solo com grande variação de resistência, passando de fofo a compacto.

Nas sondagens mistas executadas foi encontrado arenito fino/médio, pouco coeso e com porcentagem de recuperação abaixo de 25%. Nestas condições, deve-se direcionar atenção especial ao sistema de controle de percolação pela fundação com a drenagem interna da barragem e eventualmente soluções de proteção no pé das estruturas a fim de evitar gradientes hidráulicos elevados no pé das estruturas de concreto componentes do barramento.

7.10. Disponibilidade dos materiais naturais de construção

a) Material terroso

Foram observados depósitos de solo coluvionar e de alteração na região, com características predominantemente areno-siltosas, contendo porcentagens variadas de silte e areia. As quantidades necessárias a serem utilizadas no empreendimento serão obtidas das escavações obrigatórias e de eventuais áreas de empréstimo a serem pesquisadas nos sítios dos empreendimentos.

b) Material granular

Depósitos aluvionares constituídos de material arenoso são comuns na região devido principalmente à composição das rochas por onde o rio passa. Depósitos aluvionares de areia e cascalho podem ser encontrados ao longo do rio, porém os volumes disponíveis deverão ser mais bem avaliados para a utilização nas obras. Nesse caso, poderão ser obtidos materiais artificiais em cidades próximas, como Sapezal.

c) Material pétreo

O material pétreo a ser obtido das escavações obrigatórias provavelmente não poderá ser utilizado como enrocamento de proteção dos taludes de escavação, devido às características do maciço rochoso a ser escavado. Caso não sejam obtidos blocos íntegros suficientes, os enrocamentos para lançamento das ensecadeiras deverão ser obtidos de pedreiras próximas.

7.11. Balanço de materiais simplificado

Para o balanço de materiais, devem ser considerados alguns aspectos e fenômenos que ocorrem com solos e rochas quando estes são escavados e transportados.

Solos, quando escavados, perdem a compactação natural oriunda de seu próprio processo de formação. Esse processo de expansão volumétrica é chamado de empolamento, processo que pode ser bastante considerável em alguns casos. Já o processo contrário, que acontece quando o solo é aplicado no aterro da barragem, é chamado de contração. Com isso, após o desmonte, o solo assume um volume maior do que aquele em que se encontrava em seu estado natural e após aplicação na barragem, o volume assumido é menor do que o volume escavado.

Para este estudo, foi considerado um grau de empolamento de 5%, ou 1,05 entre a escavação e o aterro de bota-espera. Já o fator de conversão para utilização do volume de aterro do bota-espera para aplicação na barragem é de 0,8, pois o grau de compactação do aterro da barragem é superior ao do aterro de bota-espera. Estes valores são apresentados na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** já com as perdas contabilizadas.

Ressalta-se que o material aproveitável das escavações obrigatórias só poderá ser utilizado nos espaldares da barragem de terra, não sendo adequados para a zona interna de vedação. Esta, por sua vez, deverá ser composta por material argiloso proveniente das áreas de empréstimo já comentadas nesta Seção.

O material rochoso obtido nas escavações obrigatórias provavelmente não servirá para utilização nas ensecadeiras, pois não deverão ser obtidos blocos íntegros com diâmetros suficientes para lançamento das ensecadeiras. Portanto, todo o material a ser utilizado nas ensecadeiras de primeira e segunda fase deverão ser obtidos de pedreiras ativas na região. O fator de empolamento até o bota-fora considerado foi de 20%

Areia e brita para concreto deverão ser extraídas de pedreiras próximas.

Tabela 7-3: Balanço de materiais com graus de empolamento de solo e compactação de rocha

ESCAVAÇÃO SOLO		
Escavação em solo arenoso (m³)	Grau de Empolamento (m³)	Volume Disponível Bota-Espera (m³)
673.565	1,05	707.245
ROCHA		
Escavação em rocha (m³)	Grau de Empolamento (m³)	Volume Disponível Bota-Espera (m³)
55.405	1,20	66.490
ATERROS		
Aterro em Solo Arenoso (m³)	Grau de Empolamento (m³)	Volume Necessário Bota-Espera (m³)
164.105	1,30	213.340
Aterro Solo Argiloso na Seção da Ensecadeira e da Barragem (m³)	Grau de Empolamento (m³)	Volume Necessário (m³)
83.510	1,25	104.390
Aterro Rocha na Seção da Ensecadeira e da Barragem (m³)	Grau de Empolamento	Volume final aterro rocha que poderá ser utilizado das escavações obrigatórias (m³)

1.530	1,05	1.610
BALANÇO DE MATERIAIS		
Volume total Bota-Fora (solo + rocha) (m ³)	Volume resultante Solo argiloso proveniente de jazida (m ³)	Volume resultante Rocha proveniente de pedreira (m ³)
560.395	-104.390	-1.610
Obs. Se positivo, vai para área de bota-fora, se negativo, vem das Áreas de Empréstimo/Pedreiras.		

Como pode ser observado, após a aplicação de todos os parâmetros já citados, o volume de solo arenoso produzido durante as escavações obrigatórias supera as necessidades para aterro, sendo necessária área de bota-fora para este material. Todo o material rochoso deverá também ser encaminhado para bota-fora. Isto acontece principalmente pela qualidade do material obtido, que não é adequado para aplicação em concreto nem em ensecadeiras. Serão necessários cerca de 104.390 m³ de solo argiloso de área de empréstimo e 1.610 m³ de rocha de pedreira para aplicação nas ensecadeiras.

7.12. Área de bota-fora

Para esta fase dos estudos foram definidas duas áreas de bota-fora, denominadas Bota-Fora 1 e 2. Ambas as áreas se encontram na margem esquerda do rio Sauê. O volume de armazenamento totaliza cerca de 613.730 m³, considerando uma espessura de 3,5 m de material.

A Figura 7-5 indica o local das áreas, bem como os volumes de armazenamento.

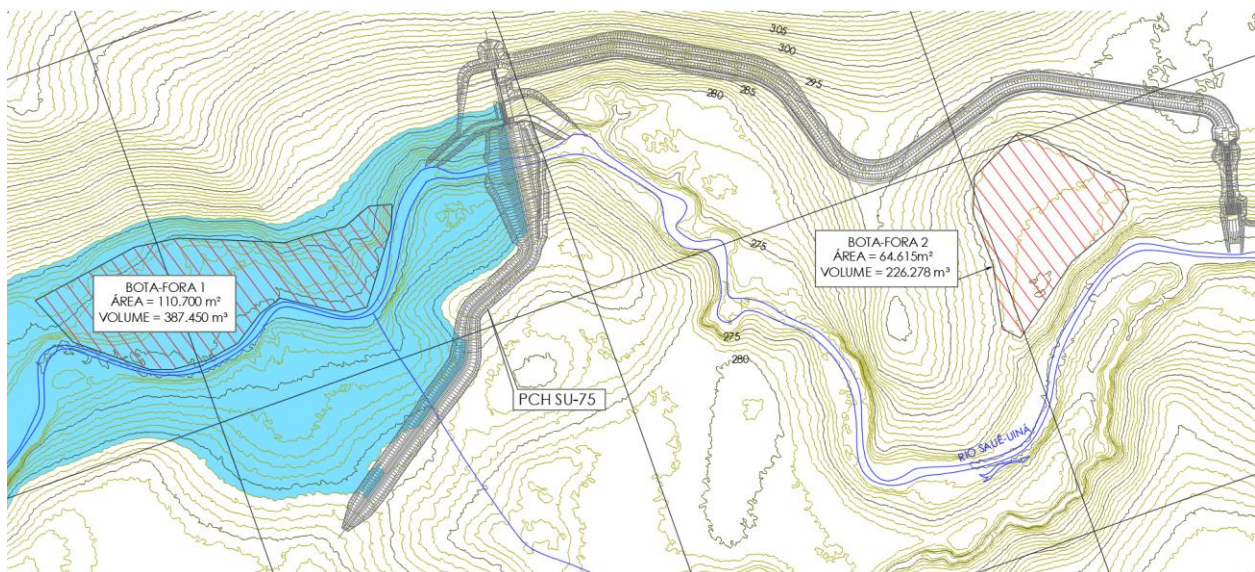


Figura 7-5: Localização, áreas e volumes das áreas de bota-fora da PCH SU-75

7.13. Condições geológico-geotécnicas das fundações

Neste item são descritas as condições de fundações e principais tratamentos previstos nas principais estruturas que compõem o arranjo da usina, que estão divididas entre as duas margens do rio e seu leito. As considerações foram feitas com base nas investigações executadas em profundidade.

7.13.1. Barragem de terra margem direita e leito do rio e dique

Nesta margem a barragem e o dique deverão ter conjuntamente comprimento aproximado de 897,0 m, incluindo a zona de encontro com o muro de topo direito.

A barragem deverá ser apoiada sobre maciço com índice de SPT acima de 7 golpes/ 30 cm finais de penetração em todo o trecho da margem direita. Já na região do dique, onde a altura máxima fica em torno de 10,0 m, o critério poderá ser reduzido para SPT acima de 5 golpes. Para tal, a escavação da barragem da margem direita deverá ter 6,0 m de profundidade em média e a do dique 4,0 m.

Para o lançamento da primeira camada de aterro, a fundação deverá ser limpa e regularizada e eventuais zonas de material fofo deverão ser removidas. Os tratamentos deverão ser complementados com uma cortina de injeção, ao longo do barramento. Caso existam descontinuidades abertas no leito do rio, estas deverão ser preenchidas superficialmente com calda de cimento e as fundações regularizadas com concreto na zona de vedação. Eventualmente poderá ser realizado o adensamento dos furos da cortina de injeção nessas regiões.

7.13.2. Adufas de desvio / Casa de força complementar

Essa estrutura deverá ser posicionada na margem esquerda do rio Sauê e deverá ser assentada em maciço rochoso de arenito com suporte adequado após a regularização final da superfície. Adicionalmente, está prevista escavação do canal de desvio até a cota 269,5 m e da fundação da estrutura de concreto até a cota 269,0 m.

Deverá ser executada regularização, limpeza e jatos de ar e água, remoção de eventuais material pouco consistente, eventuais injeções de consolidação e cortina profunda de injeções. Devido às altas velocidades de fluxo no canal de desvio, todos os taludes deverão ser regularizados com concreto projetado com chumbadores para fixação.

7.13.3. Barragem de concreto

A barragem de concreto deverá ter comprimento de aproximadamente 83,5,0 m na margem esquerda e está dividida em dois trechos, fazendo a ligação entre o vertedouro e a estrutura de controle, e também o fechamento da ombreira esquerda.

A barragem de concreto deverá se posicionar sobre arenito resistente, com a remoção total do solo coluvionar e solo de alteração sobrejacente, tendo como apoio o maciço rochoso com boa capacidade de suporte.

Para o lançamento da primeira camada de concreto, a fundação deverá ser limpa com jatos de ar e água, regularizada com aplicação de concreto com espessura mínima de 20 cm. Os tratamentos deverão ser complementados com uma cortina de injeção ao longo do barramento.

7.13.4. Vertedouro

Essa estrutura deverá ser posicionada na margem esquerda, com comprimento de 32,0 m. Deverá ser assentada em maciço rochoso de arenito com suporte adequado após a regularização final da superfície. Adicionalmente, está prevista remoção total da camada de solo que se encontra na fundação do vertedouro.

Deverão ser executados tratamentos como regularização, limpeza e jatos de ar e água, remoção de eventuais “bolsões” de arenito pouco consistente, eventuais injeções de consolidação e cortina profunda de injeções.

Os 10,0 m iniciais na região de contato com a estrutura deverão ser protegidos por laje de fundo com 1,0 m de espessura para evitar erosão do maciço no pé da estrutura do vertedouro.

7.13.5. Canal de adução

O canal de adução deverá ter seção típica escavada em solo. A escavação do canal e o perfil geológico-geotécnico são apresentados em desenhos no Volume 2 do Projeto Básico.

O canal deverá ser protegido por geomembrana com camada de geotêxtil para garantir maior resistência à tração do conjunto de revestimento. Previamente à instalação do sistema de revestimento, os taludes deverão ser jateados com ar para retirar o material solto superficial após as escavações.

A ancoragem da geomembrana deverá ser feita em valas escavadas com dimensões de 50 cm x 50 cm e preenchidas com solo cimento ou material granular compactado. Também deverão ser executadas vigas de travamento a cada 200,0 m para fixação e travamento da geomembrana no sentido longitudinal.

A seção do canal muitas vezes será completada por aterro compactado, com taludes 1,0V:1,8H. Nestas regiões o aterro deverá ser apoiado em terreno firme e com ausência de matéria orgânica. Caso sejam encontradas regiões de solo muito fofo, deverá ser prevista a retirada deste material e a recomposição com aterro compactado até as cotas de projeto.

O canal deverá dispor de sistema de drenagem subsuperficial com trincheiras longitudinais e tubulação de drenagem para aliviar a subpressão e garantir a segurança do revestimento do canal em casos de esvaziamento para manutenção. A base do canal deverá ser totalmente regularizada por camada de 15 cm de transição fina (pedrisco), que também desempenha papel fundamental para drenagem da base e condução do fluxo captado para os sistemas de trincheiras nas laterais da base.

7.13.6. Tomada d'água e câmara de carga

Foi prevista escavação até a cota 275,7 m para assentamento da câmara de carga e até a 272,2 para a tomada d'água. Foi previsto enchimento de concreto massa entre essas elevações na tomada d'água a fim de evitar o aumento de altura da referida estrutura. Estas estruturas deverão estar apoiadas em maciço rochoso de arenito, com boas condições de suporte.

O tratamento da fundação das estruturas deverá ser realizado por jateamento de jato de ar e água e limpeza fina manual. Previu-se também a remoção de materiais desagregados e incoerentes, com posterior regularização com concreto.

7.13.6.1. Conduto forçado

Os condutos forçados deverão ser assentados sobre o maciço rochoso de arenito, após a remoção dos blocos e fragmentos superficiais de rocha (caso ocorram) ao longo do traçado do conduto. A superfície para assentamento da tubulação também deverá ser regularizada para colocação dos “berços” e blocos de concreto que servirão de apoio a essa tubulação.

O tratamento deverá ser realizado por meio de jateamento de ar/água e limpeza fina para apoio das estruturas de concreto que compõem este trecho. Caso seja encontrado material pouco resistente e friável abaixo das cotas de fundação dos blocos, este material deverá ser removido e recomposto com concreto massa até a cota de fundação.

Poderão ser necessários tratamentos locais nos taludes permanentes. Este tratamento deverá ser realizado com a aplicação de concreto projetado com fibras e chumbadores de fixação. A drenagem do talude por

meio de barbacãs também é indispensável para evitar trincas e estofamentos no concreto. Os taludes em solo deverão ser protegidos por revestimento vegetal.

7.13.6.2. Casa de força e canal de Fuga

A casa de força foi prevista para ser escavada até a cota 258,8 m, devendo seu piso inferior ser assente em maciço rochoso de arenito, após as remoções dos capeamentos de solo que recobrem a fundação da estrutura. Caso seja encontrado material com baixa condição de suporte, este deverá ser removido e recomposto com concreto massa.

Para os taludes permanentes em rocha poderá ser aplicado concreto projetado com fibras, complementado com drenagens por barbacãs e possíveis DHP's se forem encontrados locais de instabilidade.

O canal de fuga será escavado em rocha arenítica, onde será necessária regularização e proteção dos taludes com concreto projetado e drenagens, no trecho abaixo do nível d'água de operação do canal. Nos trechos dos taludes acima do N.A, os taludes deverão ser protegidos com revestimento vegetal, de modo a evitar os efeitos erosivos das águas superficiais. Canaletas de drenagens são previstas nas bermas que compõem os taludes.

8. ESTUDOS DE CUSTOS

Para a formulação dos preços unitários das principais obras civis foram utilizados o sistema SISRH e sua base de dados, e preços praticados em obras similares, coletados junto a empreiteiros e fornecedores especializados.

Para os equipamentos eletromecânicos, obtiveram-se os preços de aquisição a partir de banco de dados próprio, baseado em orçamentos já realizados para instalações e projetos de empreendimentos similares, bem como por consultas informais a fabricantes e fornecedores especializados.

Para as rubricas determinadas por valores globais ou taxas, foram utilizadas as sugestões contidas nos manuais, bem como dados e informações obtidas de obras similares, ou consideradas em estudos de mesma natureza.

A data de referência para os estudos econômicos foi estabelecida como junho de 2021 e a atualização dos preços unitários e globais, quando referenciados a outras datas, foi feita aplicando-se a taxa de variação do IGP-DI, da Fundação Getúlio Vargas, entre as datas de referência consideradas.

Os itens a seguir apresentam os critérios e valores considerados para as rubricas do OPE, aplicáveis aos estudos em tela.

8.1. Obras Civis

Para as rubricas do Plano de Contas do Orçamento Padrão ELETROBRÁS, correspondentes às características peculiares de cada uma das alternativas, foram estabelecidos os custos de implantação das estruturas e sistemas, ora aplicando-se preços unitários, ora globais, em função das características e importância relativa de cada uma delas no preço global do empreendimento.

- **Casa de Força:**
 - **11.12. Benfeitoria na Área da Usina:** Para essa rubrica foi utilizada uma equação proposta pelo Manual de Inventário, em função da potência instalada da usina, com atualização de custos para a data base.
 - **11.13.00.12.10 – Escavação Comum:** Calculado considerando-se 2/3 do volume como escavação em solo e 1/3, como escavação com escarificação. Para a escavação comum, 50% do volume foi considerado com aplicação direta na área de compactação (se necessário) e 50% destinado para áreas de bota-fora.
 - **11.13.00.12.11 Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Calculado considerando-se 90% do volume escavado destinado ao estoque e 10% com aplicação direta nas praças de compactação. Nessa rubrica também foram considerados os serviços de “pré-fissuramento”, em uma área correspondente a 0,05 do volume de rocha escavada.
 - **11.13.00.13 – Tratamento de Fundações:** Este serviço se refere à limpeza de superfície da rocha para fundação. Envolve as operações de retirada da rocha solta e detritos, acerto dos desníveis, drenagem das superfícies, limpeza da área, obturação das falhas e preparo final da superfície com concreto de regularização e de preenchimento das cavidades (espessura média de 0,2 m).
 - **11.13.00.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); à respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e à descarga no silo. Foi considerada a taxa de consumo igual a 350 kg/m³ para concreto convencional, 250kg/m³ para concreto massa e 450kg/m³ para concreto projetado.

- **11.13.00.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e acabamento; tratamento de juntas de construção; aquisição, manuseio, confecção, preparação de forma (incluindo todas as instalações de carpintaria); transporte, montagem e desmontagem (após a cura do concreto) da forma; escoramentos e cimbramentos; controle da qualidade (incluindo os laboratórios para ensaios de concreto; cimento e armadura). Para concreto projetado em taludes foram considerados também os custos de execução de malha de chumbadores 1,5 x 1,5m e 4 metros de comprimento e barbacãs.
- **11.13.00.14.15 – Armadura:** Esta composição abrange todas as composições necessárias para a execução da armação diretamente nas formas: fornecimento, arrumação e manuseio no pátio de armação; preparo na central de armação; transporte, lançamento e fixação das armaduras nas formas. A taxa média de consumo de armadura foi de 75 kg/m³.
- **11.13.00.15. Instalações e Acabamentos:** Para essa rubrica foi utilizada uma equação proposta pelo Manual de Inventário, em função da potência instalada da usina, com atualização de custos para a data base, majorada por um fator para contemplar os custos adicionais com a substituição da superestrutura de concreto por metálica.
- **11.14. Vila dos Operadores:** Não foi considerada qualquer previsão de recursos para essa rubrica, uma vez que a vila dos operadores foi admitida como reaproveitamento parcial do canteiro e acampamento de construção, quantificado na conta. 17.
- **11.27. – Eventuais da conta 11:** Para essa rubrica foi considerado um percentual de 8% do subtotal da conta.
- **Ensecadeiras:**
 - **12.16.22 – Ensecadeiras (serviços considerados em outras contas):** Para as ensecadeiras, as atividades referentes a desmatamento e escavações para preparo do terreno, foram consideradas já contempladas nas demais atividades das diversas estruturas que compõem o aproveitamento.
 - **12.16.22.19 – Ensecadeira de Rocha e Terra:** O preço unitário para esta rubrica foi composto considerando-se as seguintes atividades e percentuais de incidência:

Solo Lançado (40% do volume total): correspondente aos serviços de obtenção; carga e transporte; lançamento/espalhamento de solo, para a vedação das ensecadeiras. Foram considerados 95% do volume desse material proveniente de escavações obrigatórias, e 5%, de áreas de empréstimo.

Para o material proveniente de escavações obrigatórias, os custos de escavação; carga e transporte não foram considerados, uma vez que já incidem nas rubricas escavações comuns.

Enrocamento Lançado (50% do volume total): correspondente aos serviços de obtenção; carga e transporte; lançamento/espalhamento de enrocamento, nas ensecadeiras. Foram considerados 80% do volume do material proveniente de escavações obrigatórias, e 20%, de estoques.

Para o material proveniente de escavações obrigatórias, os custos de escavação; carga e transporte não foram considerados, uma vez que já incidem nas rubricas escavações em rocha.

Transições (10% do volume total): corresponde aos serviços de produção de brita, a partir de rocha no estoque; separação e estoque nos pátios; carga e transporte; lançamento/espalhamento e de compactação desse material nas ensecadeiras.

- **12.16.22.21 – Remoção de Ensecadeiras:** Corresponde aos serviços de escavação, carga, transporte e espalhamento do material escavado, em áreas de bota-fora. Foi considerado que 90% do volume serão de escavação em seco, feita com trator de esteira e carga com pá-carregadeira, e 10% submersa, feita com retroescavadeiras.
- **12.16.22.22 – Esgotamento e Outros Custos:** Para essa rubrica, um percentual de 15% sobre o custo de construção das ensecadeiras.
- **Canal ou Galeria / Adufas de Desvio:**
 - **12.16.24.12.10 – Escavação Comum:** Calculado considerando-se 2/3 do volume como escavação em solo e 1/3, como escavação com escarificação. Para a escavação comum, 20% do volume foi considerado com aplicação direta na área de compactação (se necessário) e 80% destinado para áreas de bota-fora.
 - **12.16.24.12.11 – Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Calculado considerando-se 90% do volume escavado destinado ao estoque e 10% com aplicação direta nas praças de compactação. Nessa rubrica também foram considerados os serviços de “pré-fissuramento”, em uma área correspondente a 0,05 do volume de rocha escavada.
 - **12.16.24.12.13 – Tratamento de Fundações:** Este serviço se refere à limpeza de superfície da rocha para fundação. Envolve as operações de retirada da rocha solta e detritos, acerto dos desníveis, drenagem das superfícies, limpeza da área, obturação das falhas e preparo final da superfície com concreto de regularização e de preenchimento das cavidades (espessura média de 0,2 m). Também foram considerados os custos de execução das cortinas de injeção e de drenagem (1 linha $\Phi=75$ mm, com espaçamento de 3 m e profundidade média de 10 m).
 - **12.16.24.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); à respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e à descarga no silo. Foi considerada a taxa de consumo igual a 350 kg/m³ para concreto convencional, 250kg/m³ para concreto massa e 450kg/m³ para concreto projetado.
 - **12.16.24.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e acabamento; tratamento de juntas de construção; aquisição, manuseio, confecção, preparação de forma (incluindo todas as instalações de carpintaria); transporte, montagem e desmontagem (após a cura do concreto) da forma; escoramentos e cimbramentos; controle da qualidade (incluindo os laboratórios para ensaios de concreto; cimento e armadura).
 - **12.16.24.14.15 – Armadura:** Esta composição abrange todas as composições necessárias para a execução da armação diretamente nas formas: fornecimento, arrumação e manuseio no pátio de armação; preparo na central de armação; transporte, lançamento e fixação das armaduras nas formas. A taxa média de consumo de armadura foi de 60 kg/m³.
- **Barragem de Terra e Enrocamento:**
 - **12.17.25.12.10 – Escavação Comum:** Calculado considerando-se 50% do volume com aplicação direta na área de compactação e 50% em áreas de bota-fora.
 - **12.17.25.13 – Limpeza e Tratamento de Fundação:** Este serviço refere-se à limpeza de camada final em solo para fundação, envolvendo as operações de escavação de material executadas com trator

de esteiras D8 L, auxiliado por um D-6 com 50% de ocupação, a carga deste material e sua retirada para bota-fora. A espessura da camada de limpeza foi considerada de 0,30m. Também foram considerados os custos de execução das cortinas de injeção e de drenagem (1 linha $\Phi=75$ mm, com espaçamento de 3 m e profundidade média de 10 m).

- **12.17.25.24 – Aterro Compactado:** Corresponde aos serviços de obtenção; carga e transporte; lançamento/espalhamento e de compactação de solo, nas barragens. Foi considerado que o volume do material é proveniente de escavações obrigatórias.
- **12.17.25.26 – Núcleo de Argila:** Estão incluídos os serviços: escavações em área de empréstimo; carga e transporte até a área de aplicação; lançamento, espalhamento e compactação; remoção de "borrachudos" ou material que por qualquer motivo não atingiu o grau de compactação especificado e controle tecnológico.
- **12.17.25.29 – Transições / Filtros:** Para as transições, foram considerados os serviços correspondentes à produção de brita, a partir de rocha no estoque; à formação de estoques nos pátios; à carga e ao transporte; ao lançamento/espalhamento e à compactação desse material.

Para os filtros, foram consideradas as atividades referentes à obtenção, beneficiamento e formação de estoques de areia lavada nos pátios e à carga, ao transporte, ao lançamento/espalhamento e à compactação desse material nas barragens.

Na composição do preço unitário, para Transições + Filtros, considerou-se 40% para as transições; 60% para os filtros horizontais e verticais.

- **12.17.25.32.19 – Proteção dos Taludes de Jusante (grama em placa):** Corresponde aos custos de serviços contratados junto a empresas especializadas.
- **12.17.25.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); à respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e à descarga no silo. Foi considerada a taxa de consumo igual a 350 kg/m³ para concreto convencional.
- **12.17.25.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e acabamento; tratamento de juntas de construção. Para concreto projetado em taludes foram considerados também os custos de execução de malha de chumbadores 1,5 x 1,5m e 4 metros de comprimento e barbacãs.
- **12.17.25.17 Outros Custos:** No sentido de prever os dispêndios com os acabamentos e drenagem de pistas, de iluminação, sinalização, etc., foi arbitrada uma verba correspondente a 2% dos custos de implantação das barragens de terra e enrocamento.
- **Barragem de Concreto:**
 - **12.17.26.12.10 – Escavação Comum:** Calculado considerando-se 20% do volume com aplicação direta na área de compactação e 80% em áreas de bota-fora.
 - **12.17.26.12.11 – Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Calculado considerando-se 90% do volume escavado destinado ao estoque e 10% com aplicação direta nas praças de compactação. Nessa rubrica também foram considerados os serviços de "pré-fissuramento", em uma área correspondente a 0,05 do volume de rocha escavada.

- **12.17.26.13 – Limpeza e Tratamento de Fundação:** Este serviço refere-se à limpeza de camada final em solo para fundação, envolvendo as operações de escavação de material executadas com trator de esteiras D8 L, auxiliado por um D-6 com 50% de ocupação, a carga deste material e sua retirada para bota-fora. A espessura da camada de limpeza foi considerada de 0,30 m. Também foram considerados os custos de execução das cortinas de injeção e de drenagem (1 linha $\Phi=75$ mm, com espaçamento de 3 m e profundidade média de 10 m).
- **12.17.26.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); à respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e à descarga no silo. Foi considerada a taxa de consumo igual a 250 kg/m³.
- **12.17.26.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e acabamento; tratamento de juntas de construção; aquisição, manuseio, confecção, transporte, compactação; controle da qualidade.
- **12.17.26.17 Outros Custos:** No sentido de prever os dispêndios com os acabamentos e drenagem de pistas, de iluminação, sinalização, etc., foi arbitrada uma verba correspondente a 2% dos custos de implantação das barragens de concreto compactado a rolo.
- **Transições e Muros de Concreto:**
 - **12.17.27.12.10 – Escavação Comum:** Calculado considerando-se 2/3 do volume como escavação em solo e 1/3, como escavação com escarificação. Para a escavação comum, 50% do volume foi considerado com aplicação direta na área de compactação e 50% destinado para Calculado considerando-se 50% do volume com aplicação direta na área de compactação e 50% em áreas de bota-fora.
 - **12.17.27.12.11 – Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Calculado considerando-se 90% do volume escavado destinado ao estoque e 10% com aplicação direta nas praças de compactação. Nessa rubrica também foram considerados os serviços de “pré-fissuramento”, em uma área correspondente a 0,05 do volume de rocha escavada.
 - **12.17.27.13 – Limpeza e Tratamento de Fundações:** Este serviço se refere à limpeza de superfície da rocha para fundação. Envolve as operações de retirada da rocha solta e detritos, acerto dos desníveis, drenagem das superfícies, limpeza da área, obturação das falhas e preparo final da superfície com concreto de regularização e de preenchimento das cavidades (espessura média de 0,2 m). Também foram considerados os custos de execução das cortinas de injeção e de drenagem (1 linha $\Phi=75$ mm, com espaçamento de 3 m e profundidade média de 10 m).
 - **12.17.27.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); a respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e a descarga no silo. A taxa de consumo considerada foi de 250 kg/m³.
 - **12.17.27.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e

acabamento; tratamento de juntas de construção; aquisição, manuseio, confecção, preparação de forma (incluindo todas as instalações de carpintaria); transporte, montagem e desmontagem (após a cura do concreto) da forma; escoramentos e cimbramentos; controle da qualidade (incluindo os laboratórios para ensaios de concreto; cimento e armadura).

- **12.17.27.17 – Outros Custos:** Previsão de verba correspondente a 2% dos custos de construção dos muros, para acabamentos e drenagem de pistas; iluminação, sinalização, etc.

- **Vertedouro de Superfície:**

- **12.18.28.12.10 – Escavação Comum (vertedouro e bacia de dissipação):** Calculado considerando-se 2/3 do volume como escavação em solo e 1/3, como escavação com escarificação. Para a escavação comum, 50% do volume foi considerado com aplicação direta na área de compactação e 50 % destinado para áreas de bota-fora. Calculado considerando-se 50% do volume com aplicação direta na área de compactação e 50% em áreas de bota-fora.

- **12.18.28.12.11 – Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Calculado considerando-se 90 % do volume escavado destinado ao estoque e 10% com aplicação direta nas praças de compactação. Nessa rubrica também foram considerados os serviços de “pré-fissuramento”, em uma área correspondente a 0,05 do volume de rocha escavada.

- **12.18.28.13 – Limpeza e Tratamento de Fundações:** Este serviço se refere à limpeza de superfície da rocha para fundação. Envolve as operações de retirada da rocha solta e detritos, acerto dos desníveis, drenagem das superfícies, limpeza da área, obturação das falhas e preparo final da superfície com concreto de regularização e de preenchimento das cavidades (espessura média de 0,2 m). Também foram considerados os custos de execução das cortinas de injeção e de drenagem (1 linha $\Phi=75$ mm, com espaçamento de 3 m e profundidade média de 10 m).

- **12.18.26.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); a respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e a descarga no silo. A taxa de consumo considerada foi de 350 kg/m³ no caso de Concreto Convencional e de 250 kg/m³ no caso de Concreto Massa.

- **12.18.28.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e acabamento; tratamento de juntas de construção; aquisição, manuseio, confecção, preparação de forma (incluindo todas as instalações de carpintaria); transporte, montagem e desmontagem (após a cura do concreto) da forma; escoramentos e cimbramentos; controle da qualidade (incluindo os laboratórios para ensaios de concreto; cimento e armadura).

- **12.18.28.17 – Outros Custos:** Previsão de verba correspondente a 2% dos custos das obras civis do vertedouro, para acabamentos e drenagem de pistas; iluminação, sinalização, etc.

- **Estrutura de Controle:**

- **12.19.30.12.10 – Escavação Comum:** Calculado considerando-se 2/3 do volume como escavação em solo e 1/3, como escavação com escarificação. Para a escavação comum, 20% do volume foi considerado com aplicação direta na área de compactação e 80% em áreas de bota-fora.

- **12.19.30.12.11 – Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Calculado considerando-se 90 % do volume escavado destinado ao estoque e 10% com aplicação direta nas praças de compactação. Nessa

rubrica também foram considerados os serviços de “pré-fissuramento”, em uma área correspondente a 0,05 do volume de rocha escavada.

- **12.19.30.13 – Tratamento de Fundações:** Este serviço se refere à limpeza de superfície da rocha para fundação. Envolve as operações de retirada da rocha solta e detritos, acerto dos desníveis, drenagem das superfícies, limpeza da área, obturação das falhas e preparo final da superfície com concreto de regularização e de preenchimento das cavidades (espessura média de 0,2 m).
- **12.19.30.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); à respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e à descarga no silo. Foi considerada a taxa de consumo igual a 350 kg/m³.
- **12.19.30.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e acabamento; tratamento de juntas de construção; aquisição, manuseio, confecção, preparação de forma (incluindo todas as instalações de carpintaria); transporte, montagem e desmontagem (após a cura do concreto) da forma; escoramentos e cimbramentos; controle da qualidade (incluindo os laboratórios para ensaios de concreto; cimento e armadura).
- **12.19.30.14.15 – Armadura:** Esta composição abrange todas as composições necessárias para a execução da armação diretamente nas formas: fornecimento, arrumação e manuseio no pátio de armação; preparo na central de armação; transporte, lançamento e fixação das armaduras nas formas. A taxa média de consumo de armadura foi de 75 kg/m³.
- **Canal de Adução:**
 - **12.19.31.12.10 – Escavação Comum:** Calculado considerando-se 2/3 do volume como escavação em solo e 1/3, como escavação com escarificação. Para a escavação comum, 20% do volume foi considerado com aplicação direta na área de compactação e 80% em áreas de bota-fora.
 - **12.19.31.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); à respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e à descarga no silo. Foi considerada a taxa de consumo igual a 350 kg/m³.
 - **12.19.31.14.14 – Concreto sem cimento:** Referente às vigas de ancoragem do revestimento em geomembrana PEAD do canal de adução. Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e acabamento; tratamento de juntas de construção; aquisição, manuseio, confecção, preparação de forma (incluindo todas as instalações de carpintaria); transporte, montagem e desmontagem (após a cura do concreto) da forma; controle da qualidade (incluindo os laboratórios para ensaios de concreto; cimento e armadura).
 - **12.19.31.14.15 – Armadura:** Esta composição abrange todas as composições necessárias para a execução da armação diretamente nas formas: fornecimento, arrumação e manuseio no pátio de armação; preparo na central de armação; transporte, lançamento e fixação das armaduras nas formas. A taxa média de consumo de armadura foi de 60 kg/m³.

- **12.19.31.32.20 – Revestimento em Geomembrana PEAD:** Esta composição abrange os custos de aquisição de geomembrana de PEAD com espessura de 1,5mm e ambas as faces lisas, bem como os serviços relativos à descarga, estoque, instalação e controle de qualidade.
- **12.19.31.32.21 – Revestimento em Geotêxtil:** Esta composição abrange os custos de aquisição de geotêxtil não tecido RT-16 para aplicação sob a geomembrana de PEAD e RT-10 para aplicação nas trincheiras da drenagem subsuperficial, bem como os serviços relativos à descarga, estoque, instalação e controle de qualidade.
- **12.19.31.13.22 – Transições / Filtros:** Para as transições, foram considerados os serviços correspondentes à produção de brita, a partir de rocha no estoque; à formação de estoques nos pátios; à carga e ao transporte; ao lançamento/espalhamento e à compactação desse material.

Para os filtros, foram consideradas as atividades referentes à obtenção, beneficiamento e formação de estoques de areia lavada nos pátios e à carga, ao transporte, ao lançamento/espalhamento e à compactação desse material nas barragens.
- **12.19.31.32.23 – Tubulação de Drenagem PEAD:** Esta composição abrange os custos de aquisição de tubulação de PEAD corrugada perfurada para drenagem com diâmetro de 250mm e conexões, bem como os serviços relativos à descarga, estoque, instalação e controle de qualidade.
- **Câmara de Carga e Tomada d'Água:**
 - **12.19.30.12.10 – Escavação Comum:** Calculado considerando-se 2/3 do volume como escavação em solo e 1/3, como escavação com escarificação. Para a escavação comum, 20% do volume foi considerado com aplicação direta na área de compactação e 80% em áreas de bota-fora.
 - **12.19.30.12.11 – Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Calculado considerando-se 90 % do volume escavado destinado ao estoque e 10% com aplicação direta nas praças de compactação. Nessa rubrica também foram considerados os serviços de “pré-fissuramento”, em uma área correspondente a 0,05 do volume de rocha escavada.
 - **12.19.30.13 – Tratamento de Fundações:** Este serviço se refere à limpeza de superfície da rocha para fundação. Envolve as operações de retirada da rocha solta e detritos, acerto dos desníveis, drenagem das superfícies, limpeza da área, obturação das falhas e preparo final da superfície com concreto de regularização e de preenchimento das cavidades (espessura média de 0,2 m).
 - **12.19.30.24 – Aterro Compactado:** Corresponde aos serviços de obtenção; carga e transporte; lançamento/espalhamento e de compactação de solo, nas barragens. Foi considerado que o volume do material é proveniente de escavações obrigatórias.
 - **12.19.30.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); à respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e à descarga no silo. Foi considerada a taxa de consumo igual a 350 kg/m³.
 - **12.19.30.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e acabamento; tratamento de juntas de construção; aquisição, manuseio, confecção, preparação de forma (incluindo todas as instalações de carpintaria); transporte, montagem e desmontagem (após a cura do concreto) da forma; escoramentos e cimbramentos; controle da qualidade (incluindo os laboratórios para ensaios de concreto; cimento e armadura).

- **12.19.30.14.15 – Armadura:** Esta composição abrange todas as composições necessárias para a execução da armação diretamente nas formas: fornecimento, arrumação e manuseio no pátio de armação; preparo na central de armação; transporte, lançamento e fixação das armaduras nas formas. A taxa média de consumo de armadura foi de 60 kg/m³.
- **12.19.31.32.20 – Revestimento em Geomembrana PEAD:** Esta composição abrange os custos de aquisição de geomembrana de PEAD com espessura de 1,5mm e ambas as faces lisas, bem como os serviços relativos à descarga, estoque, instalação e controle de qualidade.
- **12.19.31.32.21 – Revestimento em Geotêxtil:** Esta composição abrange os custos de aquisição de geotêxtil não tecido RT-16 para aplicação sob a geomembrana de PEAD e RT-10 para aplicação nas trincheiras da drenagem subsuperficial, bem como os serviços relativos à descarga, estoque, instalação e controle de qualidade.
- **12.19.31.13.22 – Transições / Filtros:** Para as transições, foram considerados os serviços correspondentes à produção de brita, a partir de rocha no estoque; à formação de estoques nos pátios; à carga e ao transporte; ao lançamento/espalhamento e à compactação desse material.

Para os filtros, foram consideradas as atividades referentes à obtenção, beneficiamento e formação de estoques de areia lavada nos pátios e à carga, ao transporte, ao lançamento/espalhamento e à compactação desse material nas barragens.
- **12.19.31.32.23 – Tubulação de Drenagem PEAD:** Esta composição abrange os custos de aquisição de tubulação de PEAD corrugada perfurada para drenagem com diâmetro de 250mm e conexões, bem como os serviços relativos à descarga, estoque, instalação e controle de qualidade.
- **Conduto Forçado:**
 - **12.19.34.12.10 – Escavação Comum:** Calculado considerando-se 2/3 do volume como escavação em solo e 1/3, como escavação com escarificação. Para a escavação comum, 20% do volume foi considerado com aplicação direta na área de compactação e 80% em áreas de bota-fora.
 - **12.19.34.12.11– Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Calculado considerando-se 90% do volume escavado destinado ao estoque e 10% com aplicação direta nas praças de compactação. Nessa rubrica também foram considerados os serviços de “pré-fissuramento”, em uma área correspondente a 0,05 do volume de rocha escavada.
 - **12.19.34.13 – Tratamento de Fundações:** Este serviço se refere à limpeza de superfície da rocha para fundação. Envolve as operações de retirada da rocha solta e detritos, acerto dos desníveis, drenagem das superfícies, limpeza da área, obturação das falhas e preparo final da superfície com concreto de regularização e de preenchimento das cavidades (espessura média de 0,2 m).
 - **12.19.34.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); à respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e à descarga no silo. Foi considerada a taxa de consumo igual a 350 kg/m³.
 - **12.19.34.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e acabamento; tratamento de juntas de construção; aquisição, manuseio, confecção, preparação de forma (incluindo todas as instalações de carpintaria); transporte, montagem e desmontagem (após

a cura do concreto) da forma; escoramentos e cimbramentos; controle da qualidade (incluindo os laboratórios para ensaios de concreto; cimento e armadura).

- **12.19.34.14.15 – Armadura:** Esta composição abrange todas as composições necessárias para a execução da armação diretamente nas formas: fornecimento, arrumação e manuseio no pátio de armação; preparo na central de armação; transporte, lançamento e fixação das armaduras nas formas. A taxa média de consumo de armadura foi de 50 kg/m³.
- **Canal de Fuga:**
 - **12.19.35.12.10 – Escavação Comum (Canal de Fuga):** Calculado considerando-se 2/3 do volume como escavação em solo e 1/3, como escavação com escarificação. Para a escavação comum, 50% do volume foi considerado com aplicação direta na área de compactação e 50% em áreas de bota-fora.
 - **12.19.35.12.11 – Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Calculado considerando-se 90% do volume escavado destinado ao estoque e 10% com aplicação direta nas praças de compactação. Nessa rubrica não foram considerados serviços de “pré-fissuramento”.
 - **12.19.34.12.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); à respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e à descarga no silo. Foi considerada a taxa de consumo igual a 450 kg/m³.
 - **12.19.34.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento do concreto. Para concreto projetado em taludes foram considerados também os custos de execução de malha de chumbadores 1,5 x 1,5m e 4 metros de comprimento e barbacãs.
 - **12.27.98. Eventuais da Conta. 12 – Obras Civis:** Para essa rubrica foi considerado um percentual igual a 8,0% do subtotal da conta.

A Tabela 8-1 apresenta os resultados dos custos unitários atualizados para a data de referência dos estudos.

Tabela 8-1: Obras Civis – Preços Unitários (junho/2021)

Atividade	Unidade	Preços Unitários (R\$)
Casa de Força		
11.13.00.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
11.13.00.12.11 - Escavação em rocha a céu aberto	m ³	36,00
11.13.00.13 - Limpeza e tratamento de fundação	m ²	115,00
11.13.00.14.13 - Cimento	t	650,00
11.13.00.14.14a - Concreto convencional sem cimento	m ³	630,00
11.13.00.14.14b - Concreto massa sem cimento	m ³	390,00
11.13.00.14.14c - Concreto projetado sem cimento	m ³	3.800,00
11.13.00.14.15 - Armadura	t	9.000,00
Ensecadeiras		
12.16.22.19.10 - Solo lançado	m ³	15,00

Atividade	Unidade	Preços Unitários (R\$)
12.16.22.19.11 - Enrocamento lançado	m ³	100,00
12.16.22.19.12 - Transições e filtros	m ³	100,00
12.16.22.21 - Remoção de enseadeiras	m ³	16,00
Canal ou Galeria / Adufas de Desvio		
12.16.24.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
12.16.24.12.11 - Escavação em rocha a céu aberto	m ³	36,00
12.16.24.13 - Limpeza da fundação	m ²	180,00
12.16.24.14.13 - Cimento	t	650,00
12.16.24.14.14a - Concreto convencional sem cimento	m ³	750,00
12.16.24.14.14b - Concreto massa sem cimento	m ³	390,00
12.16.24.14.14c - Concreto projetado sem cimento	m ³	3.800,00
12.16.24.14.15 - Armadura	t	9.000,00
Barragem de Terra e Enrocamento		
12.17.25.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
12.17.25.13 - Limpeza da fundação	m ²	90,00
12.17.25.24 - Aterro compactado	m ³	18,00
12.17.25.26 - Núcleo de argila	m ³	26,00
12.17.25.29 - Transições e filtros	m ³	100,00
12.17.25.32.19 - Talude em grama	m ²	10,00
12.17.25.14.13 - Cimento	t	650,00
12.17.25.14.14 - Concreto convencional sem cimento	m ³	450,00
Barragem de Concreto		
12.17.26.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
12.17.26.13 - Limpeza da fundação	m ²	250,00
12.17.26.14.13 - Cimento	t	650,00
12.17.26.14.14 - Concreto massa sem cimento	m ³	465,00
Muros de Concreto		
12.17.27.13 - Limpeza da fundação	m ²	145,00
12.17.27.14.13 - Cimento	t	650,00
12.17.27.14.14 - Concreto massa sem cimento	m ³	500,00
Vertedouro		
12.18.28.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
12.18.28.13 - Limpeza da fundação	m ²	200,00
12.17.28.14.13 - Cimento	t	650,00
12.17.28.14.14 - Concreto massa sem cimento	m ³	460,00
Estrutura de Controle		

Atividade	Unidade	Preços Unitários (R\$)
12.19.30.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
12.19.30.12.11 - Escavação em rocha a céu aberto	m ³	36,00
12.19.30.13 - Limpeza da fundação	m ²	220,00
12.19.30.14.13 - Cimento	t	650,00
12.19.30.14.14 - Concreto convencional sem cimento	m ³	810,00
12.19.30.14.15 - Armadura	t	9.000,00
Canal de Adução		
12.19.31.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
12.19.31.24 - Aterro compactado	m ³	12,00
12.19.31.14.13 - Cimento	t	650,00
12.19.31.14.14 - Concreto convencional sem cimento	m ³	450,00
12.19.31.14.15 - Armadura	t	9.000,00
12.19.31.32.20 - Revestimento em geomembrana de PEAD	m ²	35,00
12.19.31.32.21 - Revestimento em geotêxtil	m ²	10,00
12.19.31.32.22 - Transições e filtros	m ³	100,00
12.19.31.32.23 - Tubulação de drenagem em PEAD	m	120,00
Câmara de Carga e Tomada d'Água		
12.19.30.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
12.19.30.12.11 - Escavação em rocha a céu aberto	m ³	36,00
12.19.30.24 - Aterro compactado	m ³	12,00
12.19.30.13 - Limpeza da fundação	m ²	115,00
12.19.30.14.13 - Cimento	t	650,00
12.19.30.14.14 - Concreto convencional sem cimento	m ³	750,00
12.19.30.14.15 - Armadura	t	9.000,00
12.19.30.32.20 - Revestimento em geomembrana de PEAD	m ²	35,00
12.19.30.32.21 - Revestimento em geotêxtil	m ²	10,00
12.19.30.32.22 - Transições e filtros	m ³	100,00
12.19.30.32.23 - Tubulação de drenagem em PEAD	m	120,00
Conduto Forçado		
12.19.34.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
12.19.34.12.11 - Escavação em rocha a céu aberto	m ³	36,00
12.19.34.13 - Limpeza da fundação	m ²	115,00
12.19.34.14.13 - Cimento	t	650,00
12.19.34.14.14 - Concreto convencional sem cimento	m ³	710,00
12.19.34.14.15 - Armadura	t	9.000,00
Canal de Fuga		

Atividade	Unidade	Preços Unitários (R\$)
12.19.35.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
12.19.35.12.11 - Escavação em rocha a céu aberto	m ³	36,00
12.19.35.14.13 - Cimento	t	650,00
12.19.35.14.14 - Concreto projetado sem cimento	m ³	3.800,00

8.2. Equipamentos Eletromecânicos

Nas estimativas de preços dos equipamentos eletromecânicos, principais e auxiliares, foi utilizado banco de dados elaborado a partir de obras similares, complementadas por consultas informais a fabricantes e fornecedores especializados.

O item Equipamentos Diversos da Usina – Conta .15, devido a sua difícil caracterização nesta fase de estudos, foi estimado conforme sugerido pelo Manual de Inventário, como um percentual de 6% dos custos referentes a Turbinas e Geradores.

Relativamente às rubricas referentes a Custos Eventuais de Equipamentos, foram previstos percentuais sobre o valor das respectivas contas.

8.3. Custos Indiretos e Juros Durante a Construção

Para a composição dos Custos Indiretos (conta .17), foram admitidas as seguintes alíquotas:

- Construção do Canteiro e Acampamento..... 3,0% do total das contas .11 a .16
- Engenharia..... 3,0% do total das contas .11 a .16
- Projetos ambientais5,0% do total da conta .10
- Administração do Proprietário 3,5% do total das contas .10 a .16
- Eventuais 8,0% sobre os itens que compõem a conta .17

Para a conta .18: Juros Durante a Construção (JDC) foram considerados os procedimentos propostos pelo Manual de Inventário, estimados a partir do fluxo de despesas previsto no planejamento executivo da obra, para uma taxa de juros de 10% ao ano.

9. DIMENSIONAMENTOS HIDRÁULICOS

Para dar suporte ao detalhamento dos estudos de projeto básico em tela, foram desenvolvidos estudos hidráulicos básicos, de acordo com as diretrizes e critérios de dimensionamento preconizados nas “Diretrizes para Elaboração de Projeto Básico de Usinas Hidrelétricas” e nos “Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas” – MME/Eletróbrás.

Os dimensionamentos hidráulicos foram obtidos das planilhas de dimensionamento das estruturas componentes dos arranjos implantados sobre o modelo digital de terreno, resultante dos levantamentos topográficos.

Foram desenvolvidos estudos hidráulicos para as estruturas de desvio, de extravasão, de adução e de geração, cujos critérios, condições de contorno e rotinas de cálculo adotadas são explicadas detalhadamente nos itens que se seguem.

9.1. Estruturas de Desvio

A partir dos dados e estudos hidrológicos atualizados, o sistema e estruturas de desvio foram concebidos e dimensionados para garantir a passagem de vazões com recorrência de até 25 anos, no ano hidrológico completo.

Para a execução das obras previstas na alternativa de arranjo geral das estruturas foram configuradas duas fases de desvio do rio.

No desvio de primeira fase, as estruturas e áreas em construção serão protegidas por septos do terreno natural (solo remanescente).

Para a continuidade das obras no leito e seus trechos adjacentes, a segunda fase de desvio será caracterizada pela execução de ensecadeiras, montante e jusante, de forma a direcionar o fluxo para as estruturas de desvio. O fluxo, então, será desviado para adufas, incorporadas ao barramento e executadas em concreto armado.

Os itens que se seguem apresentam a metodologia e a rotina de cálculo para o dimensionamento do desvio do rio, considerando as configurações admitidas no arranjo geral das estruturas.

9.1.1. Desvio de Primeira Fase

O dimensionamento do desvio de primeira fase será dividido em três etapas:

1. Determinação das características do regime crítico na saída do canal;
2. Determinação das características do regime natural do rio na saída do canal;
3. Definição do regime do escoamento.

A Figura 9-1 ilustra de forma esquemática a metodologia proposta para o dimensionamento do desvio de primeira etapa.

Sejam os seguintes parâmetros básicos para dimensionamento:

- El_s Cota média do fundo do rio na seção imediatamente a jusante do canal;
- El_{ec} Cota média do fundo do canal na seção de entrada;
- El_{sc} Cota média do fundo do canal na seção de saída;
- B_s Largura do rio na seção imediatamente a jusante do canal;

- B_{ec} Largura do canal na seção de entrada;
- B_{sc} Largura do canal na seção de saída;
- L_{cd} Comprimento do canal;
- Q_k Vazão de projeto do desvio para tempo de recorrência de k anos;
- NA_{dcn} Nível de água natural no rio na seção imediatamente a jusante do canal para vazão Q_k ;
- Tipo* Canal com estrangulamento da seção com fundo irregular.

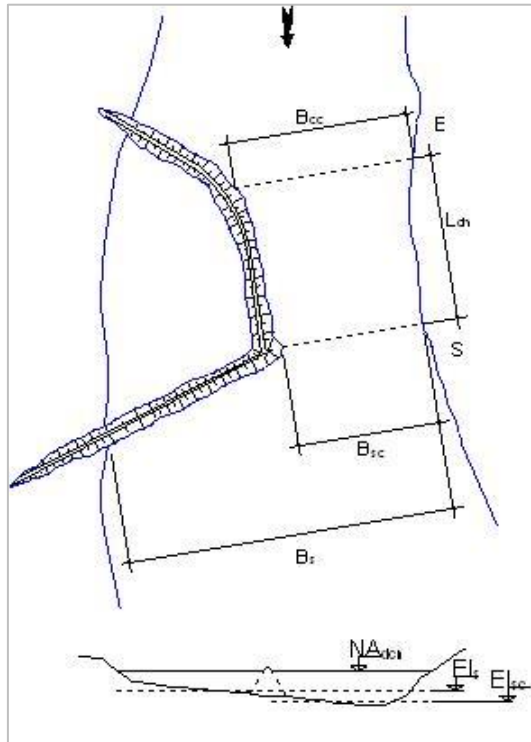


Figura 9-1: Planta e seção transversal típica de canal de desvio

Inicialmente é calculada a profundidade crítica da lâmina d'água na seção de saída do canal (Y_{cs}) por meio da seguinte equação:

$$Y_{cs} = \sqrt[3]{\frac{1}{g} \left(\frac{Q_k}{B_{cs}} \right)^2}$$

Onde:

- Q_k Vazão de projeto do desvio para o tempo de recorrência adequadamente selecionado (25 anos, período total), em m^3/s ;
- B_{cs} Largura do canal na seção de saída, em metros;
- g Aceleração da gravidade, em m/s^2 .

A velocidade crítica na seção de saída do canal (V_{cs}) é dada pela seguinte equação:

$$V_{cs} = \frac{Q_k}{B_{sc} Y_{cs}}$$

Diante disso, pode-se calcular a declividade da linha de energia (i_{cs}), a altura de energia na seção de saída do canal (E_{cs}) e também o nível d'água crítico na seção de saída do canal (NA_{cs}), por meio das seguintes expressões:

$$i_{cs} = 100 \frac{n^2 V_{cs}^2}{Y_{cs}^{4/3}}$$

$$E_{cs} = NA_{cs} + \frac{V_{cs}^2}{2g}$$

$$NA_{cs} = El_{cs} + Y_{cs}$$

Onde:

n Coeficiente de rugosidade que depende do tipo de leito em estudo. Para canal escavado em solo, adota-se 0,025; para canal escavado em rocha, 0,035 e para estrangulamento com fundo irregular, o valor a ser adotado é 0,040;

El_{cs} Cota média do fundo do canal na seção de saída, medida em metros.

Feito isso, serão calculadas a profundidade da lâmina d'água (Y_s), a declividade da linha de energia (i_s) e a altura de energia (E_{dcn}) considerando o regime natural do rio na saída do canal. Para tanto, será utilizada a seguinte formulação:

$$Y_s = NA_{dcn} - El_s$$

$$V_s = \frac{Q_k}{B_s Y_s}$$

$$i_s = 100 \frac{n^2 V_s^2}{Y_s^{4/3}}$$

$$E_{dcn} = NA_{dcn} + \frac{V_s^2}{2g}$$

Onde:

NA_{dcn} Nível d'água natural no rio na seção imediatamente a jusante do canal para a vazão Q_k , medido em metros;

El_s Cota média do fundo do rio na seção imediatamente a jusante do canal, medida em metros;

B_s Largura do rio na seção imediatamente a jusante do canal, medida em metros.

Para a definição do regime do escoamento e também dos níveis d'água a montante e a jusante da enseadeira de primeira fase (NA_{dm} e NA_{dl}) deverão ser considerados os seguintes casos:

1. Caso 1 – Se $i_s < i_{cs}$ e $E_{dcn} < E_{cs}$, o regime de escoamento será subcrítico com controle não afogado;
2. Caso 2 – Se $i_s < i_{cs}$ e $E_{dcn} \geq E_{cs}$, o regime de escoamento será subcrítico com controle afogado;
3. Caso 3 – Se $i_s \geq i_{cs}$, o regime de escoamento será crítico e supercrítico.

As equações de cálculo dos níveis d'água a serem aplicadas em cada caso acima identificado são as seguintes:

CASO 1

$$NA_{dl} = El_{sc} + Y_n$$

$$NA_{dm} = E_{cs} + h_p$$

Onde:

$$Y_n = 1,25y_{cs}$$

$$h_p = L_{cd} \frac{n^2 V_n^2}{Y_n^{4/3}}$$

$$V_n = \frac{Q_k}{B_{mc} Y_n}$$

$$B_{mc} = \frac{B_{ec} + B_{sc}}{2}$$

CASO 2

$$NA_{dl} = NA_{dcn}$$

$$NA_{dm} = NA_{dcn} + h_p + h_{vn}$$

Onde:

$$h_p = L_{cd} \frac{n^2 V_n^2}{Y_n^{4/3}}$$

$$h_{vn} = \frac{V_n^2}{2g}$$

$$V_n = \frac{Q_k}{B_{mc} Y_n}$$

$$Y_n = E_{dcn} - \frac{V_n'^2}{2g} - El_{sc}$$

$$V_n' = \frac{B_s}{B_{mc}} V_s$$

CASO 3

$$NA_{dl} = NA_{cs} \text{ até } NA_{ce}(\text{variável})$$

$$NA_{dm} = E_{ce}$$

Onde:

$$NA_{ce} = El_{ec} + Y_{ce}$$

$$E_{ce} = NA_{ce} + h_{vce}$$

$$Y_{ce} = \sqrt[3]{\frac{1}{g} \left(\frac{Q_k}{B_{ec}} \right)^2}$$

$$h_{vce} = \frac{V_{ce}^2}{2g}$$
$$V_{ce} = \frac{Q_k}{B_{ec}Y_{ce}}$$

9.1.2. Desvio de Segunda Fase

Na segunda fase do desvio do rio o fluxo será desviado para adufas incorporadas ao barramento e executadas em concreto armado convencional.

O dimensionamento dessas estruturas de desvio foi feito de acordo com os procedimentos previstos no “Hydraulic Design Criteria”, editado pelo “U.S. Corp of Engineers”, complementado por simulações de remanso, nos canais de aproximação e restituição, com a aplicação do modelo HEC-RAS.

Será apresentada a seguir uma breve metodologia da rotina de cálculo utilizada no dimensionamento da segunda fase do desvio do rio.

Para a solução de desvio por adufas, inicialmente são fixadas suas dimensões geométricas, ou seja, B_{1ad} (largura de uma adufa, em metros) e H_{ad} (altura das adufas). Aqui se deve observar o atendimento à seguinte inequação:

$$H_{ad} \leq 3,1B_{1ad}$$

Com base em relações empíricas e em função da vazão de dimensionamento correspondente ao período de exposição das estruturas de desvio ($Q_k, T_r = 25$ anos, período completo, em m^3/s), define-se também o número de adufas (N_{ad}) utilizadas no desvio de segunda etapa do rio.

Dessa forma, calcula-se a velocidade média do escoamento (V_a , em m/s). A equação seguinte ilustra esse cálculo:

$$V_a = \frac{Q_k}{N_{ad}B_{1ad}H_{ad}}$$

Ressalta-se que a velocidade média do escoamento deverá ser necessariamente inferior a 15,0 m/s, adotando-se, preferencialmente, um valor próximo a 5,0 m/s, com o objetivo de se garantir maior segurança durante a operação de desvio do rio por essas estruturas.

A espessura dos pilares entre as adufas (e_{pl} , em metros) foi fixada em 1,5 m e a espessura dos pilares extremos das adufas (e'_{pl} , em metros), 1,0 m.

Sendo assim, a largura total das adufas (B_{ad}) pode ser calculada pela expressão abaixo indicada.

$$B_{ad} = (N_{ad}B_{1ad}) + (N_{ad} - 1)e_{pl} + 2e'_{pl}$$

Feita toda a caracterização geométrica do conjunto de adufas de desvio, passa-se então ao cálculo do nível d'água junto à ensecadeira de montante, para definição de sua cota de elevação. Para tanto, faz-se necessária uma verificação do afogamento na saída das adufas de desvio.

Caso haja verificação da inequação que se segue, o escoamento na saída das adufas será afogado.

$$E_{dcr} \geq E_{ad}$$

Sendo:

$$E_{dcr} = NA_{dcr} + \frac{V_{cr}^2}{2g}$$

$$V_{cr} = \frac{Q_k}{B_{ad}(NA_{dcr} - El_{cr})}$$
$$E_{ad} = El_{ca} + H_{ad} + \frac{V_a^2}{2g}$$

Onde:

- E_{dcr} Altura da linha de energia no canal de restituição das adufas, em metros;
- NA_{dcr} Nível d'água no canal de restituição das adufas para a vazão de projeto de desvio, em metros;
- V_{cr} Velocidade média do escoamento no canal de restituição, em m/s;
- El_{cr} Cota do fundo do canal de restituição do desvio, em metros;
- E_{ad} Altura da linha de energia na saída das adufas, em metros;
- El_{ca} Cota do fundo do canal de aproximação às adufas do desvio, em metros.

Portanto, para saída da adufa afogada, o nível d'água junto à ensecadeira de montante (NA_{dm}) é dado pela equação que se segue.

$$NA_{dm} = E_{dcr} + h_p$$

Sendo:

$$h_p = 0,2 \frac{V_a^2}{2g} + L_{desvio} \frac{n^2 V_a^2}{R_h^{4/3}}$$
$$R_h = \frac{B_{1ad} H_{ad}}{2(B_{1ad} + H_{ad})}$$
$$n = 0,010$$

Onde:

- h_p Perda de carga ao longo da adufa de desvio;
- R_h Raio hidráulico de uma abertura das adufas;
- n Coeficiente de Manning;
- L_{desvio} Comprimento da estrutura de desvio.

Para saída da adufa em jato livre, o nível d'água junto à ensecadeira de montante (NA_{dm}) é dado pela equação que se segue.

$$NA_{dm} = El_{ca} + H$$

Sendo:

$$H = K_H H_{ad}$$

Onde:

$$K_H = 0,018K_Q^3 - 0,132K_Q^2 + 0,688K_Q + 0,18$$

Na equação anterior, empírica, K_Q é um coeficiente variável para dimensionamento das adufas. Inicialmente seu valor será considerado 3,20.

Para atender às restrições de largura ou de altura mínimas, pode-se diminuir o coeficiente K_Q .

Para atender à limitação de velocidade pode-se aumentar a largura ou o número de aberturas ou ainda diminuir o coeficiente K_Q .

De qualquer forma, quando de qualquer alteração no dimensionamento, a seguinte relação deverá ser respeitada:

$$K_Q N_{ad} B_{1ad} H_{ad}^{3/2} = Q_k$$

Para que a adufa seja eficiente, ou seja, trabalhe afogada na entrada, deve ser respeitada a seguinte restrição para o coeficiente K_Q :

$$K_Q \geq 1,5$$

A adoção do coeficiente K_Q mais elevado resulta em adufas com dimensões menores e ensecadeiras de maior altura.

Diante do exposto anteriormente, fica definido o nível d'água junto à ensecadeira de montante e assim a sua cota de coroamento, admitida 1,0 m acima do NA_{dm} .

Para definição do nível d'água junto à ensecadeira de jusante (NA_{jm}) e sua cota de coroamento, admitida 1,0 m acima do NA_{jm} , utiliza-se a curva-chave do canal de fuga.

9.2. Vertedouro

A capacidade de transposição de vazões de um vertedouro é calculada pela fórmula que se segue:

$$Q = CLH^{3/2}$$

Onde:

- Q Vazão vertida, medida em m^3/s ;
- L Largura efetiva do vertedouro, medida em metros;
- C Coeficiente que depende da forma da soleira;
- H Altura da linha de energia acima da crista da soleira, medida em metros.

O parâmetro L é igual à largura total L' do vertedouro, que pode compor-se de n vãos (n_v) separados entre si por pilares de espessura dimensionada, diminuída pela largura da contração lateral do jato d'água, quando tratar-se de um vertedouro controlado por comportas ou simplesmente o parâmetro L do vertedouro quando tratar-se de um vertedouro de soleira livre. O coeficiente de contração K depende da forma dos pilares.

Sendo assim:

$$Q = (L' - KH)CH^{3/2}$$

$$L' = n_v L_0$$

$$K = 2(n_p K_p + K_a)$$

O coeficiente C nestas equações depende:

- Da forma da soleira;
- De sua altura sobre o fundo da adução;

- Da inclinação de sua frente de montante;
- Do nível d'água de jusante;
- Da velocidade d'água a jusante.

Os diagramas representados na Figura 9-2 até a Figura 9-5 (“Design of Small Dams”) foram utilizados para a fixação do valor do coeficiente C .

A Figura 9-2 indica o valor C_0 , para soleira com frente vertical, que representa a forma base do vertedouro. Já a Figura 9-3 corrige o coeficiente de descarga inicial para soleiras com frentes inclinadas (C_i/C_v).

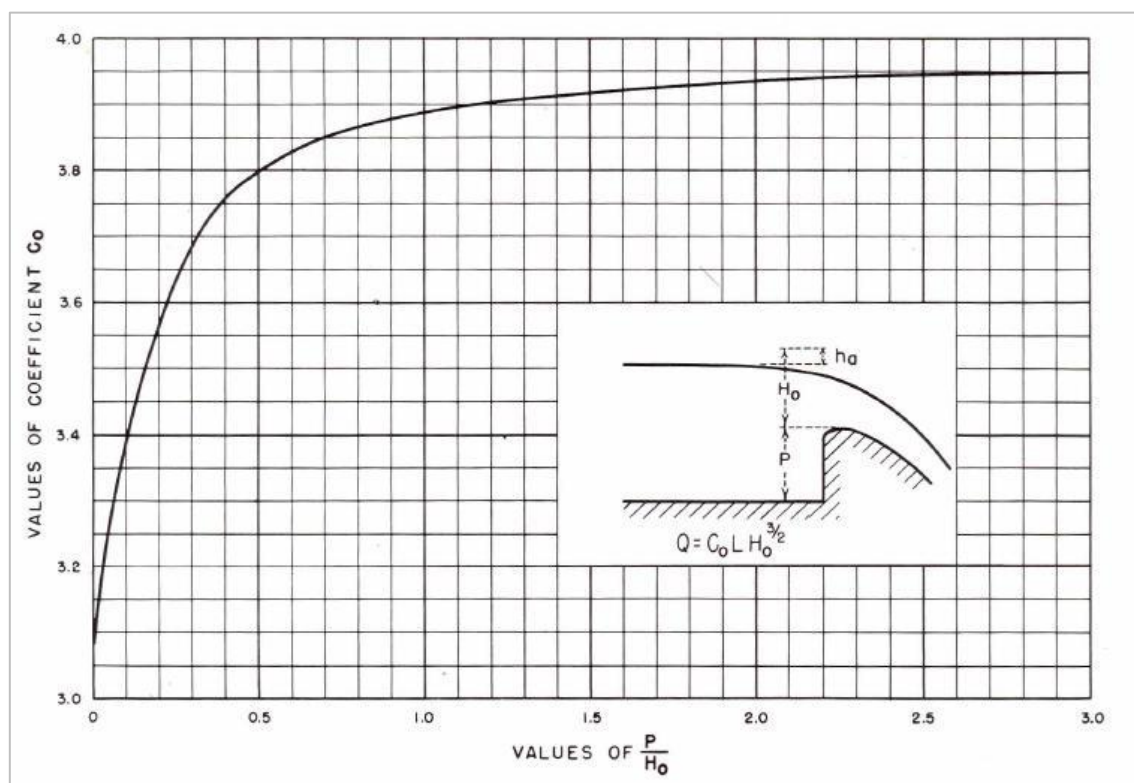


Figura 9-2: Coeficiente de descarga para vertedouro com ogiva de paramento vertical

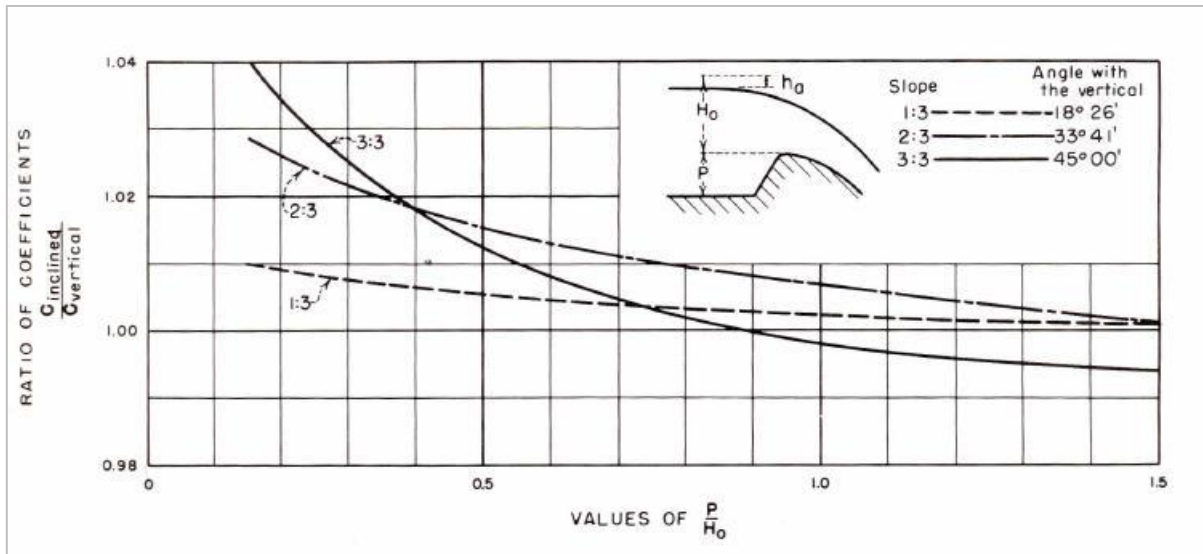


Figura 9-3: Correção do coeficiente de descarga para vertedouro com ogiva de paramento inclinado

A Figura 9-4 mostra as correções do coeficiente de descarga para o caso da linha energética efetiva não coincidir com aquela para qual a forma da soleira foi desenhada.

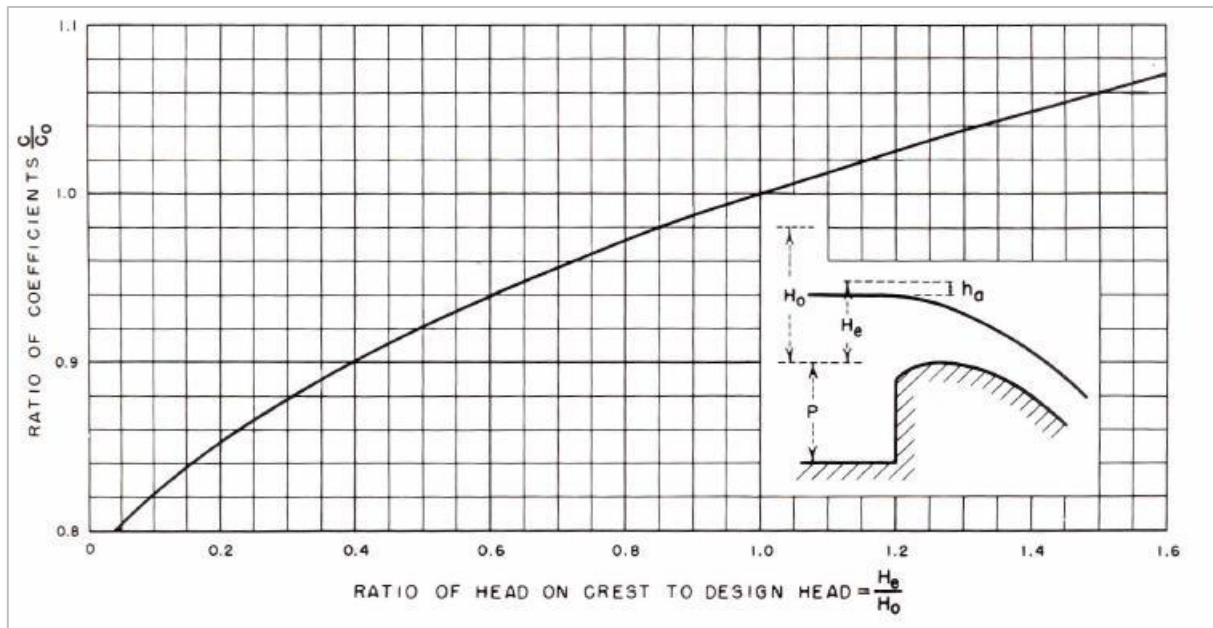


Figura 9-4: Correção do coeficiente de descarga para vertedouro submetido a cargas diferentes da carga de projeto

Esses diagramas indicam o valor do coeficiente de descarga, sem levar em conta a influência da altura do nível d'água de jusante, que deve ser verificada utilizando-se a Figura 9-5.

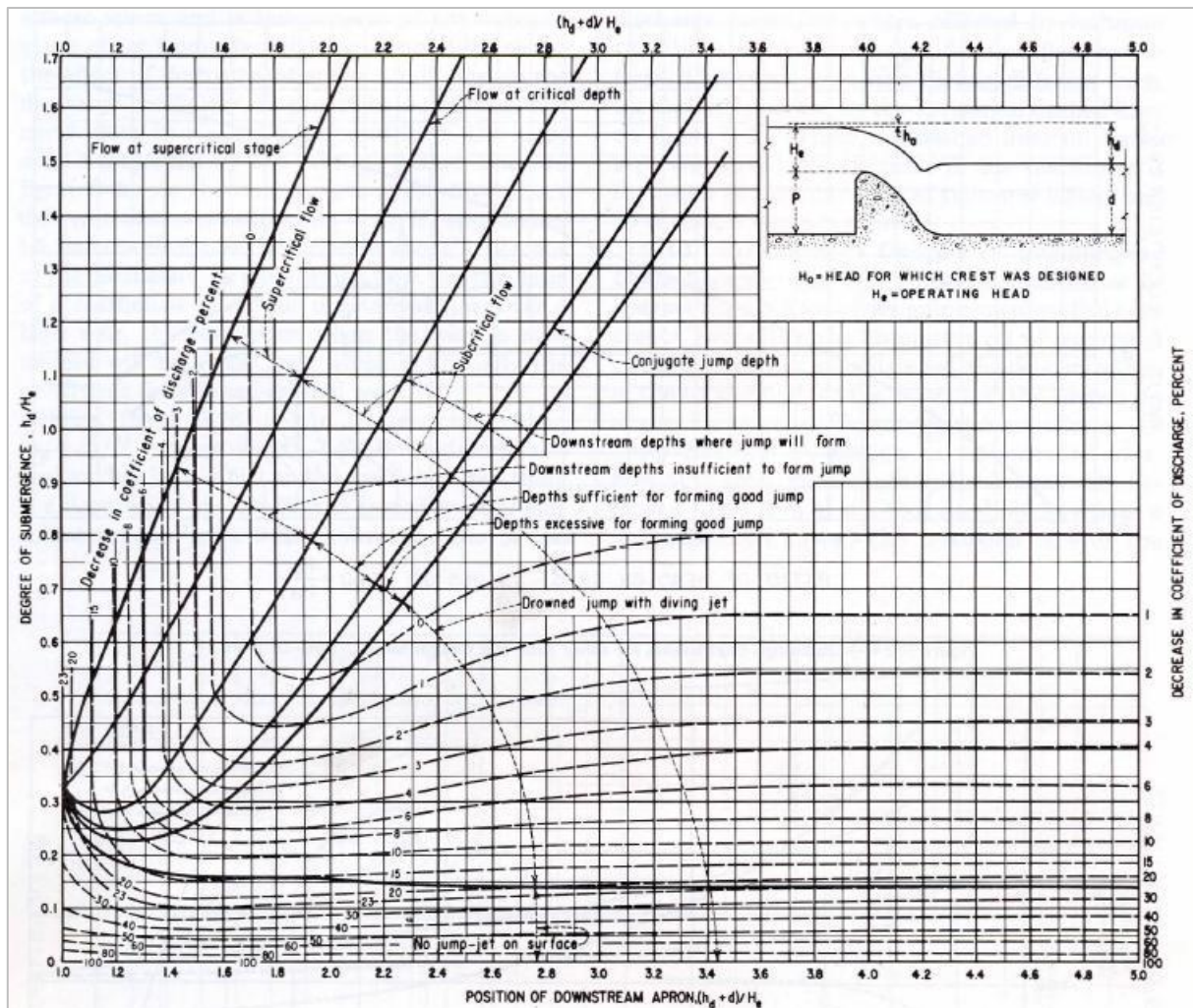


Figura 9-5: Correção do coeficiente de descarga para vertedouro sob a influência do nível d'água de jusante

Nos estudos para definição do arranjo geral das estruturas do barramento, o vertedouro foi previsto para ser implantado com soleira livre, paramento de jusante em escada para dissipação de parte da energia do fluxo vertido e uma pequena bacia revestida com concreto convencional para dissipação da energia remanescente do paramento em escada.

O vertedouro foi dimensionado para a vazão milenar, sendo a borda livre fixada em função do resultado desse dimensionamento e da verificação do comportamento da estrutura em operação considerando a passagem da cheia decamilenar.

Os coeficientes de descarga adotados referem-se a uma estrutura vertente perpendicular ao fluxo, ou seja, a um vertedouro de soleira convencional. Concepções não usuais tenderiam a reduzir a capacidade de descarga do vertedouro, por meio da redução desse coeficiente de descarga.

Na definição da estrutura, a ogiva, constituída por um perfil tipo "Creager", foi projetada para a passagem da vazão de projeto, de modo a introduzir sobrelevação do nível d'água máximo normal ($NA_{m\acute{a}x}$) do reservatório. Nesses dimensionamentos foram levadas em consideração as condições de aproximação e de restituição e as perdas de carga introduzidas pelos muros laterais.

O dimensionamento da soleira vertente foi realizado com a aplicação de algoritmos e coeficientes preconizados no “Hydraulic Design Criteria” (HDC), editado pelo “U. S. Corp of Engineers” e o sistema de dissipação de energia dimensionado de acordo com a publicação “Design of Stepped Spillways and Downstream Energy Dissipators” e o HDC.

A estrutura vertente, sem controle de vazões, foi concebida com seção do tipo gravidade e prevista sua execução, na sua maior parte, em concreto-massa. Seu paramento de montante foi previsto inclinado na proporção de $0,30(H):1,00(V)$, com o objetivo de tornar a estrutura estável quanto à flutuação, tombamento e escorregamento. O paramento de jusante, previsto com degraus para dissipação de parte da energia do fluxo vertido, apresenta inclinação resultante de $0,85(H):1,00(V)$.

Ambos os paramentos do vertedouro serão revestidos por Concreto Convencional (CC), a fim de mitigar a percolação de água através da estrutura.

A energia remanescente do fluxo no paramento em escada deverá ser dissipada por ressalto hidráulico em bacia protegida por laje e por muros de concreto. O dimensionamento das estruturas de dissipação de energia foi efetuado para a vazão centenária e verificado o seu bom funcionamento para diversas vazões representativas, com ênfase para a vazão milenar.

A Figura 9-6 ilustra a definição do gabarito hidráulico para os vertedouros estudados.

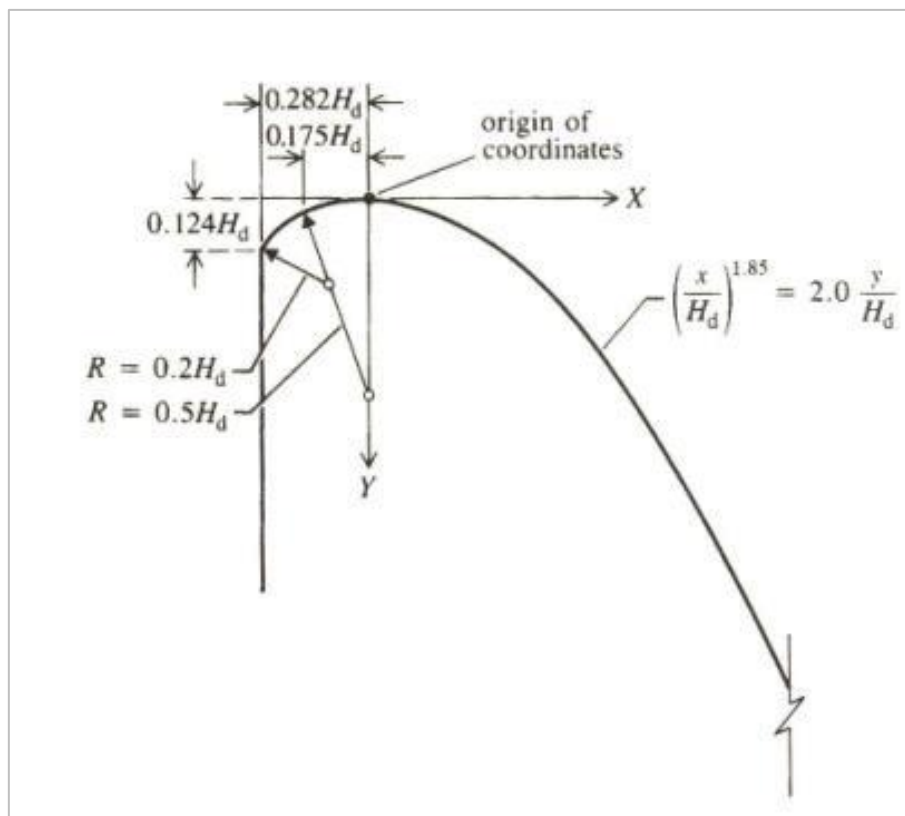


Figura 9-6: Gabarito hidráulico para vertedouro de soleira livre – definição do perfil Creager

A Figura 9-7 apresenta a definição do paramento de jusante tipo escada, com inclinação resultante de $0,85(H):1,00(V)$.

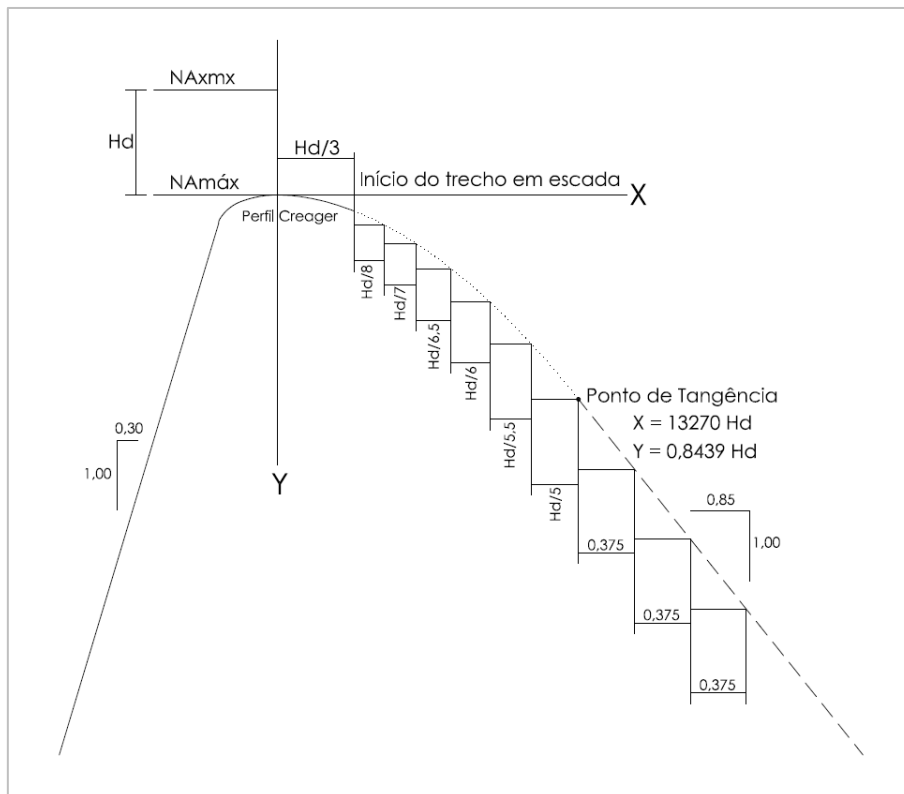


Figura 9-7: Vertedouro de soleira livre com paramento de jusante em escada – definição das dimensões dos degraus

9.3. Circuitos de Adução

O circuito de adução compõe-se de estrutura de controle, canal de adução, câmara de carga, tomada d'água, conduto forçado, casa de força e canal de fuga.

O dimensionamento do circuito foi feito para garantir a passagem da vazão máxima turbinada, com velocidade controlada na área bruta das grades, velocidades compatíveis com as aberturas das comportas de emergência e transição suave para o conduto.

O afogamento mínimo das grades e aberturas das comportas foi feito de acordo com o critério de Gordon, admitindo-se condições de aproximação assimétricas.

Para o conjunto circuito de adução e turbinas, foram feitas verificações das condições de estabilidade do sistema, para casos de abertura/fechamento bruscos das turbinas e a inércia dos condutos.

As perdas de carga foram determinadas por meio da fórmula universal, para perdas distribuídas, e coeficientes específicos, para perdas localizadas, de acordo com parâmetros recomendados no HDC e em literatura especializada.

Os itens subsequentes apresentam os critérios e equações utilizadas para o cálculo das perdas de carga no circuito e para os dimensionamentos gerais.

9.3.1. Dimensionamento da tomada d'água

A submersão da tomada d'água, tanto na entrada da grade como na comporta vagão, foi verificada de acordo com os critérios de Gordon:

$$h_s \geq 0,7v\sqrt{H}$$

Onde v é a velocidade na entrada da grade ou na seção da comporta, e H é a altura da grade ou da comporta.

O coeficiente 0,7 foi utilizado para entrada lateral, e não frontal, de forma conservadora.

9.3.2. Dimensionamento do conduto forçado

Os condutos foram dimensionados para a garantia de regulação do circuito de adução e para garantia da condição autoportante.

Para a verificação de regulação do circuito de alta pressão, foi estimada a constante de aceleração do escoamento (t_h) no circuito de alta pressão, de acordo com a seguinte relação:

$$t_h = \frac{v_{tn}L_{tn}}{gH_b}$$

onde v_{tn} é a velocidade do escoamento no conduto forçado e L_{tn} , o seu comprimento, e $t_h \leq 3,0$ s.

9.3.3. Cálculo das perdas de carga no circuito de adução

Este item apresenta os critérios adotados para o levantamento das curvas de perda de carga no circuito de geração da usina, desde a tomada d'água até a entrada das turbinas.

As perdas de carga no circuito de geração foram calculadas pela seguinte equação:

$$h_p = h_d + h_l$$

Onde

- h_p : perdas de carga no circuito de adução, em m.c.a.;
- h_d : perdas de carga distribuídas, em m.c.a.;
- h_l : perdas de carga localizadas, em m.c.a..

9.3.3.1. Perdas de carga distribuídas no canal de adução

As perdas de carga distribuídas no canal de adução (h_{d-ca}) foram calculadas por meio da seguinte equação:

$$h_d = \frac{Ln^2v^2}{R_h^{4/3}}$$

Onde

- L : comprimento do trecho, em m;
- n : número de Manning;
- v : velocidade no trecho, em m/s;
- R_h : raio hidráulico, em m.

O seguinte número de Manning foi adotado:

- Escoamento em manta PEAD0,014

O raio hidráulico (R_h), por sua vez, foi calculado por meio da seguinte relação:

$$R_h = \frac{A_m}{P_m}$$

Onde

A_m : área molhada, em m²;

P_m : perímetro molhado, em m.

9.3.3.2. Perdas de carga distribuídas no conduto forçado

As perdas de carga distribuídas foram estimadas de acordo com a fórmula universal, representada pela seguinte relação:

$$h_d = \lambda \frac{L}{d_{eq}} \frac{v^2}{2g}$$

Onde

λ : coeficiente de perda de carga;

L : comprimento do trecho, em m;

d_{eq} : diâmetro equivalente no trecho, em m;

v : velocidade no trecho, em m/s;

g : aceleração da gravidade no local, assumida como 9,7803 m/s².

O coeficiente de perda de carga, λ , é dado pelas seguintes relações:

$$\lambda = \frac{64}{Re}, \text{ se } Re \leq 2400$$

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}}, \text{ se } 4000 \leq Re \leq \frac{23}{\varepsilon/d}$$

$$\lambda = \frac{1}{\left(1,8 \log \frac{Re}{Re_{10d} + 7}\right)^2}, \text{ se } \frac{23}{\varepsilon/d} \leq Re \leq \frac{560}{\varepsilon/d}$$

$$\lambda = \frac{1}{\left(2 \log \frac{3,7d}{\varepsilon}\right)^2}, \text{ se } Re \geq \frac{560}{\varepsilon/d}$$

Onde

Re : número de Reynolds;

ε : rugosidade absoluta, em mm.

Os seguintes valores de rugosidade absoluta foram utilizados:

- Aço..... 0,15 mm

- Concreto estrutural 2,00 mm

A velocidade no circuito de adução é dada pela relação abaixo:

$$v = \frac{4q_{turb}}{\pi d_{eq}^2}$$

Onde

q_{turb} : vazão turbinada unitária, em m³/s, pois os circuitos de geração das unidades serão independentes.

O número de Reynolds, R_e , é dado pela seguinte equação:

$$R_e = \frac{v d_{eq}}{\nu}$$

Onde

ν : viscosidade cinemática da água, assumida como $8,30 \times 10^{-7}$ m²/s, para água com temperatura de 30°C.

9.3.4. Perdas de carga localizadas

As perdas de carga localizadas foram estimadas pela seguinte equação geral:

$$h_l = k \frac{v^2}{2g}$$

Onde

k : coeficiente de perda de carga, variável, de acordo com a singularidade.

O circuito de adução possuirá as seguintes singularidades:

- Entrada da tomada d'água;
- Grades;
- Redução de seção na tomada d'água;
- Ranhuras laterais das comportas de emergência;
- Curvas;
- Redução se seções circulares e transições;
- Saída do tubo de sucção.

a) Coeficiente de perda de carga na entrada da tomada d'água

Para o cálculo das perdas na entrada adotou-se $k = 0,20$.

b) Coeficiente de perda de carga nas grades

O cálculo do fator k para a perda de carga localizada na grade, k_g , seguiu a equação:

$$k_g = k_d k_f p^{1,6} f \operatorname{sen}(\theta)$$

Onde:

- k_d : coeficiente de “depósito de detritos”, valendo 1,20;
 k_f : coeficiente de forma, valendo 0,51;
 p : razão entre área de barras e área total da grade;
 f : fator que relaciona a espessura da grade e o espaçamento entre barras;
 θ : ângulo entre a grade e a soleira.

O fator f é calculado pela seguinte relação:

$$f = 8 + 2,3 \frac{e_g}{g} + 2,4 \frac{b}{e_g}$$

Onde:

- e_g : espessura da grade, em mm;
 b : espaçamento entre barras, em mm.

c) Coeficiente de perda de carga nas reduções de seção

O cálculo do fator k para a perda de carga localizada em reduções de seção, k_{rs} , seguiu a equação:

$$k_{rs} = \left(\frac{n^{1,8} - 1}{1,43n^{1,8} + 1} \right)^2 \text{sen}(\theta_{rs})$$

Onde:

- n : relação entre a área da seção de entrada e a de saída (maior que 1);
 θ_s : ângulo de redução.

Considera-se, para efeitos de perda de carga nas reduções de seção, a velocidade no trecho de saída, ou seja, de menor seção transversal.

d) Coeficiente de perda de carga nas ranhuras laterais das comportas

O cálculo do fator k para a perda de carga localizada nas ranhuras laterais das comportas ensecadeira e de emergência, k_{rl} , seguiu a equação:

$$k_{rl} = \left(\frac{\sigma^{1,8} - 1}{1,43\sigma^{1,8} + 1} \right)^2 \text{sen}(\theta_{rl})$$

Onde:

- σ : relação entre áreas.
 θ_{rl} : ângulo da ranhura lateral com o escoamento.

O coeficiente σ é calculado pela relação:

$$\sigma = \frac{A_c + 0,25b_{rn}h_{rn}}{A_c}$$

Onde:

- A_c : área da seção transversal da comporta, em m²;
 b_{rn} : largura da ranhura, em m;
 h_{rn} : altura da ranhura, em m.

O cálculo do coeficiente de perda de carga na parte superior dos vãos das comportas segue a mesma metodologia, com alterações nos coeficientes b_{rn} e h_{rn} , que passam a ser denominados comprimento da ranhura (equivalente à largura da comporta) e profundidade do vão, respectivamente.

e) Coeficiente de perda de carga na transição retangular/circular

O cálculo do fator k para a perda de carga localizada na transição retangular/circular da tomada d'água, k_{tr} é composto por duas parcelas.

$$k_{tr} = k'_{tr} + k''_{tr}$$

A parcela k'_{tr} é calculada pela equação:

$$k'_{tr} = 4 \left(\tan \frac{\alpha}{2} \right)^{1,25} \left(1 - \frac{A_c}{A_r} \right)^2$$

Onde:

- A_c : área da seção circular, em m²;
 A_r : área da seção retangular, em m².

O ângulo α é calculado pela relação:

$$\alpha = 2 \arctan \left[\frac{2 \left(\frac{a_0 b_0}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}} - d_c}{2L_{tr}} \right]$$

Onde:

- a_0 : altura da seção retangular, em m;
 b_0 : largura da seção retangular, em m;
 d_c : diâmetro da seção circular, em m;
 L_{tr} : comprimento da transição, em m.

A parcela k''_{tr} é calculada pela equação:

$$k''_{tr} = \frac{\xi}{8 \operatorname{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right)} \left[1 - \left(\frac{A_c}{A_r} \right)^2 \right]$$

O coeficiente ξ é calculado pela relação:

$$\xi = \left[2 \log \left(\frac{3,7 D_h}{\Delta} \right) \right]^{-2}$$

Onde:

D_h : diâmetro hidráulico, em m;

Δ : rugosidade média, em m.

f) Coeficiente de perda de carga nas curvas

O cálculo do fator k para a perda de carga localizada nas curvas do circuito, k_{cv} , também é composto por duas parcelas.

$$k_{cv} = k_m + k_f$$

A parcela k_m é calculada pela equação:

$$k_m = \frac{0,189 \operatorname{sen} \beta}{\sqrt{\frac{R_0}{D_h}}}$$

Onde:

β : ângulo da curva, em graus;

R_0 : raio médio de curvatura, em m.

A parcela k_m é calculada pela equação:

$$k_f = 0,00035 \frac{R_0}{D_h} \beta$$

Onde β é dado em radianos.

g) Coeficiente de perda de carga na saída do tubo de sucção

Para o cálculo das perdas na entrada adotou-se $k = 1,00$.

10. ESTUDOS DE ALTERNATIVAS

Conforme apresentado no capítulo cartográfico, para a elaboração dos trabalhos do projeto básico da PCH SU-75 foi contratado junto à SAI – Serviços Aéreos Industriais um perfilamento laser cobrindo a área de interesse para o projeto, com curvas equidistantes 1 m, tendo em vista que o modelo utilizado nos Estudos de Inventário, com curvas equidistantes 5 m, não teria precisão adequada para as definições de projeto básico.

Na etapa de inventário a PCH SU-75 foi implantada tendo como modelo cartográfico uma restituição aerofotogramétrica calibrada com levantamentos específicos de campo: seções topobatimétricas, pontos de níveis d'água e outros pontos de controle.

Na Figura 10-1 apresenta-se a planta do reservatório previsto para a PCH SU-75 na etapa de inventário. Na Figura 10-2 é apresentada uma planta do mapeamento topográfico obtido a partir do perfilamento a laser, com curvas equidistantes 1 m, modelo mais preciso do que a restituição aerofotogramétrica.

De posse deste modelo topográfico, foi destacada a curva na cota 286,0 m e inserida, em mesma base, a planta do reservatório prevista no inventário, conforme mostrado na Figura 10-3.

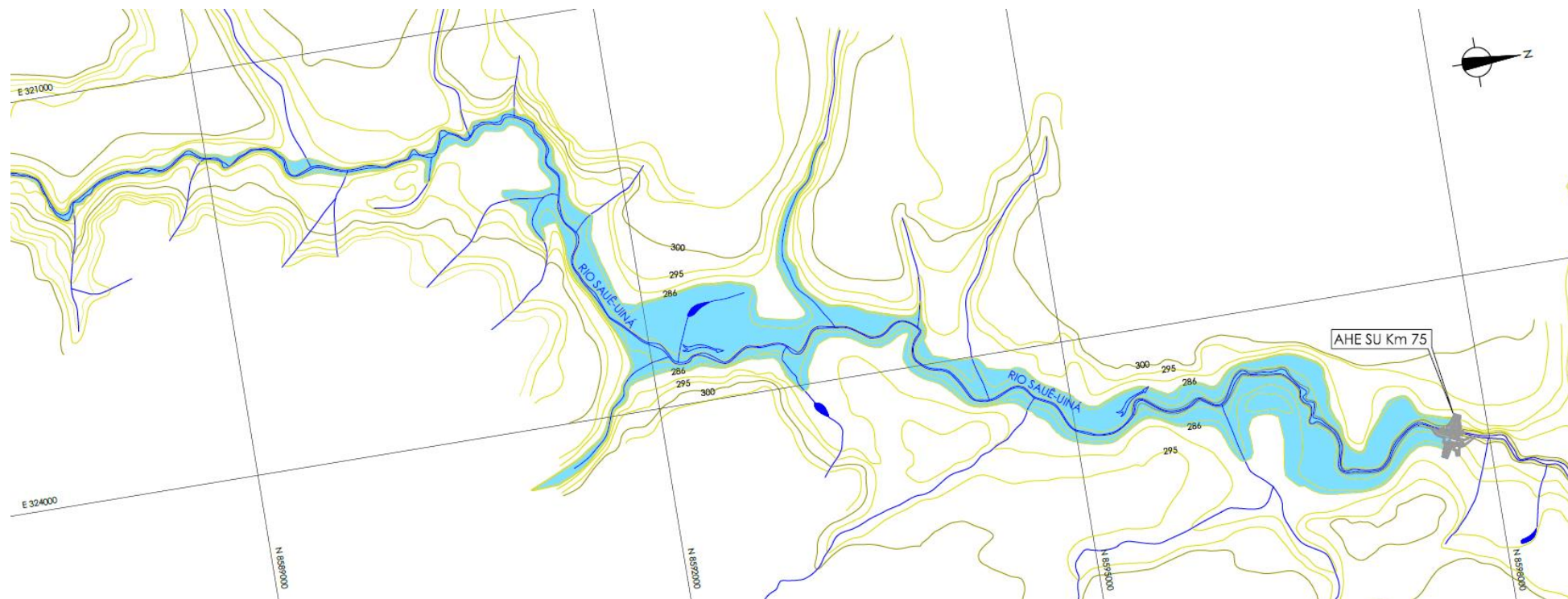


Figura 10-1: Planta do reservatório da PCH SU-75 (Fonte: Estudos de Inventário)

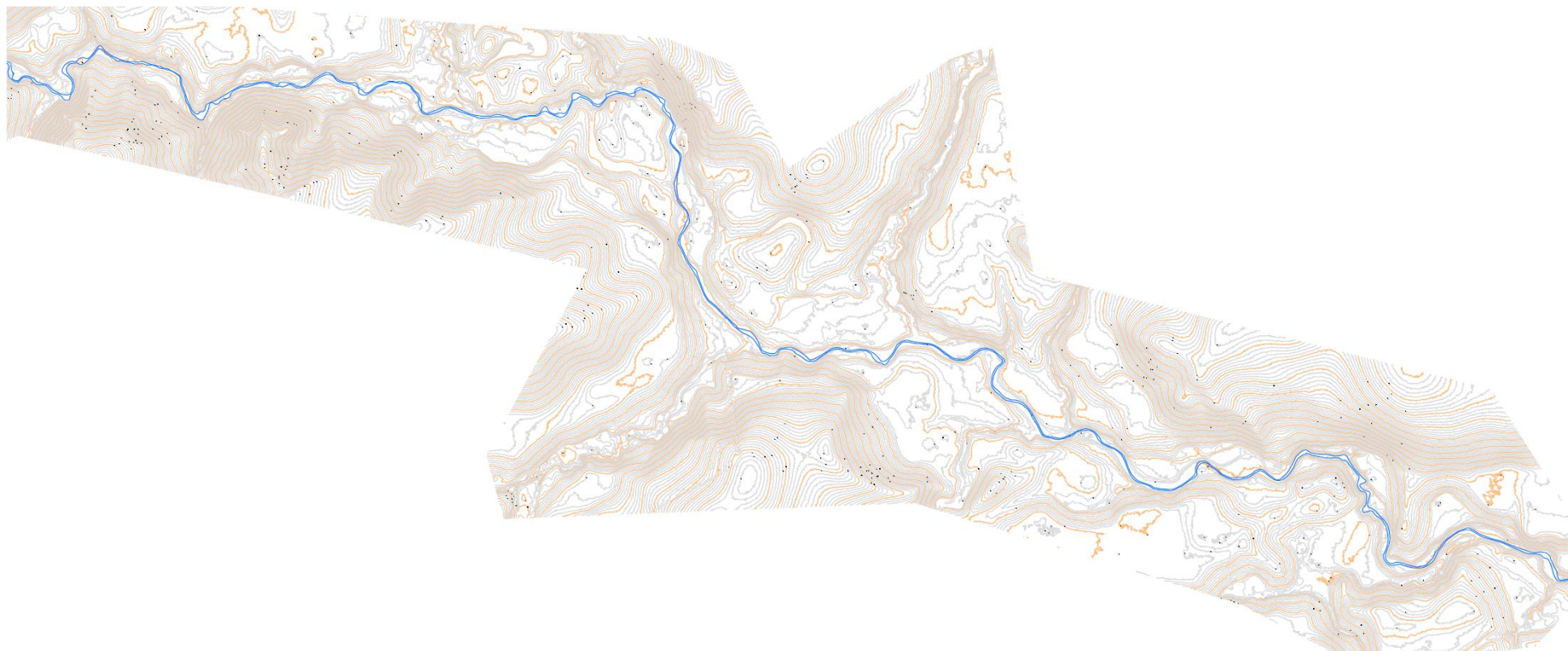


Figura 10-2: Planta topográfica obtida com o perfilamento laser



Figura 10-3: Comparativo entre os 2 modelos cartográficos (cota 286,0 m)

Ao posicionar o arranjo do EIH na nova base cartográfica, o reservatório na cota 286,00 sofreu um aumento relevante em sua área e volume. A área alagada, antes com 3,72 km², passou para 6,48 km², correspondente a um aumento aproximado de 75%.

Além disso, a conformação das curvas de nível no eixo da usina também sofreu alteração. O comprimento total do eixo do arranjo apresentado no EIH era de 330 m, suficientes para a implantação da PCH até a cota de coroamento. Com a revisão cartográfica, a distância entre margens da curva 288,00 m nesse mesmo local passou a valer 580 m. Ou seja, houve um acréscimo de 250 m no eixo do barramento para se atingir a cota de coroamento considerada nos estudos de inventário.

Sob essa ótica, concluiu-se que as cotas previstas para o empreendimento (montante e jusante) estão aderentes ao novo modelo cartográfico, uma vez que foram calibradas pelo perfil topográfico da linha d'água, mas o reservatório teria área de alagamento bastante superior ao valor de referência do inventário.

10.1. Estudos de Eixo

Diante deste cenário, julgou-se necessário propor uma alternativa para o aproveitamento, visando à redução dos impactos gerados pela atualização da base topográfica, mas se mantendo a queda bruta original da usina. Dadas as informações atualizadas, não seria possível a manutenção da cota 286,0 m no eixo original do inventário, em função dos aumentos na área alagada e comprimento de eixo de barramento já discutidos em parágrafos anteriores.

A solução encontrada aproveitou um estreitamento natural das margens do rio Sauê aproximadamente 2 km a montante do local do eixo do inventário. O principal benefício considerado para a escolha desse local está no fato dele resultar em uma redução considerável da área alagada. O eixo está localizado logo a montante de uma região no qual a curva 286,0 m se afasta bastante do rio e onde há a entrada de duas drenagens.

A Tabela 10-1 apresenta uma análise comparativa das áreas alagadas considerando o eixo original do inventário e o eixo proposto neste estudo. Já a Figura 10-5 ilustra essa redução, dando destaque para a cota 286,0 m.

Tabela 10-1: Comparação entre eixos – Áreas de reservatório para diferentes NA's de montante

NA reservatório (m)	Área alagada Eixo do Inventário (km ²)	Área alagada Eixo Proposto (km ²)
286,0	6,48	4,84
285,0	5,56	4,01

Para a manutenção da queda bruta da usina no eixo proposto, fez-se necessária a criação de uma derivação pela margem esquerda do rio Sauê-Uiná, restituindo as vazões turbinadas próximo ao local do eixo original. Isso resulta em um trecho de vazão reduzida (TVR) no rio de aproximadamente 2 km e a necessidade de manutenção da vazão remanescente igual a 10% das vazões médias de cada mês, conforme legislação estadual.

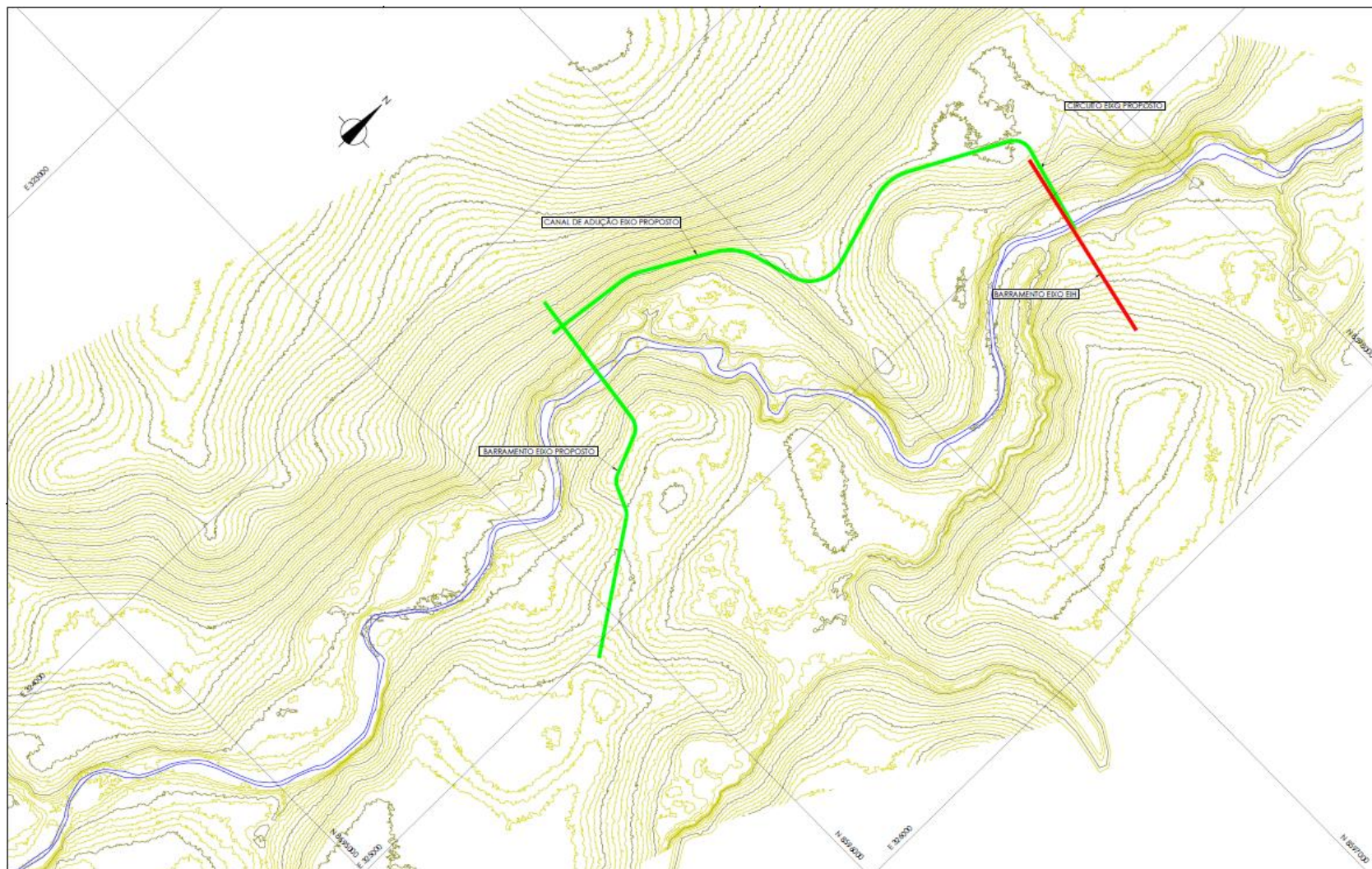


Figura 10-4: Alternativas 01 e 02 (eixos das estruturas)

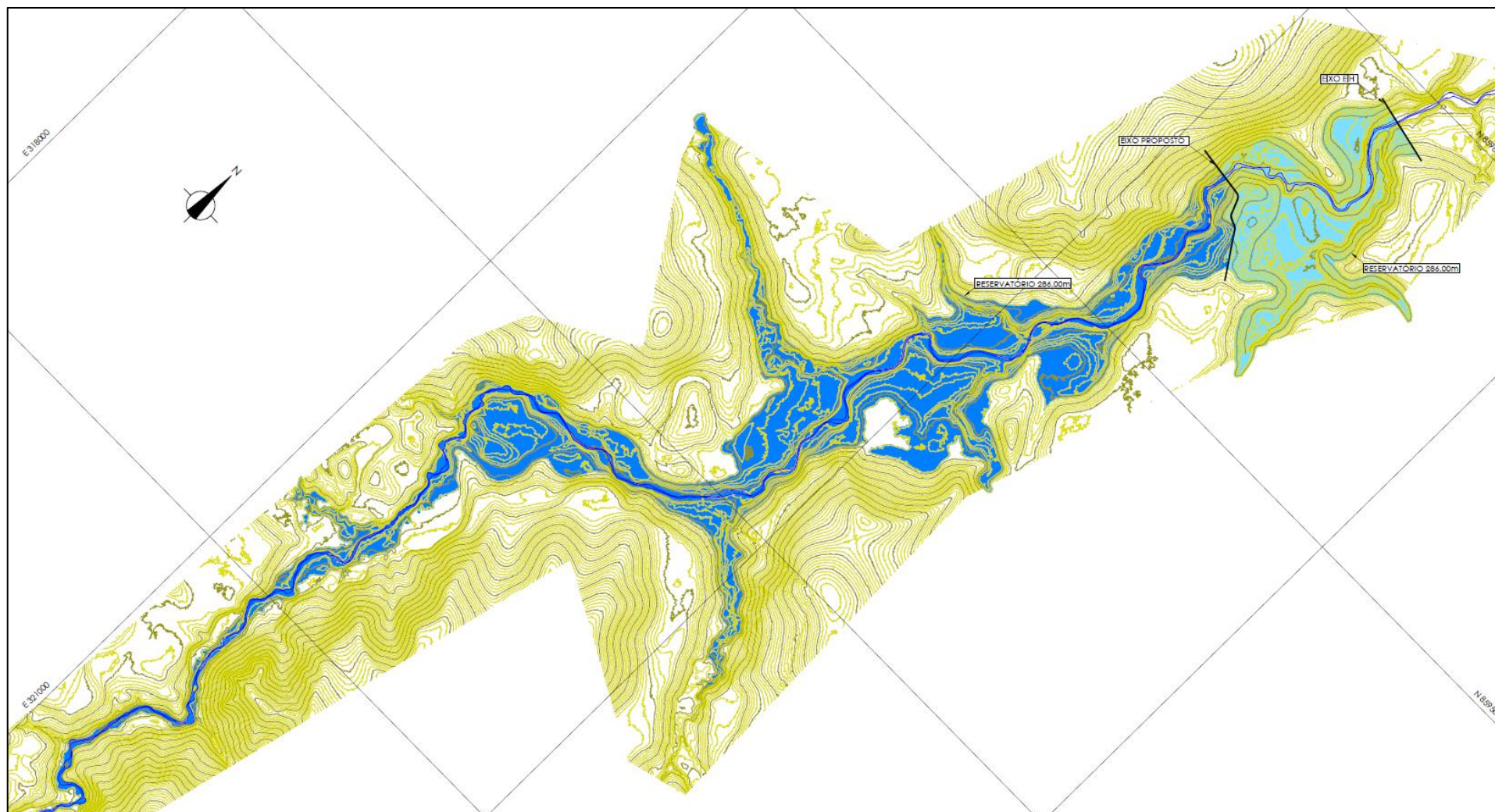


Figura 10-5: Reservatórios na El. 286,0 m (Eixo do inventário e eixo proposto)

10.2. Estudos de Arranjo

De posse do material topográfico e dos resultados das campanhas de sondagens, foram desenvolvidos os seguintes estudos, com vistas à otimização das soluções:

- Estudos comparativos entre 2 alternativas para a carga do vertedouro de soleira livre;
- Estudos comparativos com implantação do canal predominantemente em corte e com solução em corte e aterro;

Tendo em vista que a cheia de projeto é de pequena monta, as avaliações mostraram que a carga de 1,5 m seria a mais adequada para o vertedouro, resultando numa estrutura com pequena largura, com otimização do consumo de concreto. O aumento da carga do vertedouro resultaria em maiores escavações para o canal de adução, que também deverá ser protegido para a sobrelevação máxima da usina.

Com relação à implantação do canal, a morfologia do terreno na margem esquerda não permitiu uma solução com corte e aterro em toda a sua extensão, pois no trecho com menor declividade o canal já estaria totalmente implantado apenas como corte em solo.

11. ESTUDOS ENERGÉTICOS

Os estudos energéticos para a PCH SU-75 objetivam a determinação dos seguintes parâmetros:

- Potência instalada mínima;
- Energia média;
- Número de unidades geradoras;
- Queda de referência da usina, definida como a queda líquida na qual as turbinas, operando com os distribuidores completamente abertos, fornecem a potência nominal dos geradores (queda utilizada para o dimensionamento das turbinas);
- Queda líquida de projeto, na qual o rendimento da turbina é máximo;
- Queda líquida nominal, a ser utilizada no cálculo da Garantia Física da PCH;
- Parâmetros para o cálculo da Garantia Física.

Tendo em vista que a usina foi prevista com derivação por canal de adução, deverá ser mantida vazão remanescente durante toda a operação. Considerando que no barramento a carga hidráulica é da ordem de 17 m, optou-se pela implantação de um grupo gerador no eixo do barramento, para aproveitamento energético da vazão remanescente.

Assim sendo, a PCH SU-75 contará com a seguinte motorização:

- Casa de força principal, para a qual será definida a potência instalada “ótima”;
- Casa de força complementar ou auxiliar, para aproveitamento energético da vazão remanescente.

11.1. Casa de Força Principal

Neste item são apresentados os dimensionamentos energéticos para a casa de força principal.

11.1.1. Critérios para a Determinação da Energia Média Gerada

A energia gerada pela operação da casa de força principal da PCH SU-75 foi quantificada como a geração média histórica, compreendendo o período da série de vazões médias mensais (janeiro de 1974 a dezembro de 2020).

Os parâmetros adotados para a simulação energética foram os seguintes:

- Nível d’água de montante fixo, na cota 286,00 m, uma vez que a usina operará a fio d’água, sem deplecionamento;
- Nível d’água de jusante variando de acordo com a curva-chave elaborada para o canal de fuga;
- Perdas hidráulicas no circuito de adução variando com as equações de perdas de carga;
- Série de vazões médias mensais..... jan/1974 a dez/2020
- Vazão remanescente 10% da média em cada mês
- Vazão de usos consuntivos nula
- Disponibilidade forçada 1,26%
- Disponibilidade programada 1,74%
- Rendimento nominal da turbina..... 93,0%

- Rendimento nominal do gerador..... 97,0%
- Turbina..... Kaplan “S”, eixo horizontal
- Despacho mínimo 30% da vazão nominal unitária
- Número de unidades geradoras 2

Para a realização desses estudos foi utilizado um modelo matemático próprio, elaborado para estudos energéticos de aproveitamentos a fio d’água.

A série de vazões médias mensais é apresentada na Tabela 11-1.

Tabela 11-1: Série de vazões médias mensais naturais no local da PCH SU-75

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd.
1974	56,56	58,10	59,07	58,50	56,63	53,30	47,37	44,34	43,80	45,79	46,94	49,84	51,69
1975	52,92	55,96	54,16	54,82	51,11	46,00	45,38	44,07	43,24	43,70	46,78	50,87	49,09
1976	50,78	52,59	54,14	51,86	50,49	47,22	44,90	43,77	43,44	45,92	46,64	49,09	48,41
1977	52,97	55,27	53,28	52,65	51,01	49,33	46,30	44,79	45,13	47,22	49,99	52,65	50,05
1978	57,58	55,40	58,31	54,32	53,94	48,49	45,76	46,42	46,03	45,53	46,61	52,51	50,91
1979	56,66	58,99	61,65	59,60	53,73	50,65	48,11	46,36	47,12	45,82	48,89	48,97	52,21
1980	53,50	57,23	60,08	58,13	52,28	47,54	48,19	45,78	44,98	44,26	46,91	52,17	50,92
1981	55,22	56,63	57,80	57,64	50,90	47,28	45,36	43,99	43,02	45,51	50,23	50,96	50,38
1982	56,82	59,01	61,31	55,62	46,21	42,64	40,28	40,53	46,56	47,65	48,37	49,60	49,55
1983	53,80	54,92	56,77	54,70	51,19	48,85	45,92	44,43	43,56	45,36	47,16	53,89	50,05
1984	52,49	52,90	55,02	54,74	52,07	47,73	45,42	44,39	44,35	44,96	47,40	49,28	49,23
1985	53,28	52,92	55,24	54,70	51,00	47,16	45,63	44,48	44,39	45,78	47,85	48,45	49,24
1986	55,94	57,61	56,95	55,53	52,00	48,55	46,07	45,24	45,05	45,38	45,92	48,95	50,26
1987	50,30	53,50	53,54	51,06	48,29	45,38	43,62	42,10	41,72	42,38	47,06	50,21	47,43
1988	53,91	56,20	58,97	57,91	52,58	49,60	46,97	45,17	44,39	44,52	47,28	50,90	50,70
1989	54,98	60,22	60,65	57,68	55,05	50,40	48,65	47,22	45,67	46,19	46,71	53,41	52,24
1990	52,87	56,32	55,98	54,12	49,48	46,44	44,69	43,58	46,05	46,48	48,24	49,95	49,52
1991	54,64	56,97	57,93	58,66	53,61	48,74	47,02	45,51	46,03	45,21	47,14	48,53	50,83
1992	51,75	54,15	54,13	54,41	49,42	46,23	44,48	43,41	45,42	45,24	46,63	50,81	48,84
1993	53,23	56,40	58,93	57,35	51,96	49,11	45,94	42,46	41,19	41,82	41,82	44,99	48,77
1994	52,60	57,98	58,62	58,93	49,11	45,31	43,09	40,56	38,66	39,29	39,92	44,99	47,42
1995	55,77	60,20	62,74	61,15	55,13	50,70	48,79	47,53	46,58	47,84	49,75	55,45	53,47
1996	52,91	51,96	56,08	53,86	50,70	48,16	46,58	46,58	45,31	46,26	50,06	48,16	49,72
1997	48,48	52,60	56,40	56,08	53,55	50,38	47,21	46,26	46,26	45,94	45,94	46,89	49,67
1998	47,84	52,28	55,13	53,23	48,79	47,21	45,31	44,68	43,73	45,63	48,16	47,84	48,32
1999	48,16	47,84	49,75	48,16	47,21	44,99	44,04	43,09	43,41	43,41	44,99	46,58	45,97
2000	45,31	47,53	53,23	51,01	47,21	44,99	43,73	43,09	42,77	43,41	45,31	44,68	46,02
2001	47,21	47,21	50,06	48,16	45,31	44,36	43,09	42,77	42,46	43,09	44,68	46,26	45,39
2002	45,63	49,43	48,48	46,58	44,68	42,77	41,82	41,19	41,19	40,87	41,51	43,09	43,94

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd.
2003	45,63	47,21	47,21	50,06	44,99	45,63	42,46	41,19	41,19	42,14	43,09	43,09	44,49
2004	45,31	47,21	46,89	45,31	44,04	42,14	41,19	39,92	39,92	40,87	41,82	41,51	43,01
2005	45,94	44,68	46,58	44,99	42,77	41,82	40,56	39,61	41,51	40,56	41,19	42,77	42,75
2006	45,31	46,26	46,89	48,48	44,36	42,77	41,82	40,56	40,56	43,41	41,82	45,31	43,96
2007	48,16	49,43	49,11	46,89	44,04	42,46	41,51	40,56	40,24	41,82	43,09	43,41	44,23
2008	44,04	46,58	46,89	46,89	44,04	42,46	41,19	40,24	39,92	40,87	42,14	44,36	43,30
2009	44,04	45,31	49,11	45,63	43,73	41,51	40,24	39,92	38,34	38,66	39,61	39,61	42,14
2010	41,51	46,26	43,09	39,92	38,66	39,61	38,97	38,34	38,34	38,97	38,97	41,19	40,32
2011	45,63	44,99	45,94	46,26	41,82	40,24	39,29	38,66	37,70	38,66	39,61	39,92	41,56
2012	42,14	44,04	45,63	43,09	40,24	40,24	39,61	37,39	38,34	40,24	38,97	41,19	40,93
2013	44,36	46,58	44,68	43,09	40,87	40,24	38,97	38,34	37,70	38,34	38,97	39,61	40,98
2014	40,87	45,31	50,06	49,43	51,65	46,58	41,82	40,24	40,24	40,56	42,46	42,77	44,33
2015	44,04	44,36	44,68	45,63	45,31	43,09	41,51	41,51	40,56	40,24	41,82	40,56	42,77
2016	42,46	45,63	46,26	46,26	42,77	40,56	38,66	38,34	38,97	38,34	38,66	42,14	41,59
2017	41,51	44,68	44,99	44,04	42,14	40,24	39,92	38,66	36,75	36,75	39,92	41,82	40,95
2018	43,73	45,63	46,26	47,21	44,99	42,14	40,87	40,24	39,92	41,51	43,09	44,99	43,38
2019	43,73	43,09	49,11	54,15	47,02	43,40	41,69	40,39	39,56	42,30	43,40	42,31	44,18
2020	42,50	48,89	50,95	44,92	42,66	39,89	38,56	37,36	36,78	38,09	38,13	39,11	41,49
Mín.	40,87	43,09	43,09	39,92	38,66	39,61	38,56	37,36	36,75	36,75	38,13	39,11	
Méd.	49,26	51,37	52,74	51,56	48,10	45,42	43,59	42,45	42,30	43,04	44,50	46,50	46,74
Máx.	57,58	60,22	62,74	61,15	56,63	53,30	48,79	47,53	47,12	47,84	50,23	55,45	

As variações no nível de jusante serão regidas pela curva-chave elaborada para o canal de fuga, representada pelas seguintes equações, considerando a restrição em função da previsão de usina a jusante, PCH SU-47, que irá operar na El. 268,00 m:

$$NA = 268,00 \text{ m, se } Q_{defl} \leq 40,64 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$NA = \left(\frac{Q_{defl}}{1,944042} \right)^{1/2,233741} + 264,10, \text{ se } Q_{defl} > 40,64 \text{ m}^3/\text{s}$$

Como a usina operará a fio d'água, a vazão defluente (Q_{defl}) será equivalente à vazão afluente média em cada mês (Q_{af1}).

As perdas hidráulicas no circuito de adução foram estimadas por meio de equações em função das características físicas do circuito em função da vazão turbinada total, desde a tomada d'água de controle do canal de adução até a câmara de carga, e em função da vazão turbinada unitária para o trecho de alta pressão, a partir da tomada d'água principal.

As referidas perdas foram inseridas no modelo matemático de simulação energética, relacionando a vazão turbinada com a queda líquida do aproveitamento, para cada mês do período de simulação.

Uma vez que a PCH SU-75 terá restituição das vazões turbinadas afastada do barramento, com trecho de vazão reduzida, será necessária, ao longo da operação da usina, a manutenção de vazão remanescente. De

acordo com as normas setoriais da SEMA/MT, estes valores serão variáveis e equivalentes à 10% da média em cada mês, conforme mostrado na tabela seguinte:

Tabela 11-2: Vazões remanescentes na PCH SU-75

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Méd.	49,26	51,37	52,74	51,56	48,10	45,42	43,59	42,45	42,30	43,04	44,50	46,50
Q _{rem}	4,93	5,14	5,27	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65

A Taxa de Indisponibilidade Forçada (TEIF) reflete o número de horas em que uma ou mais unidades geradoras deixaram de operar em decorrência de um desligamento causado por falha ou defeito de um componente ou unidade que acarretem retirada de serviço do equipamento ou parte dele. Resulta de condições de emergência ou acidentais que requeiram que o equipamento seja desligado. Desta forma, por tratar-se de ato ou evento sobre o qual não se tem domínio, a definição dos valores da TEIF deve se valer das estatísticas de usinas similares, uma vez não ser possível sua prévia mensuração.

Ante ao exposto, adotou-se para a TEIF o valor sugerido pela ANEEL na Nota Técnica nº 063/2012-SRG-SGH/ANEEL, de 29 de agosto de 2012, equivalente a 1,26%.

Já a Taxa de Indisponibilidade Programada (IP) reflete os desligamentos programados para manutenção nos períodos em que a unidade ou componente esteve ou poderia ter estado em serviço caso não tivesse ocorrido o desligamento. Para mensuração das taxas mais adequadas para serem adotadas no presente projeto básico, buscou-se obter junto à Brasil PCH S.A. (www.brasilpch.com.br), produtora independente de energia que desde 2009 opera 13 Centrais Hidrelétricas de porte similar nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, as taxas de indisponibilidade reais observadas neste complexo. Os números indicam uma taxa de indisponibilidade total, programada e forçada, de 1,74%.

Julga-se, porém, que para a estatística de indisponibilidade forçada, o período de operação da Brasil PCH pode ser considerado curto. Para determinação das taxas de indisponibilidades a serem utilizadas neste relatório, optou-se, de forma conservadora, a utilizar o valor total de indisponibilidades da Brasil PCH como Indisponibilidade Programada.

Sendo assim, foram utilizados os seguintes valores para a fase de motorização:

- TEIF 1,26%
- IP 1,74%

Por fim, em relação às quedas líquidas de referência e de projeto, a primeira foi estabelecida como a queda com permanência de 95% no histórico de quedas líquidas, e a segunda, como a queda líquida média ponderada em todo o período de simulação energética.

11.1.2. Valoração dos Benefícios Energéticos

De acordo com as normativas da ANEEL, para valoração dos benefícios energéticos deve ser considerado o “Custo Marginal de Dimensionamento publicado pelo Poder Concedente ou, em casos em que esse parâmetro não esteja disponível, o Custo Marginal de Expansão, definido no Plano Decenal de Expansão do ano anterior”.

Considerando que o Custo Marginal de Dimensionamento (CMD) não vem sendo publicado, e que o Custo Marginal de Expansão (CME) publicado no Plano Decenal de Expansão considera as médias dos últimos Leilões de Energia, inclusive com as usinas estruturantes e de grande porte, que influenciam diretamente no cálculo do CME, abaixando significativamente o valor, foi desenvolvido um estudo específico para

determinação de um custo marginal que reflita a realidade de empreendimentos do porte deste em desenvolvimento, considerando os aproveitamentos leiloados nos últimos anos.

Conforme consta do Plano Decenal de Expansão, a metodologia para cálculo do CME “*toma por base os preços das negociações realizadas nos leilões de energia nova, de reserva e de fontes alternativas ao longo dos últimos cinco anos, corrigidos monetariamente e ponderados conforme a demanda contratada*”.

Assim, de acordo com a metodologia do Plano Decenal de Expansão e com base nos dados obtidos junto à Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), foram selecionadas as usinas hidrelétricas de pequeno porte que comercializaram energia nos leilões a partir de 2010, que totalizaram 161 usinas.

Da base de dados da CCEE, os preços de venda foram atualizados até a data de junho de 2021, com base no IPCA. O custo é obtido pela fórmula seguinte:

$$CUSTO = \frac{\sum ECOM_i \times PV_i}{\sum ECOM_i}, \text{ onde:}$$

$ECOM_i$ = Energia Comercializada pela Usina [i]

PV_i = Preço de Venda da Usina [i]

A Tabela 11-3 apresenta uma relação das usinas consideradas neste estudo.

Tabela 11-3: Empreendimentos Hidrelétricos Considerados na Simulação

Leilão	Data de realização do leilão	Tipo de Leilão	Vendedor	Empreendimento	UF	Potência (MW)	GF (MW médio)	Energia Contratada (MW médio)	Preço de Venda (R\$/MWh)	Preço de Venda Atualizado (R\$/MWh)
10ºLEN	30/07/10	Energia Nova	MEGA ENERGIA	CANAA	RO	17,0	7,8	7,0	153,98	285,58
10ºLEN	30/07/10	Energia Nova	MEGA ENERGIA	JAMARI	RO	20,0	9,1	9,0	154,23	286,05
10ºLEN	30/07/10	Energia Nova	EMAE	PIRAPORA	SP	25,0	17,2	16,0	154,49	286,53
10ºLEN	30/07/10	Energia Nova	MEGA ENERGIA	SANTA CRUZ DE MONTE NEGRO	RO	17,0	7,7	7,0	153,73	285,12
02ºLFA	26/08/10	Fontes Alternativas	COPEL	CAVERNOSO II	PR	19,0	10,6	7,6	146,99	272,51
02ºLFA	26/08/10	Fontes Alternativas	GALHEIROS	GALHEIROS I	GO	11,0	6,4	6,4	144,50	267,89
02ºLFA	26/08/10	Fontes Alternativas	QUE	QUEIXADA	GO	30,0	21,6	16,6	148,39	275,11
02ºLFA	26/08/10	Fontes Alternativas	PCH SALTO GOES	SALTO GOES	SC	20,0	11,1	11,1	147,47	273,40
02ºLFA	26/08/10	Fontes Alternativas	UNAIBAIXO	UNAI BAIXO	MG	21,0	12,7	6,4	144,98	268,78
03ºLER	26/08/10	Reserva	PRIMUS	INXU	MT	20,6	16,5	16,5	129,93	240,88
03ºLER	26/08/10	Reserva	SEB	SAO SEBASTIAO	SC	9,9	5,2	5,2	133,25	247,04
16ºLEN	29/08/13	Energia Nova	EGP CABEÇA DE BOI	CABEÇA DE BOI	MT	29,7	13,6	13,6	119,99	185,82
16ºLEN	29/08/13	Energia Nova	CANTU 2	CANTU 2	PR	18,0	9,5	9,5	128,99	199,75
16ºLEN	29/08/13	Energia Nova	EGP FAZENDA	DA FAZENDA	MT	19,5	9,1	9,1	120,00	185,83
16ºLEN	29/08/13	Energia Nova	MANOPLA	MANOPLA	PE	5,0	2,6	2,6	128,99	199,75
16ºLEN	29/08/13	Energia Nova	PCH MATA VELHA	MATA VELHA	MG	24,0	13,1	12,7	128,99	199,75
16ºLEN	29/08/13	Energia Nova	EGP SALTO APIACAS	SALTO APIACÁS	MT	45,0	22,9	22,4	119,97	185,79
16ºLEN	29/08/13	Energia Nova	ELETROSUL	SANTO CRISTO	SC	19,5	10,8	0,5	129,00	199,77
16ºLEN	29/08/13	Energia Nova	ALUPAR	VERDE 08	GO	28,5	16,9	13,1	130,00	201,32
16ºLEN	29/08/13	Energia Nova	SANTA HELENA ENERGIA	YPÉ	GO	29,3	16,7	16,7	131,20	203,18
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	CEC	Ado Popinhak	SC	19,3	10,4	10,4	135,90	205,52

Leilão	Data de realização do leilão	Tipo de Leilão	Vendedor	Empreendimento	UF	Potência (MW)	GF (MW médio)	Energia Contratada (MW médio)	Preço de Venda (R\$/MWh)	Preço de Venda Atualizado (R\$/MWh)
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	ALUPAR	Água Limpa	MG	23,0	11,4	6,0	138,00	208,70
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	FAZENDA VELHA	Fazenda Velha	GO	16,5	8,9	6,7	131,95	199,55
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	GARÇA BRANCA	Garça Branca	SC	6,5	3,4	3,2	137,86	208,48
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	JARDIM	JARDIM	RS	9,0	4,5	1,1	139,00	210,21
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	COOGERVAAPA	Linha Aparecida	RS	24,9	13,8	11,7	136,98	207,15
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	COOGERVAJAC	Linha Jacinto	RS	17,4	9,9	9,3	137,98	208,67
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	MORRO GRANDE	MORRO GRANDE	RS	9,8	4,4	1,1	139,00	210,21
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	MUTUM	Nova Mutum	MT	14,0	6,1	1,2	139,00	210,21
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	PGE	PITO	SC	4,0	2,3	2,3	134,90	204,01
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	QI	Quartel I	MG	30,0	14,0	13,9	139,20	210,51
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	QII	Quartel II	MG	30,0	14,2	14,1	139,20	210,51
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	QIII	Quartel III	MG	30,0	14,1	14,0	139,20	210,51
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	REN	Renic	GO	16,0	6,6	2,5	136,90	207,03
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	OMEGA SERRA DAS AGULHAS	Serra das Agulhas	MG	28,0	11,7	11,7	134,90	204,01
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	TBL	Tamboril	GO	29,3	12,9	7,0	136,90	207,03
20ºLEN	28/11/14	Energia Nova	CDESA	COMODORO	MT	10,0	6,2	6,2	162,50	232,75
20ºLEN	28/11/14	Energia Nova	LAJARI	LAJARI	MT	20,9	10,9	9,0	160,90	230,46
20ºLEN	28/11/14	Energia Nova	PDESA	PRESENTE DE DEUS	MT	13,0	8,5	8,5	162,50	232,75
21ºLEN	30/04/15	Energia Nova	ATIAIA ENERGIA S.A.	BANDEIRANTE	MS	27,2	18,4	16,5	203,98	277,25
21ºLEN	30/04/15	Energia Nova	SPE BOA VISTA 2 ENERGIA S.A.	BOA VISTA II	MG	26,5	14,4	14,0	207,64	282,22
21ºLEN	30/04/15	Energia Nova	CONFLUÊNCIA ENERGIA SA	CONFLUÊNCIA	PR	27,0	13,7	13,5	205,00	278,63
21ºLEN	30/04/15	Energia Nova	GEOMECANICA TECNOLOGIA - TEC DE SOLOS ROCHAS E MATERIAIS	SECRETÁRIO	RJ	2,7	1,3	1,2	202,99	275,90
21ºLEN	30/04/15	Energia Nova	SERRA DOS CAVALINHOS I ENERGÉTICA S.A.	SERRA DOS CAVALINHOS I	RS	25,0	14,5	14,1	206,48	280,64
21ºLEN	30/04/15	Energia Nova	MINAS PCH S/A	TIBAGI MONTANTE	PR	32,0	20,3	19,0	209,50	284,75
21ºLEN	30/04/15	Energia Nova	TIGRE PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA LTDA	TIGRE	PR	9,0	5,3	1,0	195,00	265,04
21ºLEN	30/04/15	Energia Nova	SAVANA GERAÇÃO DE ENERGIA S.A.	VERDE 4	MS	19,0	13,8	13,4	206,98	281,32
21ºLEN	30/04/15	Energia Nova	PHOENIX GERAÇÃO DE ENERGIA S.A.	VERDE 4A	MS	28,0	19,7	19,2	206,49	280,66
22ºLEN	21/08/15	Energia Nova	EUCLIDES MACIEL ENERGÉTICA SA	DAS PEDRAS	SC	5,6	3,3	2,3	207,00	274,78
22ºLEN	21/08/15	Energia Nova	PCH DORES DE GUANHÃES S.A.	DORES DE GUANHAES	MG	14,0	7,1	7,1	205,50	272,79
22ºLEN	21/08/15	Energia Nova	PCH FORTUNA II S.A.	FORTUNA II	MG	9,0	4,7	4,6	205,50	272,79
22ºLEN	21/08/15	Energia Nova	PC JACARÉ S.A.	JACARE	MG	9,0	5,0	4,9	205,50	272,79
22ºLEN	21/08/15	Energia Nova	CAROLINA GERAÇÃO DE ENERGIA LTDA	SANTA CAROLINA	RS	10,5	5,1	4,6	203,00	269,47
22ºLEN	21/08/15	Energia Nova	PCH SENHORA DO PORTO S.A.	SENHORA DO PORTO	MG	12,0	6,5	6,5	205,50	272,79
22ºLEN	21/08/15	Energia Nova	XAVANTINA ENERGÉTICA S.A.	XAVANTINA	SC	6,1	3,5	3,1	202,85	269,27
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	PRATA	AGUA BRAVA	MT	13,1	6,4	5,6	194,00	241,29
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	PRATA	AGUA PRATA	MT	13,3	6,6	5,9	194,00	241,29
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	EGP APC	CABEÇA DE BOI	MT	30,0	17,9	4,2	147,85	183,89
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	CACHIMBO ALTO	CACHOEIRA CACHIMBO ALTO	RO	9,8	6,0	5,9	193,95	241,23

Leilão	Data de realização do leilão	Tipo de Leilão	Vendedor	Empreendimento	UF	Potência (MW)	GF (MW médio)	Energia Contratada (MW médio)	Preço de Venda (R\$/MWh)	Preço de Venda Atualizado (R\$/MWh)
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	CANHADAO	CANHADAO	PR	10,0	6,2	5,0	195,00	242,54
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	CEBRANORTE URBANO	CAPIVARI	SC	18,7	6,8	3,0	189,98	236,29
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	CASTRO	CASTRO	PR	4,0	2,5	1,7	195,00	242,54
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	CAZUZA FERREIRA	CAZUZA FERREIRA	RS	9,1	6,1	1,5	189,15	235,26
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	ARGENTUM	CLAIRTO ZONTA	PR	14,9	7,6	7,5	184,00	228,86
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	EGP FAZ	DA FAZENDA	MT	7,4	5,0	4,9	184,90	229,97
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	NOVA GUAPORE ENERGETICA	NOVA GUAPORE	MT	14,0	9,4	9,0	194,00	241,29
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	RECANTO	RECANTO	MT	9,1	5,3	5,3	192,88	239,90
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	RENIC	RENIC	GO	16,0	6,6	1,8	164,73	204,89
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	SALTO BANDEIRANTES	SALTO BANDEIRANTES	PR	4,2	2,9	2,3	194,00	241,29
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	HSJII	SAO JOAO II	PR	7,0	3,6	3,5	184,00	228,86
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	SÃO LUIZ	SAO LUIZ	ES	10,5	4,3	4,3	188,80	234,83
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	SIGMA ENERGIA	SERRA DAS AGULHAS	MG	30,0	12,9	1,1	162,33	201,90
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	TBL	TAMBORIL	GO	29,3	12,9	5,3	164,73	204,89
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	TIGRE	TIGRE	PR	9,0	5,3	3,2	195,00	242,54
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	HSBSA	UHE SANTA BRANCA	PR	62,0	35,1	34,1	150,00	186,57
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	3LEOES	USINA BARRA DO LEAO	SC	3,6	1,9	1,9	193,75	240,98
10ºLER	23/09/16	Reserva	CENTRAL GERADORA HIDRELETRICA ARMANDO RIBEIRO SA	ARMANDO RIBEIRO	RN	4,7	3,2	2,9	225,88	275,15
10ºLER	23/09/16	Reserva	ATIAIA ENERGIA S/A	AREADO	MS	18,0	10,9	9,8	235,00	286,26
10ºLER	23/09/16	Reserva	BRASIL SUL ENERGIA S.A.	CORAÇÃO	SC	4,3	2,3	1,7	231,49	281,98
10ºLER	23/09/16	Reserva	C2LG GERAÇÃO DE ENERGIA LTDA	SANTO TESSARO	SC	1,0	0,6	0,6	229,98	280,14
10ºLER	23/09/16	Reserva	CENTRAL GERADORA HIDRELÉTRICA CASTANHÃO S.A.	CASTANHAO	CE	9,0	5,0	4,5	225,88	275,15
10ºLER	23/09/16	Reserva	COVÓ ENERGIA S.A.	COVÓ	PR	5,0	2,6	2,3	232,45	283,15
10ºLER	23/09/16	Reserva	CONSORCIO ESTIVADINHO 3	ESTIVADINHO 3	MT	9,9	7,0	6,3	223,25	271,95
10ºLER	23/09/16	Reserva	CENTRAIS ELÉTRICAS FIGUEIRÃO LTDA - ME	FIGUEIRA	RO	1,3	0,9	0,8	229,90	280,05
10ºLER	23/09/16	Reserva	INGA - MIRIM ENERGIA S.A.	INGÁ MIRIM	MG	1,0	0,8	0,5	232,50	283,21
10ºLER	23/09/16	Reserva	PCH JUÍNA S.A.	JUI 117	MT	24,4	18,8	16,9	223,20	271,89
10ºLER	23/09/16	Reserva	LOMBO DO CAVALO S/A GERAÇÃO DE ENERGIA	RONCADOR	SC	6,0	3,0	2,7	226,90	276,39
10ºLER	23/09/16	Reserva	MAFRAS ENERGIA E REFLORESTAMENTO LTDA.	WILLY FALLER	SC	1,0	0,7	0,7	229,78	279,90
10ºLER	23/09/16	Reserva	CONSORCIO MANTOVILIS	MANTOVILLIS	MT	5,2	3,6	3,0	223,30	272,01
10ºLER	23/09/16	Reserva	CENTRAL GERADORA HIDRELÉTRICA MANUEL ALVES LTDA	MANUEL ALVES	TO	8,0	5,2	4,7	231,49	281,98
10ºLER	23/09/16	Reserva	MAUE S/A - GERADORA E FORNECEDORA DE INSUMOS	BARRINHA	SC	3,3	1,7	1,5	222,50	271,03
10ºLER	23/09/16	Reserva	MAUÉ S/A - GERADORA E FORNECEDORA DE INSUMOS	LAMBARI	SC	4,0	1,9	1,7	228,00	277,73
10ºLER	23/09/16	Reserva	HIDRELÉTRICA MÉDIO GARCIA SPE LTDA	MÉDIO GARCIA	SC	1,0	0,6	0,5	223,15	271,82

Leilão	Data de realização do leilão	Tipo de Leilão	Vendedor	Empreendimento	UF	Potência (MW)	GF (MW médio)	Energia Contratada (MW médio)	Preço de Venda (R\$/MWh)	Preço de Venda Atualizado (R\$/MWh)
10ºLER	23/09/16	Reserva	CENTRAL HIDRELETRICA PALMEIRAS DO TOCANTINS LTDA	PALMEIRAS	TO	2,8	1,5	1,3	214,00	260,68
10ºLER	23/09/16	Reserva	HIDRELÉTRICA PARAÍSO SPE LTDA	PARAÍSO	SC	1,0	0,6	0,5	223,15	271,82
10ºLER	23/09/16	Reserva	PB PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - EIRELI	PONTE BRANCA	SP	10,2	5,8	5,2	220,00	267,99
10ºLER	23/09/16	Reserva	POÇO FUNDO ENERGIA S/A	POÇO FUNDO	RJ	14,0	7,2	6,5	234,70	285,89
10ºLER	23/09/16	Reserva	PONTE SERRADA GERAÇÃO DE ENERGIA S.A.	PONTE SERRADA	SC	4,1	1,8	1,6	232,49	283,20
10ºLER	23/09/16	Reserva	PORTO ENERGÉTICA LTDA.	JOÃO FRANCO	MG	1,0	0,7	0,6	205,00	249,72
10ºLER	23/09/16	Reserva	HIDRELÉTRICA PULO LTDA	PULO	PR	7,3	4,4	3,9	228,50	278,34
10ºLER	23/09/16	Reserva	RINCÃO ENERGIA S/A	RINCÃO	RS	10,0	4,6	4,0	228,00	277,73
10ºLER	23/09/16	Reserva	ENERGÉTICA RIO DAS PEDRAS LTDA	ENXADRISTA	PR	1,0	0,6	0,6	207,00	252,15
10ºLER	23/09/16	Reserva	CENTRAL GERADORA HIDROELETTRICA SANTANA DO DESERTO LTDA	SANTANA DO DESERTO I	MG	1,6	1,1	1,0	227,90	277,61
10ºLER	23/09/16	Reserva	CENTRAL HIDRELETRICA SIRIVERA LTDA	SIRIVERA	TO	1,8	1,4	1,2	209,00	254,59
10ºLER	23/09/16	Reserva	CENTRAL HIDRELETRICA SUCURI LTDA	SUCURI	TO	2,8	1,4	1,2	214,00	260,68
10ºLER	23/09/16	Reserva	TRD E COBRAPAR	PCH TAMBORIL	GO	15,8	7,4	6,7	232,50	283,21
25ºLEN	18/12/17	Energia Nova	FOCKINK	BURITI	MT	10,0	8,6	5,0	182,05	213,65
25ºLEN	18/12/17	Energia Nova	ENERVIX	SANTA LUZIA	ES	1,5	0,9	0,8	179,00	210,07
26ºLEN	20/12/17	Energia Nova	FORQUILHA IV	FORQUILHA IV	RS	13,0	5,6	5,0	218,29	256,19
26ºLEN	20/12/17	Energia Nova	SAO LUIZ	FOZ DO ESTRELA	PR	29,5	17,6	17,5	220,74	259,06
26ºLEN	20/12/17	Energia Nova	EECO JACUTINGA	PERDIDOS	MT	28,0	16,4	16,4	218,88	256,88
26ºLEN	20/12/17	Energia Nova	SAO CARLOS	SAO CARLOS	SC	14,5	7,7	4,5	218,19	256,07
26ºLEN	20/12/17	Energia Nova	RPEE ENERGIA	TUPITINGA	SC	24,0	10,5	9,7	218,47	256,40
26ºLEN	20/12/17	Energia Nova	VERDE 08	VERDE 08	GO	30,0	18,7	18,2	218,89	256,89
27ºLEN	04/04/18	Energia Nova	BURITIZAL	BURITIZAL	MT	5,0	4,6	4,5	198,35	230,65
27ºLEN	04/04/18	Energia Nova	CHALE	CHALE	MG	2,1	1,4	1,2	197,27	229,40
27ºLEN	04/04/18	Energia Nova	QUEVEDOS ENERGÉTICA	QUEBRA DENTES	RS	22,4	11,3	9,0	198,47	230,79
27ºLEN	04/04/18	Energia Nova	SALTO DO GUASSUPI	SALTO DO GUASSUPI	RS	12,2	6,3	5,0	197,47	229,63
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	GUAPORE 2	ALTO GUAPORE 2	MT	7,0	5,0	5,0	195,99	223,64
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	APE	ANTONIO PRADO	MG	1,0	0,8	0,8	194,99	222,50
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	CBVG	BELA VISTA	PR	29,0	16,6	14,7	195,70	223,31
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	PCH BV II	BOA VISTA II	PR	16,0	6,9	6,0	196,66	224,41
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	EW	DIAMANTINO	GO	3,0	2,2	1,3	195,00	222,51
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	LAC	LACERDOPOLIS	SC	9,6	5,5	5,4	196,00	223,65
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	CPFLR	LUCIA CHEROBIM	PR	28,0	16,6	16,5	189,95	216,75
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	ENERGIA LIMPA	NOVA PONTE QUEIMADA II	MG	3,0	1,9	1,9	195,00	222,51
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	OURO BRANCO	OURO BRANCO	PR	4,0	2,9	1,4	194,99	222,50
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	PCH SEDE II	SEDE II	RS	7,0	2,9	2,3	195,97	223,62
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	GERACAO CEU AZUL	UHE BAIXO IGUACU	PR	350,2	171,3	23,4	151,68	173,08
29ºLEN	28/06/19	Energia Nova	CEESAM	ÁGUAS DA SERRA	SC	22,5	12,2	8,6	199,00	220,21

Leilão	Data de realização do leilão	Tipo de Leilão	Vendedor	Empreendimento	UF	Potência (MW)	GF (MW médio)	Energia Contratada (MW médio)	Preço de Venda (R\$/MWh)	Preço de Venda Atualizado (R\$/MWh)
29ºLEN	28/06/19	Energia Nova	CELESC GERA	CELSE RAMOS	SC	8,3	3,0	2,9	201,11	222,54
29ºLEN	28/06/19	Energia Nova	RIO DO CEDRO ENERGIA	FOZ DO CEDRO	MT	24,0	13,9	13,9	198,88	220,07
29ºLEN	28/06/19	Energia Nova	CEMIG GT	POÇO FUNDO AMPLIAÇÃO	MG	20,8	11,0	11,0	195,50	216,33
29ºLEN	28/06/19	Energia Nova	GALUPO	VILA GALUPO	PR	5,7	3,1	1,0	199,99	221,30
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	POLIFERTIL	ALAGOA III	MG	1,5	1,1	0,8	233,62	257,59
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	ALTO ALEGRE ENERGÉTICA	ALTO ALEGRE	SC	17,4	8,9	7,0	233,14	257,06
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	PCH ÁGUAS DO RIO IRAN	BARRA DAS ÁGUAS	SC	8,5	4,1	3,0	225,00	248,08
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	WENERGY	BOM JESUS	ES	7,8	4,3	4,0	230,00	253,60
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	VOLTALIA	CABUÍ	MG	16,0	9,9	8,8	234,00	258,01
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	RIO DO COBRE	COBRE KM 19	PR	14,2	7,4	5,0	232,00	255,80
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	AT&T ENERGIA	FAZENDA DO SALTO	PR	9,9	5,4	2,1	233,99	258,00
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	SAO BARTOLOMEU GERADORA	GAMELEIRA	GO	14,0	7,0	6,0	232,50	256,35
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	HIDRELÉTRICA GARCIA DE ANGELINA	GARCIA DE ANGELINA	SC	2,0	1,3	1,0	233,98	257,99
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	JASP	JASPE	SC	5,1	2,5	2,1	233,09	257,00
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	JESUÍTA ENERGIA	JESUÍTA	MT	22,2	18,8	13,2	234,00	258,01
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	IBICARE	LINHA RICA	SC	7,9	3,9	2,0	234,13	258,15
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	PESQUEIRO	MACACOS	PR	9,9	6,0	3,0	233,63	257,60
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	HIDRELETRICA MAROMBAS I	MAROMBAS I	SC	3,3	1,6	1,3	233,00	256,91
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	HIDRELETRICA MAROMBAS II	MAROMBAS II	SC	1,8	0,9	0,7	233,00	256,91
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	PACIFICO MASCARENHAS	PACÍFICO MASCARENHAS	MG	2,0	1,4	1,4	233,63	257,60
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	IPIRA	PIRA	SC	19,6	9,5	7,5	233,50	257,46
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	RODEIO ENERGÉTICA	RODEIO	SC	9,8	6,0	4,2	233,08	256,99
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	SAO BARTOLOMEU GERADORA	SALGADO	GO	15,8	8,5	7,0	232,52	256,38
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	ARA ENERGIA	SANTA LUZIA	BA	15,5	9,0	8,0	234,63	258,70
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	SAO BARTOLOMEU GERADORA	SÃO BARTOLOMEU	GO	12,0	6,5	6,0	232,51	256,36
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	SAO CARLOS ENERGIA	SAO CARLOS	SC	15,2	7,7	2,5	225,02	248,11
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	SÃO LUIZ	SAO LUIZ	ES	10,5	5,7	1,4	220,00	242,57
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	MANTIQUEIRA	SERRA NEGRA	MG	3,0	1,8	1,8	228,00	251,39
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	TIBAGI ENERGIA	TIBAGI MONTANTE	PR	36,0	21,0	1,2	157,08	173,20
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	SÃO ROQUE ENERGÉTICA	UHE SÃO ROQUE	SC	141,9	91,3	60,0	157,08	173,20
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	VERDE 2	VERDE 02 BAIXO	GO	22,5	12,9	11,0	234,20	258,23

O resultado obtido foi de **R\$ 237,00/MWh**, na data-base de junho de 2021.

Destaca-se que para o Leilão de Energia A-4 de 2021 o preço teto alcançou o valor de **R\$ 292,00/MWh**.

Nesse sentido, optou-se por fazer uma análise de sensibilidade dos valores de venda de energia, para a definição da potência instalada da PCH SU-75. Esta análise se encontra apresentada no item subsequente.

11.1.3. Estudos de Motorização

Os estudos de motorização da PCH SU-75 objetivaram a definição de sua potência instalada, por meio da análise da relação entre a variação do custo de implantação e a variação do benefício gerado por cada alternativa de motorização.

Inicialmente, foi feito um “mapeamento” energético do sítio, para várias potências instaladas, com estimativas das energias médias, de seus respectivos fatores de capacidade, vazões turbinadas máximas e permanência destas na série de vazões médias mensais. Este estudo preliminar objetivou a escolha da faixa de potências a serem estudadas, em maior nível de detalhamento, nos estudos de motorização.

A Tabela 11-4 apresenta os resultados dessas simulações energéticas, considerando uma perda de carga média de 2% da queda bruta. Ressalta-se que nos estudos de motorização propriamente ditos, etapa na qual são levantadas as curvas de perda de carga no circuito de adução, os valores poderão diferir dos apresentados na referida tabela.

Tabela 11-4: Mapeamento energético preliminar

P_{inst} (MW)	E_{med} (MW _{med})	f_{c-med}	ΔE_{med} (MW _{med})	Q_{turb} (m ³ /s)	% perm ₁	% perm ₂	Despacho (% do tempo)
5,00	4,85	0,97	-	34,29	100,00%	96,46%	100,00%
5,10	4,95	0,97	0,10	34,98	100,00%	93,30%	100,00%
5,20	5,04	0,97	0,09	35,66	100,00%	90,97%	100,00%
5,30	5,13	0,97	0,09	36,35	100,00%	85,42%	100,00%
5,40	5,22	0,97	0,09	37,04	99,57%	81,96%	100,00%
5,50	5,31	0,97	0,09	37,72	98,93%	77,05%	100,00%
5,60	5,39	0,96	0,08	38,41	97,11%	73,03%	100,00%
5,70	5,47	0,96	0,08	39,09	94,17%	68,95%	100,00%
5,80	5,54	0,96	0,07	39,78	92,26%	63,36%	100,00%
5,90	5,60	0,95	0,07	40,46	87,66%	57,46%	100,00%
6,00	5,67	0,94	0,06	41,15	84,57%	50,38%	100,00%
6,10	5,72	0,94	0,06	41,84	78,68%	44,18%	100,00%
6,20	5,77	0,93	0,05	42,52	75,29%	38,33%	100,00%
6,30	5,82	0,92	0,04	43,21	70,55%	34,09%	100,00%
6,40	5,85	0,91	0,04	43,89	66,88%	30,33%	100,00%
6,50	5,88	0,91	0,03	44,58	62,28%	27,14%	100,00%
6,60	5,91	0,90	0,03	45,27	56,76%	25,27%	100,00%
6,70	5,94	0,89	0,03	45,95	48,30%	22,69%	100,00%
6,80	5,96	0,88	0,02	46,64	41,97%	20,64%	100,00%
6,90	5,98	0,87	0,02	47,32	35,98%	19,31%	100,00%
7,00	6,00	0,86	0,02	48,01	33,82%	16,38%	100,00%
7,10	6,02	0,85	0,02	48,69	30,29%	14,94%	100,00%
7,20	6,03	0,84	0,01	49,38	27,44%	11,83%	100,00%
7,30	6,04	0,83	0,01	50,07	24,68%	10,08%	100,00%
7,40	6,05	0,82	0,01	50,75	22,98%	8,63%	100,00%
7,50	6,06	0,81	0,01	51,44	20,69%	6,79%	100,00%
7,60	6,07	0,80	0,01	52,12	19,45%	5,28%	100,00%
7,70	6,07	0,79	0,00	52,81	17,46%	3,80%	100,00%
7,80	6,07	0,78	0,00	53,50	15,11%	2,67%	100,00%
7,90	6,07	0,77	0,00	54,18	12,24%	1,51%	100,00%

P_{inst} (MW)	E_{med} (MW _{med})	f_{c-med}	ΔE_{med} (MW _{med})	Q_{turb} (m ³ /s)	% perm ₁	% perm ₂	Despacho (% do tempo)
8,00	6,08	0,76	0,00	54,87	10,94%	1,21%	100,00%
8,10	6,08	0,75	0,00	55,55	8,84%	0,67%	100,00%
8,20	6,08	0,74	0,00	56,24	7,40%	0,25%	100,00%
8,30	6,08	0,73	0,00	56,93	5,71%	0,09%	100,00%
8,40	6,08	0,72	0,00	57,61	4,78%	0,00%	100,00%
8,50	6,08	0,72	0,00	58,30	3,21%	0,00%	100,00%
8,60	6,08	0,71	0,00	58,98	2,07%	0,00%	100,00%
8,70	6,08	0,70	0,00	59,67	1,40%	0,00%	100,00%
8,80	6,08	0,69	0,00	60,35	0,84%	0,00%	100,00%
8,90	6,08	0,68	0,00	61,04	0,58%	0,00%	100,00%
9,00	6,08	0,68	0,00	61,73	0,17%	0,00%	100,00%

P_{inst}	:	potência instalada de referência;
E_{med}	:	energia média (média do período total da série histórica de simulação);
f_{c-med}	:	fator de capacidade médio;
ΔE_{med}	:	variação de energia média;
Q_{turb}	:	vazão turbinada total;
%perm ₁	:	porcentagem da vazão turbinada total na curva de permanência de vazões médias mensais, sem descontar as vazões remanescentes;
%perm ₂	:	porcentagem da vazão turbinada total na curva de permanência de vazões médias mensais, descontadas as vazões remanescentes;
Despacho	:	garantia de despacho, em % do tempo (vazão unitária mínima operacional).

A Figura 11-1 mostra a curva preliminar de energia média estimada para o aproveitamento.

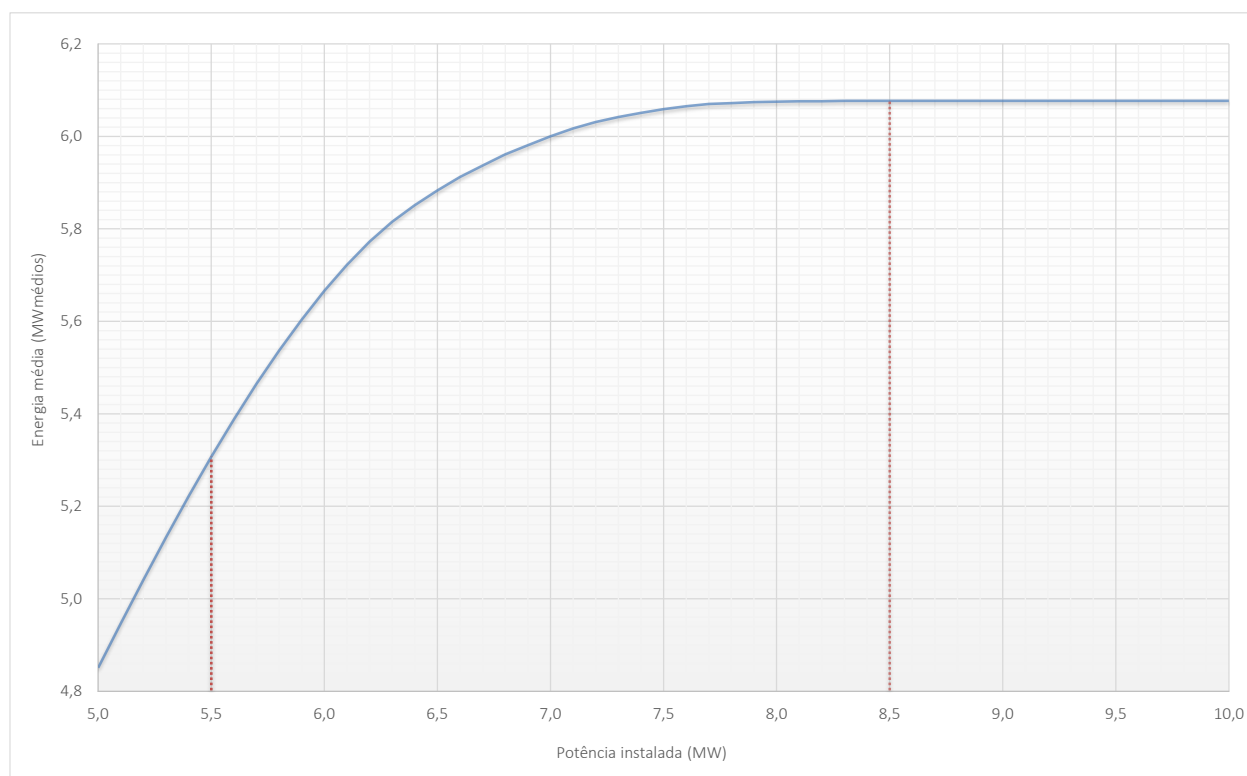


Figura 11-1: Curva de energia média produzida (preliminar)

Os resultados preliminares mostraram que a faixa operativa da usina, a ser detalhada nos estudos de motorização, estaria entre 5,5 MW e 8,5 MW, potência a partir da qual a curva de energia se mostra nitidamente saturada.

Sendo assim, os estudos de motorização abrangeram a faixa de potências instaladas entre **5,5 MW e 8,5 MW**, com incremento de **0,5 MW**.

Para cada potência, foram dimensionadas e quantificadas as estruturas principais do circuito de geração.

Para garantir maior precisão nestes estudos, estimaram-se, para cada alternativa de potência instalada, as perdas de carga em todo o circuito de adução, representadas por meio de equações inseridas no modelo computacional desenvolvido para os estudos energéticos.

O canal de adução será escavado em solo e totalmente revestido em manta PEAD, tendo a montante uma estrutura de controle em concreto.

O circuito sob pressão foi previsto em conduto metálico e deverá trabalhar com velocidades que garantam tanto a proteção contra sobrepessão como a regulação das máquinas.

A usina foi implantada, nesses estudos de motorização, com dois conjuntos turbina-gerador de eixo horizontal, do tipo Francis simples, de mesma potência.

A Tabela 11-5 seguinte apresenta os coeficientes das equações utilizadas para as perdas de carga no circuito de adução, em função da vazão turbinada total para o trecho em baixa pressão (tomada d'água de controle e canal de adução) e em função da vazão turbinada unitária para o trecho de alta pressão (entre a tomada d'água até a entrada da turbina, incluindo a saída do tubo de sucção).

Tabela 11-5: Estudos de motorização – Coeficientes das equações de perda de carga

P _{instalada} (MW)	$h_{p1} = a(Q_{turb-tot})^b$		$h_{p2} = c(Q_{turb-unit})^d$	
	a	b	c	d
5,50	9,8072162171E-05	2,0915322050E+00	1,5910411717E-03	1,9711476073E+00
6,00	8,0331173512E-05	2,1066612078E+00	1,4128460225E-03	1,9720260401E+00
6,50	5,7686664538E-05	2,1357955100E+00	1,1651785792E-03	1,9724902710E+00
7,00	4,7754705768E-05	2,1547512988E+00	1,0083632203E-03	1,9743821727E+00
7,50	4,0779857538E-05	2,1719114736E+00	9,0262981071E-04	1,9769332161E+00
8,00	3,4000602124E-05	2,1931622954E+00	7,3814132213E-04	1,9802475823E+00
8,50	2,5191068664E-05	2,2316654413E+00	6,6254476646E-04	1,9836477197E+00

A Tabela 11-6 apresenta os resultados das simulações energéticas. Os efeitos do aumento na motorização da PCH SU-75 processam-se apenas na própria usina, visto que operará a fio d'água.

Tabela 11-6: Estudos de Motorização – Simulações energéticas

P_{inst} (MW)	$H_{liq-ref}$ (m)	$H_{liq-proj}$ (m)	Q_{turb} (m ³ /s)	E_{med} (MW)	ΔE_{med} (MW)	f_{c-med}	% perm ₁	% perm ₂	Garantia de despacho
5,50	16,64	17,09	37,34	5,32	-	0,97	99,48%	80,08%	100%
6,00	16,60	17,07	40,84	5,70	0,38	0,95	85,64%	54,20%	100%
6,50	16,63	17,13	44,16	5,96	0,26	0,92	64,93%	29,52%	100%
7,00	16,62	17,17	47,59	6,10	0,15	0,87	35,09%	18,25%	100%
7,50	16,59	17,20	51,09	6,19	0,08	0,83	21,03%	7,38%	100%
8,00	16,67	17,28	54,24	6,23	0,05	0,78	12,17%	1,49%	100%
8,50	16,74	17,32	57,39	6,25	0,02	0,74	5,12%	0,02%	100%

- P_{inst} : potência instalada de referência;
- E_{med} : energia média (média do período total da série histórica de simulação);
- f_{c-med} : fator de capacidade médio;
- ΔE_{med} : variação de energia média;
- Q_{turb} : vazão turbinada total;
- $H_{liq-proj}$: queda líquida de projeto;
- $H_{liq-ref}$: queda líquida de referência;
- %perm₁ : porcentagem da vazão turbinada total na curva de permanência de vazões médias mensais, sem descontar as vazões remanescentes;
- %perm₂ : porcentagem da vazão turbinada total na curva de permanência de vazões médias mensais, descontadas as vazões remanescentes;
- Despacho : garantia de despacho, em % do tempo (vazão unitária mínima operacional).

A Figura 11-2 apresenta o comportamento da energia média em função da potência instalada.

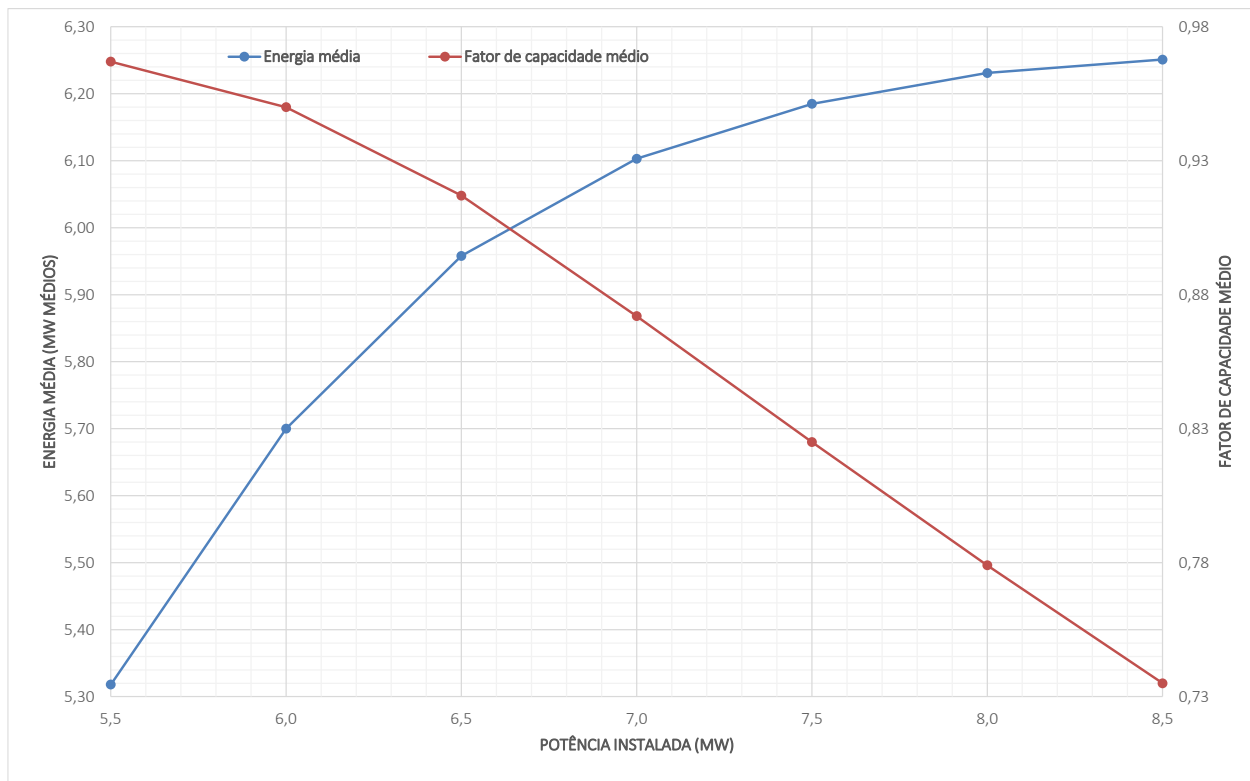


Figura 11-2: Estudos de Motorização – Energia média e Fator de Capacidade

Além da estimativa das energias médias geradas em cada alternativa, foram feitos levantamentos de quantidades e custos para as obras principais que sofrerão alterações com o acréscimo da potência instalada.

As quantidades que sofreram variações com os incrementos de potência são:

- Estrutura de controle do canal de adução: levantamento dos volumes de concreto e equipamentos;
- Canal de adução: levantamento das escavações em solo e do revestimento em PEAD;
- Tomada d'água de adução: levantamento dos volumes de concreto e equipamentos;
- Conduto forçado: levantamento dos volumes de concreto estrutural dos blocos e custos da blindagem metálica;
- Casa de força: levantamento dos volumes de concreto e custos de equipamentos eletromecânicos.

Nestes estudos de motorização optou-se por não quantificar os volumes de escavação a céu aberto na tomada d'água, conduto forçado, casa de força e canal de fuga, tendo em vista que os volumes diferenciais serão de pequena monta e não deverão impactar na escolha da motorização "ótima" do aproveitamento.

Em adição, considera-se essa envoltória como mais segura, uma vez que os diferenciais de custos, considerando-se as escavações, tenderiam a ser ligeiramente maiores, o que poderia levar o ponto "ótimo" da potência para um valor inferior ao determinado a partir das premissas aqui adotadas. A tabela seguinte apresenta alguns parâmetros do circuito de adução que sofreram variação com o aumento da potência instalada e, conseqüentemente, da vazão turbinada.

Tabela 11-7: Estudos de Motorização – Parâmetros do circuito de adução alterados com a potência instalada

Parâmetros	P = 5,5 MW	P = 6,0 MW	P = 6,5 MW	P = 7,0 MW	P = 7,5 MW	P = 8,0 MW	P = 8,5 MW
H _{liq-referência} (m)	16,64	16,60	16,63	16,62	16,59	16,67	16,74
H _{liq-projeto} (m)	17,09	17,07	17,13	17,17	17,20	17,28	17,32
Q _{turb-total} (m ³ /s)	37,36	40,84	44,16	47,60	51,09	54,25	57,39
N _{unidades}	2	2	2	2	2	2	2
P _{turbina} (kW)	2.836	1.547	1.117	903	774	688	626
n _{turbina} (rpm)	360,00	360,00	327,27	327,27	327,27	300,00	300,00
P _{gerador} (kVA)	3.056	3.334	3.612	3.889	4.167	4.445	4.723
n _{gerador} (rpm)	360,00	360,00	327,27	327,27	327,27	300,00	300,00
η _{turb}	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%
η _{ger}	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%
L _{Canal} (m)	1.560	1.560	1.560	1.560	1.560	1.560	1.560
b _{Canal} (m)	4,50	4,70	4,90	5,10	5,20	5,40	5,60
d _{cond} (m)	2,80	2,90	3,00	3,10	3,20	3,30	3,40
L _{CF-bloco} (m)	6,30	6,40	6,60	6,70	6,70	7,00	7,00
L _{AM} (m)	10,00	10,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00
L _{CF-total} (m)	22,60	22,80	24,20	24,40	24,40	25,00	25,00
V _{escav-canal} (m ³)	268.786	271.904	275.590	278.705	280.578	283.685	287.377
PEAD (m ²)	52.064	53.111	54.803	55.846	56.727	57.761	59.458
V _{conc-TA-canal} (m ³)	415	421	429	435	441	447	453
V _{conc-TA} (m ³)	2.128	2.184	2.240	2.298	2.354	2.404	2.452
V _{conc-conduto} (m ³)	458	482	529	567	595	648	678
V _{conc-CF} (m ³)	2.710	2.870	3.030	3.280	3.380	3.600	3.680
Blindagem (t)	133	137	144	149	153	159	213

Uma vez levantadas as quantidades foram elaborados orçamentos preliminares, tendo como base o Orçamento Padrão Eletrobrás – OPE, contendo apenas as contas relativas aos itens que sofreram variação, para a estimativa, em cada alternativa, dos correspondentes incrementais de custos.

As outras contas (barragem, vertedouro, desvio do rio, etc.) não devem variar com a potência instalada, e serão quantificadas apenas para a alternativa final de motorização.

Os custos de investimento, apenas do circuito de geração da usina, estão apresentados nas tabelas seguintes. Estes foram estimados por meio levantamento de quantidades, sendo a base de dados dos custos unitários atualizada para a data de junho/2021.

Tabela 11-8: Estudos de Motorização – Estimativa de custos do circuito de geração (R\$ x 10³)

Conta	P = 5,5 MW	P = 6,0 MW	P = 6,5 MW	P = 7,0 MW	P = 7,5 MW	P = 8,0 MW	P = 8,5 MW
.10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
.11	5.194,02	5.509,56	5.823,58	6.261,69	6.489,24	6.883,40	7.073,63
.12	14.783,16	15.221,09	15.748,27	16.231,12	16.604,53	17.103,60	18.555,96
.13	10.487,66	10.536,59	11.541,73	12.195,91	12.759,54	13.884,32	14.514,06
.14	2.831,67	2.844,88	3.116,26	3.292,90	3.445,08	3.748,77	3.918,80
.15	1.185,04	1.209,28	1.316,52	1.401,03	1.458,62	1.594,68	1.656,55
.16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Custo Direto	34.481,55	35.321,40	37.546,36	39.382,65	40.757,01	43.214,77	45.719,00
Custos Indiretos	4.468,82	4.577,64	4.866,00	5.103,99	5.282,11	5.600,63	5.925,18
Custo Total s/ Juros	38.950,37	39.899,04	42.412,36	44.486,64	46.039,12	48.815,40	51.644,18
JDC	3.895,04	3.989,90	4.241,24	4.448,66	4.603,91	4.881,54	5.164,42
Custo Total	42.845,41	43.888,94	46.653,60	48.935,30	50.643,03	53.696,94	56.808,60

* custo total do circuito de geração – estrutura de controle, canal de adução, tomada d'água, conduto forçado e casa de força.

Na tabela anterior, foram considerados percentuais de 8% para os eventuais de cada conta e de 10% para os juros durante a construção. Os custos indiretos possuem pequena variação, em função de contas representadas por percentuais do custo direto da obra.

A Tabela 11-9 apresenta os custos totais anuais de cada alternativa de motorização, e suas variações, ou incrementos. Para a estimativa dos custos de operação e manutenção, foi adotado o seguinte parâmetro:

- Custo de operação e manutenção (O&M) R\$ 16,00/MWh

Tabela 11-9: Estudos de Motorização – Estimativa de custos do circuito de geração

P _{inst} (MW)	Custo total* (R\$)	ΔC _{total} (R\$)	O&M (R\$/ano)	Custo total anual (R\$)	ΔC _{anual} (R\$)
5,50	42.845.410	-	770.880	5.213.508	-
6,00	43.888.940	1.043.530	840.960	5.391.791	178.283
6,50	46.653.600	2.764.660	911.040	5.748.538	356.747
7,00	48.935.300	2.281.700	981.120	6.055.207	306.669
7,50	50.643.030	1.707.730	1.051.200	6.302.361	247.154
8,00	53.696.940	3.053.910	1.121.280	6.689.100	386.739
8,50	56.808.600	3.111.660	1.191.360	7.081.827	392.727

* custo total do circuito de geração – estrutura de controle, canal de adução, tomada d'água, conduto forçado e casa de força.

A análise dos incrementais dos custos totais do circuito de geração mostra variações entre R\$ 1.000.000,00 até R\$ 3.000.000,00.

Em linhas gerais, os incrementais de custos para o circuito de adução, para o aumento da potência instalada, ocorrerão nas seguintes condições:

- **Caso 1:** aumento da base do canal de adução;
- **Caso 2:** aumento do diâmetro do conduto forçado principal;
- **Caso 3:** aumento da espessura da chapa do conduto forçado;
- **Caso 4:** redução da rotação dos grupos geradores, para manter as submergências numa mesma faixa.

A Tabela 11-10 apresenta os parâmetros principais do circuito de adução para cada alternativa de potência instalada, podendo ser identificados os pontos nos quais houve alteração do circuito com relação ao passo anterior, impactando nos custos de implantação.

Tabela 11-10: Parâmetros do circuito de adução para cada alternativa de potência

P _{inst} (MW)	ΔC_{total} (R\$)	Largura da base do canal de adução [Caso 1]	Diâmetro (m) do conduto principal [Caso 2]	Espessura (mm) do conduto principal [Caso 3]	Rotação dos grupos geradores (rpm) [Caso 4]
5,50	-	4,50	2,80	9,53	360,00
6,00	1.043.530	4,70	2,90	9,53	360,00
6,50	2.764.660	4,90	3,00	9,53	327,27
7,00	2.281.700	5,10	3,10	9,53	327,27
7,50	1.707.730	5,20	3,20	9,53	327,27
8,00	3.053.910	5,40	3,30	9,53	300,00
8,50	3.111.660	5,60	3,40	12,70	300,00

Os resultados mostram que os maiores incrementais de custos foram observados na mudança na rotação dos grupos geradores (6,0 MW para 6,5 MW e 7,5 MW para 8,0 MW) e na alteração da espessura da chapa do conduto (8,0 MW para 8,5 MW).

Para as estimativas do benefício econômico de cada alternativa de motorização foram consideradas as seguintes premissas:

- Taxa de juros..... 10% a.a.
- Período da autorização..... 35 anos
- Valores de venda da energia:
 - Cenário 01..... R\$ 237,00/MWh
 - Cenário 02..... R\$ 292,00/MWh

O Cenário 01 apresenta um valor de venda da energia compatível com a média dos últimos anos dos Leilões de Energia no ACR, para a mesma fonte, conforme mostrado no item 11.1.2.

Já o Cenário 02 resulta do preço teto definido para o Leilão de Energia Nova A-4 realizado em julho de 2021, praticamente na mesma data-base dos estudos.

A Tabela 11-11 apresenta as variações de custo/benefício ($\Delta C/\Delta B$) para cada alternativa de motorização, considerando os dois cenários pré-determinados. A análise dos resultados permitirá a escolha da potência instalada da usina, cujo valor mínimo está associado ao ponto no qual a variação de custo de implantação ainda não supera o benefício gerado pelo empreendimento, ou seja, no ponto onde o índice $\Delta C/\Delta B$ for próximo de 1,0.

Os resultados também podem ser observados no gráfico da Figura 11-3. Nestes apresentam-se o comportamento da variação do incremental de custo anual pelo incremental do benefício anual, em função da potência instalada.

Tabela 11-11: Estudos de Motorização – Variação Custo/Benefício anual para cada potência instalada

P _{inst} (MW)	ΔC_{anual} (R\$)	Cenário 01 (R\$ 237,00/MWh)			Cenário 02 (R\$ 292,00/MWh)		
		B _{anual} (R\$)	ΔB (R\$)	$\Delta C/\Delta B$	B _{anual} (R\$)	ΔB (R\$)	$\Delta C/\Delta B$
5,50	-	11.044.958	-	-	13.608.134	-	-
6,00	178.283	11.833.884	788.926	0,23	14.580.144	972.010	0,18
6,50	356.747	12.373.675	539.791	0,66	15.245.203	665.059	0,54
7,00	306.669	12.664.332	290.657	1,06	15.603.312	358.109	0,86
7,50	247.154	12.851.183	186.851	1,32	15.833.525	230.213	1,07
8,00	386.739	12.934.228	83.045	4,66	15.935.842	102.317	3,78
8,50	392.727	12.975.750	41.522	9,46	15.987.000	51.158	7,68

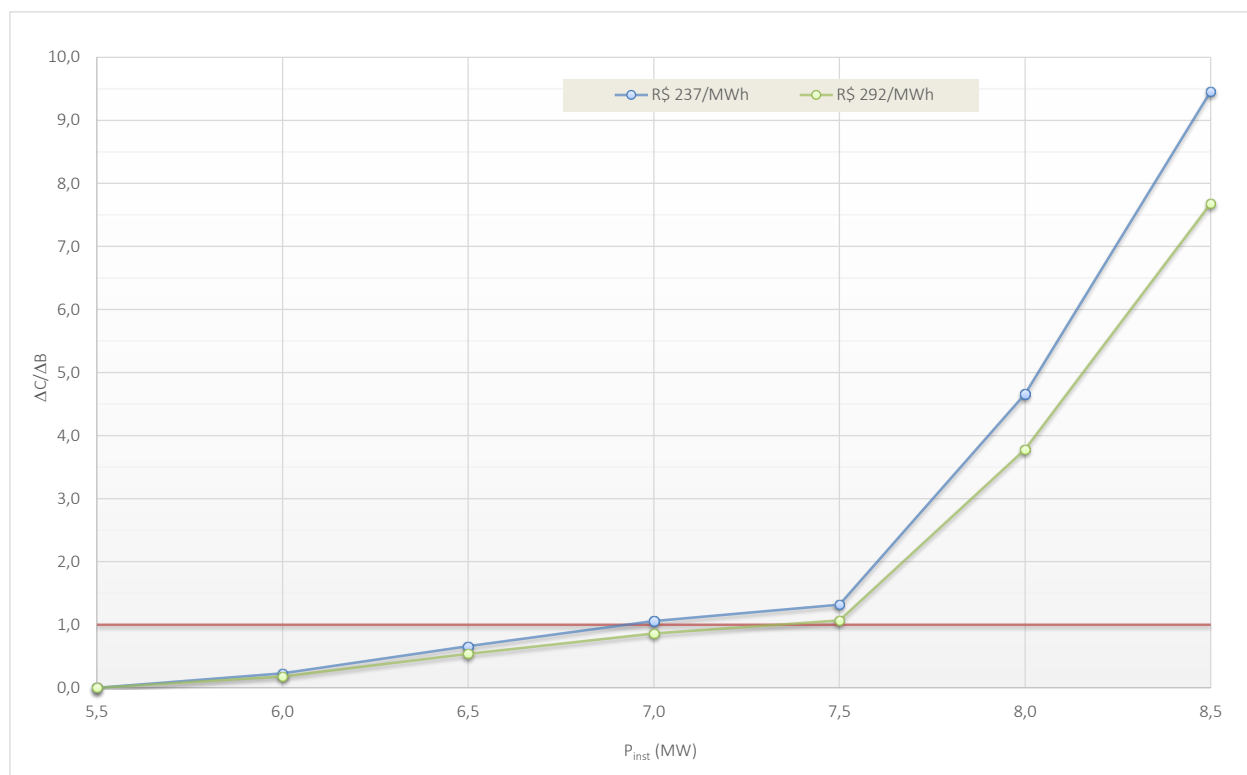


Figura 11-3: Estudos de Motorização – Variação custo/benefício

De acordo com os resultados obtidos, o índice $\Delta C/\Delta B$ assumiu definitivamente valores superiores à unidade a partir da incremental de 6,5 MW para 7,0 MW para o Cenário 01, e de 7,0 MW para 7,5 MW para o Cenário 02, ambos com valores próximos da unidade.

Indo ao encontro da maximização energética, foi definida a potência instalada de **7,5 MW** para a casa de força principal da PCH SU-75.

Para esta potência associa-se um fator de capacidade de aproximadamente 0,83 e uma vazão turbinada com permanência de aproximadamente 7% do tempo (descontando as vazões remanescentes), comprovando que não há qualquer evidência de submotorização.

A estimativa dos custos finais do aproveitamento, com base no dimensionamento final e detalhamento de suas estruturas principais, será realizada para a referida potência.

11.1.4. Determinação do Número de Unidades Geradoras

Em função do pequeno porte do empreendimento e da boa capacidade de regularização da bacia, optou-se, por razões econômicas, pela implantação de duas unidades geradoras tipo Kaplan “S” de eixo horizontal na casa de força principal da PCH SU-75, o que resultará em garantia de despacho em 100% do tempo.

11.1.5. Estudos de Otimização do Circuito de Adução

Após as definições das posições finais das estruturas do circuito e da modulação das unidades geradoras, foram promovidas otimizações no projeto do conduto forçado, com relação ao estimado na fase de motorização.

Após todos os dimensionamentos, o circuito de adução otimizado foi devidamente implantado.

11.1.6. Determinação da Energia Média

Após a implantação do circuito otimizado, foi elaborada a curva de perdas de carga para balizar os estudos energéticos finais do aproveitamento.

As perdas hidráulicas no circuito de adução foram estimadas por meio de equações em função das características físicas do circuito, desde a tomada d’água de controle do canal de adução até a entrada das turbinas, incluindo também a saída do tubo de sucção e o canal de fuga.

De maneira geral, as perdas no circuito final, h_p , foram representadas pela seguinte relação:

$$h_p = h_{p1} + h_{p2} + h_{p-\text{canal de fuga}}$$

onde

h_{p1} : perdas hidráulicas no circuito de baixa pressão, desde a tomada d’água de controle do canal até a câmara de carga, em função da vazão turbinada total;

h_{p2} : perdas hidráulicas no circuito de alta pressão, desde a tomada d’água até a entrada da turbina e também a saída do tubo de sucção, em função da vazão turbinada unitária;

$h_{p-\text{canal de fuga}}$: perdas hidráulicas no canal de fuga (valor nominal, devido à pequena magnitude).

A Figura 11-4 apresenta as referidas curvas, que relacionam as perdas de carga com as vazões turbinadas totais para o trecho de baixa pressão e unitárias para o trecho de alta pressão.

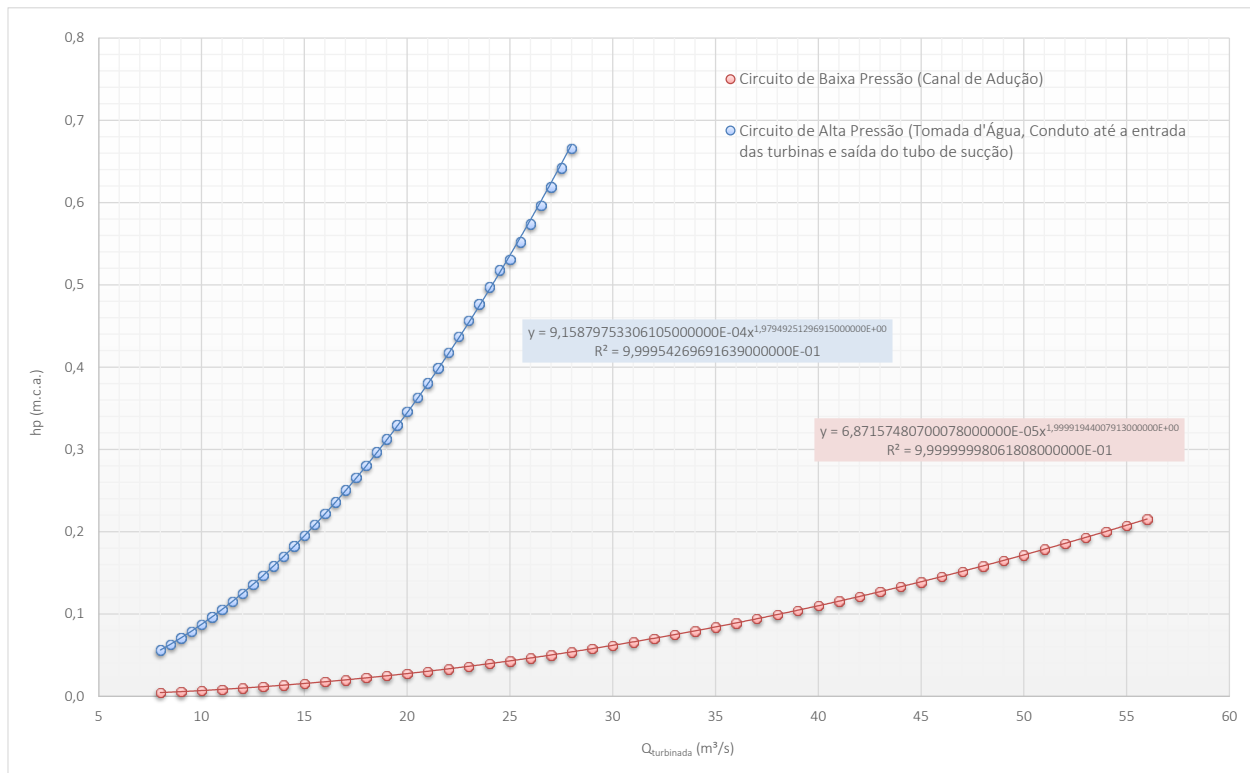


Figura 11-4: Curvas de perdas de carga no circuito de adução

$$h_{p1} = 6,87157480700078 \times 10^{-5} Q_{turb-tot}^{1,99991944007913}$$

$$h_{p2} = 9,15879753306105 \times 10^{-3} Q_{turb-unit}^{1,97949251296915}$$

$$h_{p-canal\ de\ fuga} = 0,06\ m$$

Com isso, estimou-se a energia média gerada na casa de força principal da PCH SU-75, resultando em 6,19 MW médios, já descontadas as indisponibilidades.

A Figura 11-5 mostra a curva de energia produzida no aproveitamento, representada pela área abaixo da curva em azul, considerando a série de vazões médias mensais turbináveis (descontadas as vazões remanescentes).

Observa-se que à potência instalada de 7,5 MW, definida como o ponto ótimo de motorização, associa-se uma vazão turbinada máxima de 51,0 m³/s, cujo valor tem permanência, na série de vazões médias mensais turbináveis, de aproximadamente 8% do tempo, o que evidencia que a usina não está submotorizada.

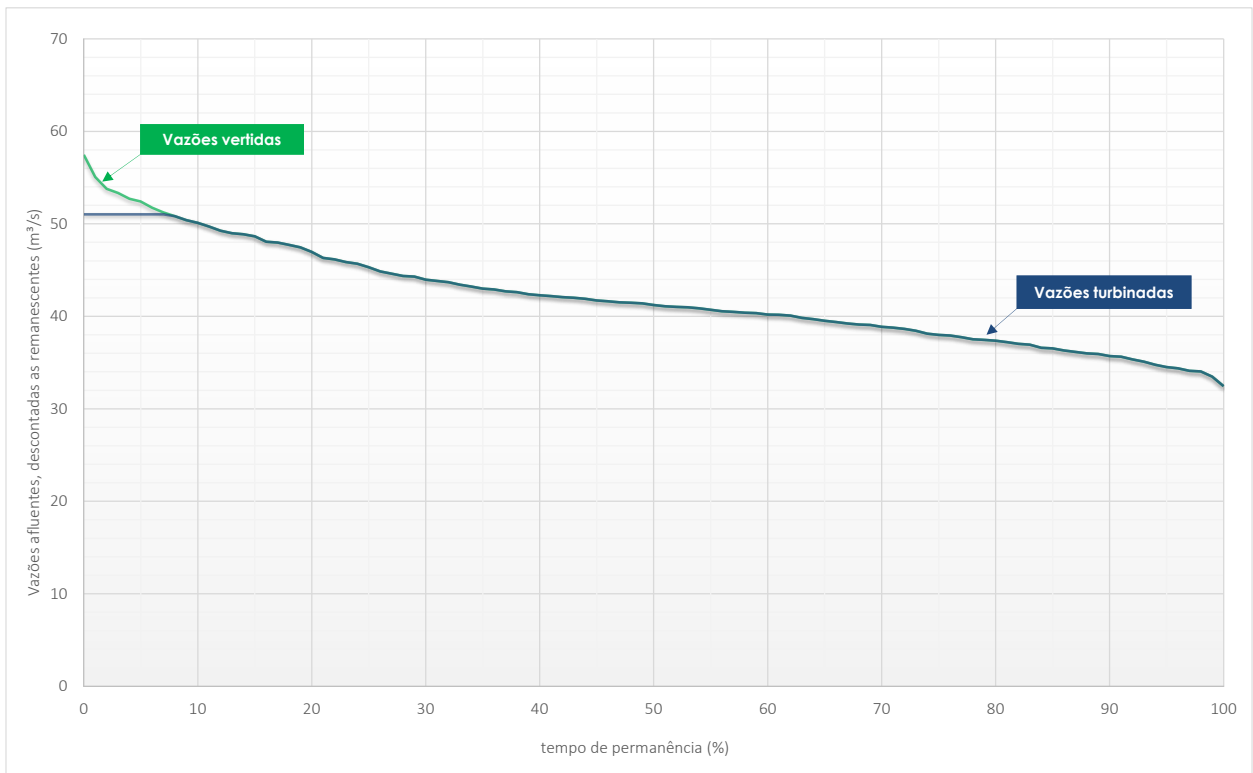


Figura 11-5: Curva de energia produzida pelo aproveitamento (série de vazões turbináveis)

11.1.7. Determinação das Quedas de Projeto e de Referência

A Figura 11-6 apresenta a curva de permanências de quedas brutas, enquanto a Figura 11-7 apresenta a curva de permanências de quedas líquidas, na qual foram descontadas as perdas de carga impostas para cada valor de vazão a ser turbinada.

A queda líquida de referência do aproveitamento foi definida como a queda com 95% do tempo de permanência, na curva mostrada na Figura 11-7. O dimensionamento das turbinas deverá ser feito a partir dessa queda, com vistas à definição do engolimento máximo de cada unidade.

A queda líquida de projeto, por sua vez, foi estimada por meio do cálculo do valor médio ponderado com a produção energética, de acordo com a equação seguinte:

$$h_{liq-proj} = \frac{\sum_{i=1}^n h_{liq-i} E_{med-i}}{\sum_{i=1}^n E_{med-i}}$$

onde n é o número de meses da simulação energética.

Essa queda estará associada ao ponto no qual o rendimento da turbina é máximo, e deve ser utilizada para o cálculo da energia assegurada da usina.

Dessa forma, os seguintes valores foram calculados e adotados:

- Queda líquida de referência16,61 m

– Queda líquida de projeto17,21 m

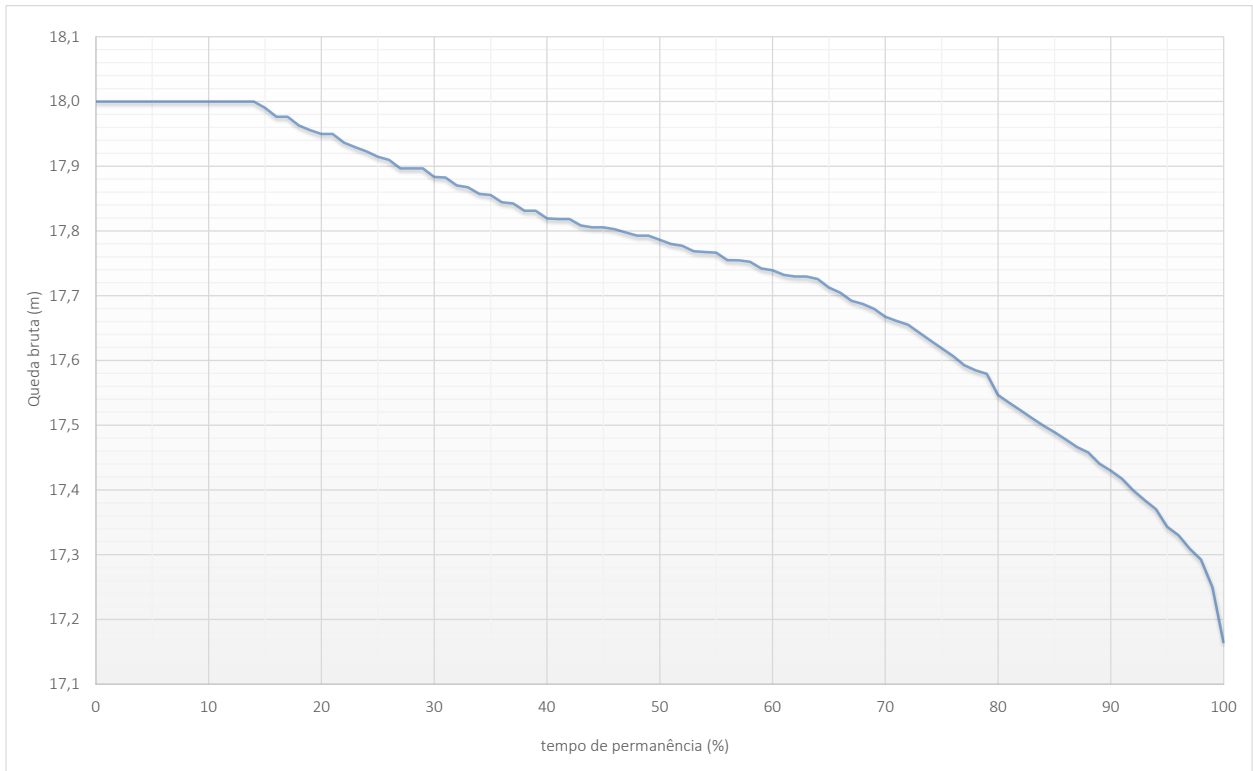


Figura 11-6: Curva de permanência de quedas brutas

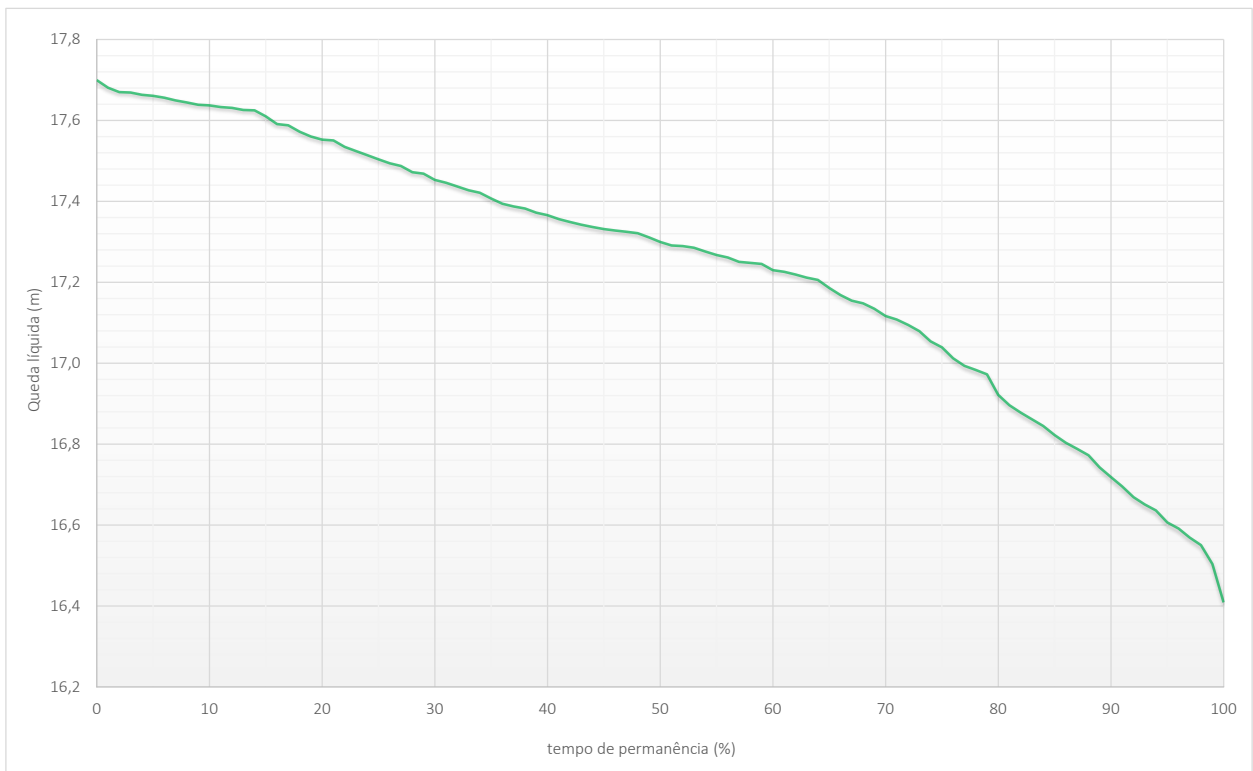


Figura 11-7: Curva de permanência de quedas líquidas

11.2. Casa de Força Complementar

Neste item são apresentadas as simulações energéticas para a casa de força complementar, prevista para o aproveitamento energético da vazão remanescente.

11.2.1. Parâmetros para as Simulações Energéticas

Os parâmetros adotados para a simulação energética da casa de força complementar foram os seguintes:

- Nível d'água de montante286,00 m
- Nível d'água de jusante..... curva-chave no eixo do barramento (NA nominal = 270,96 m)
- Queda bruta nominal.....15,04 m
- Perda hidráulica nominal..... 3% da queda bruta
- Queda líquida nominal.....14,59 m
- TEIF (Taxa Equivalente de Indisponibilidade Forçada)..... 1,26%
- IP (Indisponibilidade Programada)..... 1,74%
- Rendimento nominal da turbina..... 91,0%
- Rendimento nominal do gerador..... 95,0%
- Série de vazões médias mensais..... jan/1974 a dez/2020
- Potência instalada..... 600 kW
- Número de unidades 1
- Tipo de turbina hélice
- Consumo interno inseridas na casa de força principal
- Perdas elétricas.....contabilizadas na casa de força principal
- Vazão remanescente nula
- Vazões para usos consuntivos nula

Nos itens subsequentes apresentam-se as justificativas técnicas para os parâmetros do projeto.

a) Nível d'Água normal de jusante

As variações no nível de jusante serão regidas pela curva-chave definida para o eixo do barramento, conforme a seguinte equação:

$$NA = \left(\frac{Q_{defl}}{15,5799423534856} \right)^{1/2,01943755373569} + 270,40$$

O nível d'água normal de jusante está associado à vazão turbinada nominal da unidade geradora.

Dessa forma, o NA normal de jusante para a casa de força complementar seria:

- Vazão turbinada nominal da unidade geradora.....4,85 m³/s (resultado do modelo)

- NA normal de jusante para a casa de força complementar.....270,96 m

b) Queda bruta nominal

A queda bruta nominal é a diferença entre o NA máximo normal de montante e o NA normal de jusante:

- Nível d'água máximo normal de montante286,00 m
- Nível d'água normal de jusante270,96 m
- Queda bruta nominal na casa de força complementar15,04 m

c) Perdas hidráulicas e Queda líquida nominal

As perdas hidráulicas no circuito de adução foram estimadas em 3% da queda bruta, devido à simplicidade do sistema adutor.

- Perda hidráulica nominal.....0,45 m.c.a.
- Queda líquida nominal.....14,59 m

d) Tipo de turbina

Em função da queda e da vazão turbinada, foi selecionada uma unidade geradora tipo hélice, apropriada para aproveitamento energético de vazão remanescente.

Na Figura 11-8 apresenta-se um exemplo da solução proposta neste projeto. Neste caso, a instalação do grupo gerador para motorização da vazão sanitária ocorreu após a usina entrar em operação comercial.



Figura 11-8: Turbina tipo hélice instalada no barramento de uma PCH (Fonte: VERKA)

e) Indisponibilidades Forçada e Programada

Foram mantidas as indisponibilidades previstas para a casa de força principal.

f) Vazões médias mensais disponíveis

A simulação energética da casa de força principal resultou numa série de vazões médias mensais vertidas, que considera a previsão mensal de vazão remanescente.

Estas vazões estariam disponíveis para geração de energia na casa de força complementar.

Sendo assim, a série utilizada para a modelagem energética da casa de força complementar, mostrada na Tabela 11-12, será a série de vazões vertidas na simulação da casa de força principal.

Tabela 11-12: Série de vazões médias mensais disponíveis (jan/1974 a dez/2020)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1974	5,64	7,00	7,85	7,35	5,71	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
1975	4,93	5,14	5,27	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
1976	4,93	5,14	5,27	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
1977	4,93	5,14	5,27	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
1978	6,54	5,14	7,19	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
1979	5,73	7,78	10,13	8,32	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
1980	4,93	6,23	8,74	7,03	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
1981	4,93	5,70	6,73	6,59	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
1982	5,87	7,80	9,83	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
1983	4,93	5,14	5,83	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
1984	4,93	5,14	5,27	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
1985	4,93	5,14	5,27	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
1986	5,10	6,56	5,98	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
1987	4,93	5,14	5,27	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
1988	4,93	5,32	7,77	6,83	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
1989	4,93	8,86	9,24	6,63	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
1990	4,93	5,43	5,27	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
1991	4,93	6,01	6,85	7,49	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
1992	4,93	5,14	5,27	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
1993	4,93	5,50	7,73	6,34	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
1994	4,93	6,90	7,45	7,73	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
1995	4,94	8,85	11,09	9,69	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,66
1996	4,93	5,14	5,27	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
1997	4,93	5,14	5,50	5,22	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
1998	4,93	5,14	5,27	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
1999	4,93	5,14	5,27	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
2000	4,93	5,14	5,27	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
2001	4,93	5,14	5,27	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
2002	4,93	5,14	5,27	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
2003	4,93	5,14	5,27	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
2004	4,93	5,14	5,27	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
2005	4,93	5,14	5,27	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
2006	4,93	5,14	5,27	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
2007	4,93	5,14	5,27	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2008	4,93	5,14	5,27	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
2009	4,93	5,14	5,27	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
2010	4,93	5,14	5,27	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
2011	4,93	5,14	5,27	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
2012	4,93	5,14	5,27	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
2013	4,93	5,14	5,27	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
2014	4,93	5,14	5,27	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
2015	4,93	5,14	5,27	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
2016	4,93	5,14	5,27	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
2017	4,93	5,14	5,27	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
2018	4,93	5,14	5,27	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
2019	4,93	5,14	5,27	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65
2020	4,93	5,14	5,27	5,16	4,81	4,54	4,36	4,25	4,23	4,30	4,45	4,65

g) Potência instalada

Para a definição da potência instalada na casa de força complementar partiu-se da premissa de geração de energia a partir das vazões remanescentes disponibilizadas mensalmente.

Assim sendo, a vazão turbinada nominal deverá ser próxima da vazão remanescente máxima, que será no mês de março.

$$P_{m\acute{a}x} = \rho g H_{liq} Q_{turb} \eta_t \eta_g = 9810 \times 14,59 \times 5,27 \times 0,91 \times 0,95 = 652 \text{ kW}$$

O valor adotado para a casa de força complementar foi de 600 kW.

h) Vazões remanescentes (Q_r)

A proposta da casa de força complementar é a de aproveitamento energético da vazão remanescente da PCH, com geração de energia ao pé do barramento.

i) Vazões para usos consuntivos (Q_u)

Assim como na casa de força principal, as vazões para usos consuntivos serão nulas.

j) Perdas Elétricas

O cálculo das perdas elétricas na casa de força principal, a ser apresentado no item 11.3, já considera o acréscimo de potência da casa de força complementar.

k) Consumo interno

O valor previsto para a casa de força principal contempla o acréscimo de potência na casa de força complementar.

11.2.2. Cálculo da Energia Média

De posse das informações obtidas, as simulações energéticas resultaram numa energia média equivalente a **0,55 MW médios** a ser produzida somente na casa de força complementar.

Considerando apenas as vazões remanescentes, os valores mensais de potência gerada seriam os seguintes.

Tabela 11-13: Potências médias mensais geradas a partir das vazões remanescentes (kW)

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
600	600	600	600	595	562	539	525	523	533	551	575

11.3. Garantia Física

A Garantia Física (GF) da PCH SU-75 será calculada pelo MME, por meio da metodologia definida na Portaria nº 463/2009, a partir dos parâmetros aprovados pela ANEEL.

Para a casa de força principal, em relação à energia média estimada no item 11.1.6, a GF apresenta as seguintes diferenças conceituais, de acordo com a referida Portaria do MME:

- Utilização da queda bruta nominal, associada à vazão turbinada nominal;
- Utilização da perda de carga hidráulica nominal, ou seja, associada à vazão turbinada nominal, desconsiderando as variações mensais calculadas por meio da curva de perdas hidráulicas;
- Inserção das perdas no consumo interno;
- Inserção das perdas elétricas no sistema de transmissão.

A queda bruta nominal, segundo entendimento da EPE, é a diferença entre o NA do reservatório e o NA do canal de fuga associado à vazão turbinada nominal, ou seja:

- NA máximo do reservatório.....286,00 m
- Vazão turbinada nominal..... 50,34 m³/s
- Vazão remanescente máxima..... 5,27 m³/s
- Vazão defluente nominal (turbina nominal + remanescente máxima)..... 55,61 m³/s
- NA de jusante para a condição nominal:
 - Curva-chave natural (NA associado à vazão defluente nominal)268,39 m
 - NA da usina de jusante.....268,00 m
 - Valor adotado.....268,39 m
- Queda bruta nominal.....17,61 m

De acordo com o modelo elaborado para a PCH, as perdas hidráulicas nominais representam 0,54 m, valor equivalente a aproximadamente 2,3% da queda bruta, conforme a seguinte distribuição:

$$h_p = h_{p1} + h_{p2} + h_{p-\text{canal de fuga}}$$

$$h_{p1} = 0,17 \text{ m (trecho de baixa pressão)}$$

$$h_{p2} = 0,54 \text{ (trecho de alta pressão)}$$

$$h_{p\text{-canal de fuga}} = 0,06 \text{ m}$$

$$h_p = 0,17 \text{ m} + 0,54 \text{ m} + 0,06 \text{ m} = 0,77 \text{ m}$$

As perdas no consumo interno, calculadas de acordo com proposta da ANEEL, representariam 0,3% da potência instalada, tendo sido assumidos 30 kW médios para o projeto.

As perdas elétricas na transmissão, também calculadas por metodologia proposta pela ANEEL, seriam dadas por meio da seguinte equação:

$$h_{p\text{-elet}} = \frac{RL \sum_{i=1}^n \left\{ \min \left[\frac{\{9,81[Q_i - (q_r + q_u)](H_b - h)\eta_{tg}\}}{1000}, P_{inst} \right] - C_{int} \right\}^2}{V^2 n} \text{ (MW médios)}$$

onde

R	: Resistência ôhmica do condutor (Ohms/km);
L	: Comprimento da linha de transmissão (km);
P_{inst}	: Potência instalada da Central Geradora (MW);
V	: Tensão na linha de interesse restrito (kV);
C_{int}	: consumo interno (MW médio);
n	: Quantidade de meses do histórico de vazões;
Q_i	: Vazão média do mês i do histórico de vazões (m^3/s);
q_r	: Vazão remanescente do aproveitamento (m^3/s);
q_u	: Vazão de uso consuntivos (m^3/s);
H_b	: Queda bruta nominal (m);
h	: Perdas hidráulicas nominais (m);
η_{tg}	: Rendimento do conjunto turbina e gerador (%)

A conexão da PCH SU-75 com o sistema elétrico da ENERGISA-MT deverá ser efetuada na Subestação Manobra Sapezal, em conjunto com as PCHs SU-118, SU-104 e SU-93, conforme croqui mostrado na Figura 11-9.

Para o cálculo das perdas elétricas considerou-se como potência instalada total o somatório da casa de força principal e da casa de força complementar (potência instalada total da PCH SU-75):

$$P_{inst} = 7.500 \text{ kW} + 600 \text{ kW} = 8.100 \text{ kW}$$

Para a conexão dos empreendimentos serão construídos quatro trechos de linhas de transmissão em circuito simples, conforme mostrado na Tabela 11-14.

Tabela 11-14: Linha de Transmissão – Trechos até a SE Manobra Sapezal

Trecho	Descrição	P _{máxima} (kW)	Tensão (kV)	Extensão (km)	Cabo
1	SU 118 - SU 104	8.500	34,5	7,0	336,4 MCM
2	SU 104 - SU 93	15.200	34,5	5,0	336,4 MCM
3	SU 75 - SU 93	8.100	34,5	13,0	336,4 MCM
4	SU 93 - SE Manobra Sapezal	32.450	138,0	63,0	397,5 MCM

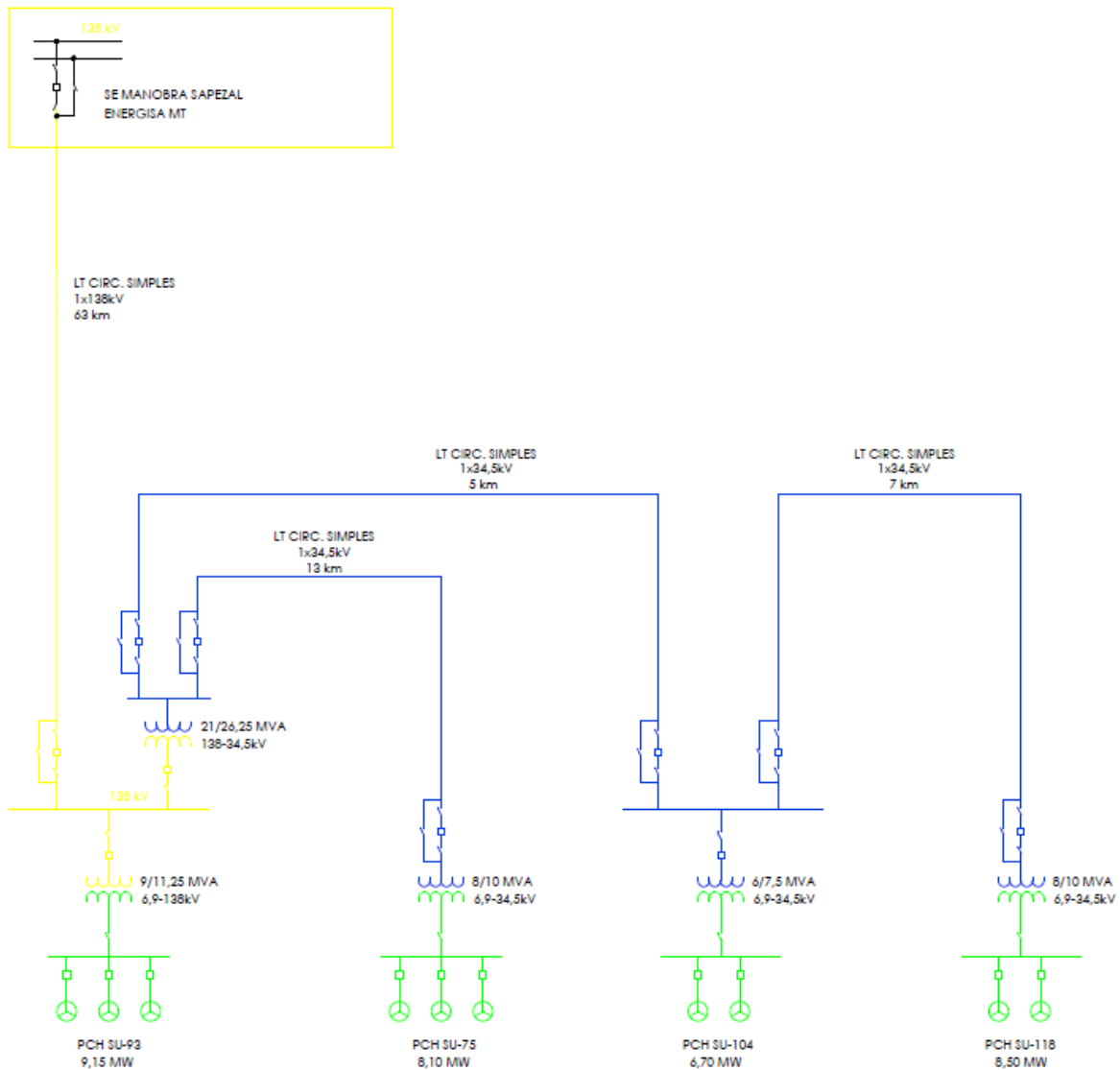


Figura 11-9: Croqui esquemático do sistema de conexão para as PCHs SU-118, SU-104, SU-93 e SU-75

As parcelas das perdas elétricas em cada trecho foram divididas de acordo com as potências instaladas de cada PCH, resultando na distribuição apresentada na Tabela 11-15.

Tabela 11-15: Perdas elétricas em cada trecho (distribuição entre as PCHs)

Trecho	PCH SU-118	PCH SU-104	PCH SU-93	PCH SU-75
1	100,0%	-	-	-
2	55,9%	44,1%	-	-
3	-	-	-	100,0%
4	26,2%	20,6%	28,2%	25,0%

Dessa forma, foram realizados os cálculos das perdas elétricas em cada trecho da conexão e distribuídos entre os aproveitamentos, resultando nos valores da Tabela 11-16.

Tabela 11-16: Perdas elétricas em cada trecho, em MW médios (valores finais por PCH)

Trecho	PCH SU-118	PCH SU-104	PCH SU-93	PCH SU-75
1	0,065	-	-	-
2	0,083	0,065	-	-
3	-	-	-	0,086
4	0,112	0,088	0,120	0,107
Total (MW médios)	0,260	0,153	0,120	0,193

Sendo assim, os parâmetros utilizados para a estimativa da GF da casa de força principal foram os seguintes (perdas elétricas incorporando a casa de força complementar):

- Potência instalada..... 7.500 kW
- Número de unidades2
- Nível d'água máximo normal de montante286,00 m
- Nível d'água normal de jusante268,39 m
- Queda bruta nominal.....23,33 m
- Perda de carga nominal.....0,54 m
- Queda líquida nominal.....22,79 m
- Consumo interno 0,03 MW médios
- Perdas no sistema de transmissão..... 0,193 MW médios (3,33%)

De posse desses e dos demais dados já informados neste relatório, a Garantia Física da casa de força principal da PCH SU-75 foi estimada em **5,82 MW médios**.

Para a casa de força complementar, que aproveitará energeticamente as vazões remanescentes, o acréscimo de Garantia Física foi equivalente a **0,55 MW médios**.

Sendo assim, a Garantia Física total da PCH SU-75, associada à potência instalada total de 8,10 MW, será de **6,37 MW médios**.

Este número, apesar de não ser oficial, será utilizado para as avaliações econômicas do empreendimento.

As Figura 11-10 e Figura 11-11 apresentam, respectivamente, as séries históricas de vazões vertidas e turbináveis, e a série histórica de potências geradas, para a casa de força principal.

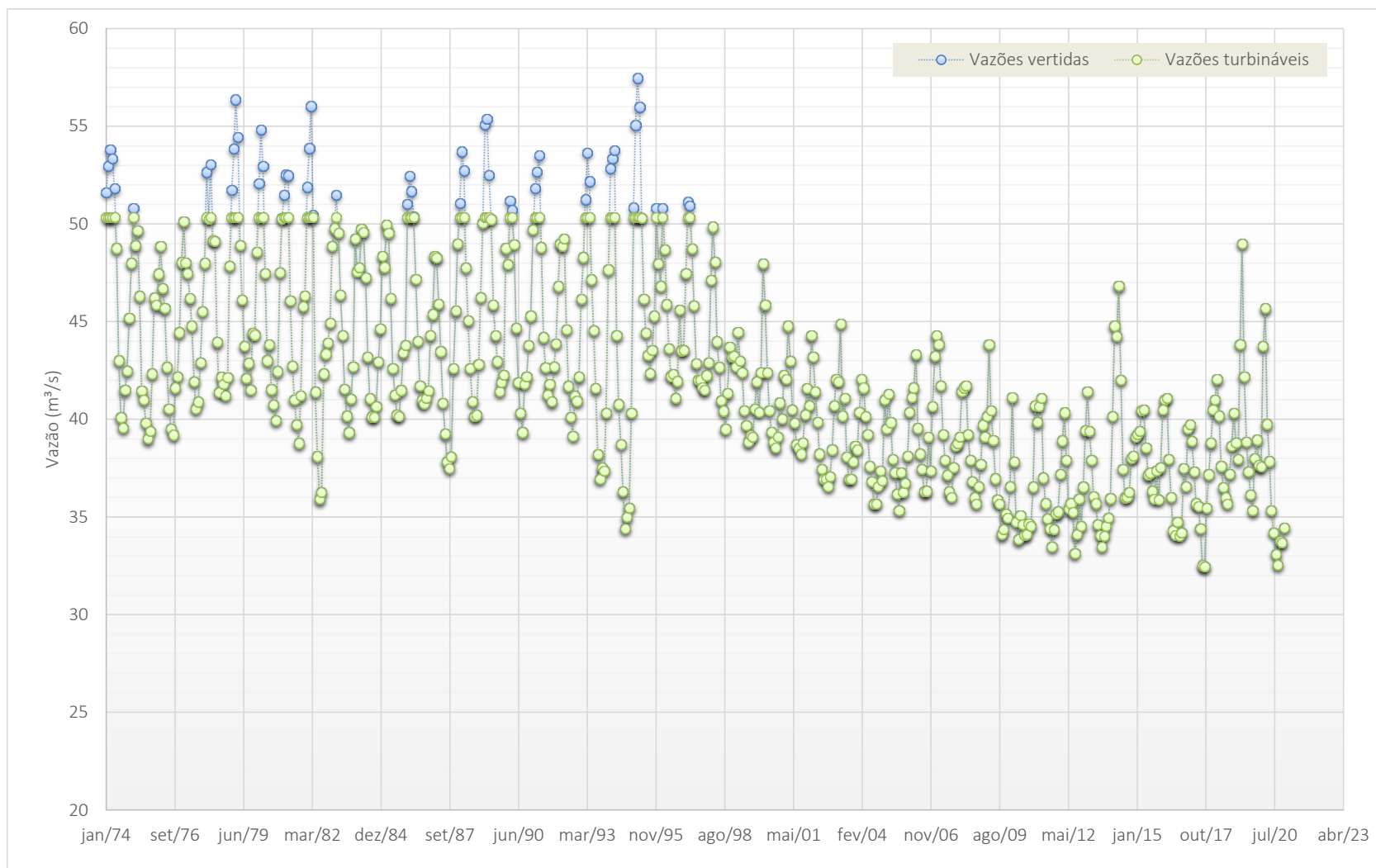


Figura 11-10: Séries históricas de vazões vertidas e turbináveis (1974 a 2020) – Casa de força principal

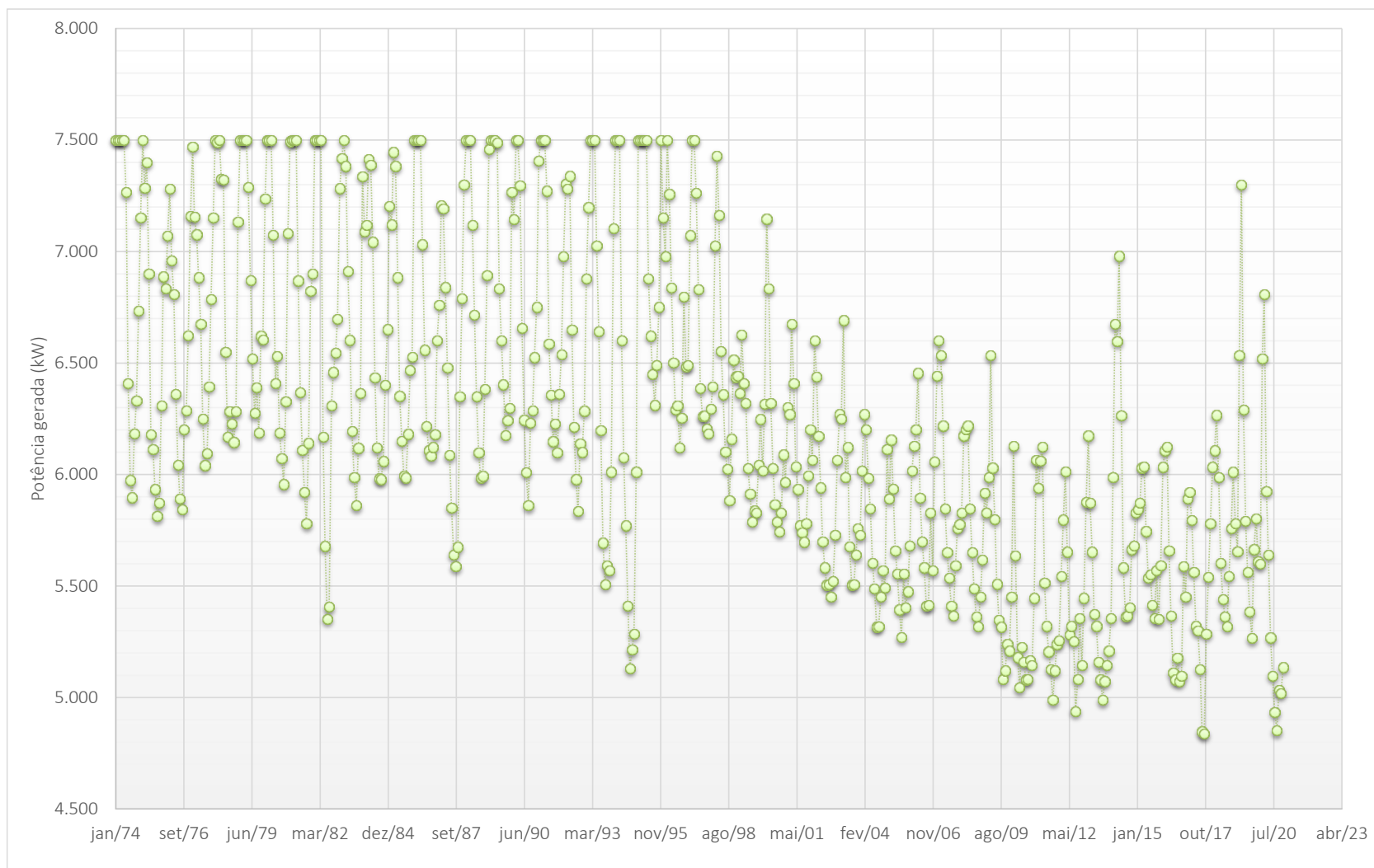


Figura 11-11: Série histórica de potências médias mensais (1974 a 2020) – Casa de força principal

11.4. Determinação das Características Finais do Empreendimento

Com base em todos os estudos realizados até o momento, e com vistas ao detalhamento das estruturas e equipamentos, podem-se definir, para a PCH SU-75, as seguintes características finais:

Tabela 11-17: PCH SU-75 – Características finais

Características	CF principal	CF complementar	Total
Nível d'água máximo normal de montante	286,00 m	286,00 m	-
Nível d'água máximo excepcional de montante	287,50 m	287,50 m	-
Nível d'água mínimo de montante	286,00 m	286,00 m	-
Nível d'água normal de jusante	268,39 m	270,96 m	-
Nível d'água mínimo de jusante	266,35 m	270,95 m	-
Nível d'água máximo excepcional de jusante	271,10 m	273,40 m	-
Queda bruta nominal	17,61 m	15,04 m	-
Perda de carga nominal	0,77 m	0,45 m	-
Queda líquida nominal	16,84 m	14,59 m	-
Queda líquida de referência	16,61 m	14,59 m	-
Queda líquida de projeto	17,21 m	14,59 m	-
Potência instalada	7,50 MW	0,60 MW	8,10 MW
Energia média gerada (jan/1974 a dez/2020)	6,19 MW médios	0,55 MW médios	6,74 MW _{méd}
Fator de capacidade	0,83	0,92	0,83
Indisponibilidade forçada	1,26%	1,26%	-
Indisponibilidade programada	1,74%	1,74%	-
Tipo de turbina	Kaplan "S" de jusante	Hélice	-
Número de unidades	2	1	3
Vazão turbinada nominal (total)	50,34 m ³ /s	4,85 m ³ /s	-
Vazão turbinada unitária nominal	25,17 m ³ /s	4,85 m ³ /s	-
Rendimento nominal da turbina	93,0%	91,0%	-
Rendimento nominal do gerador	97,0%	95,0%	-
Despacho mínimo da turbina	30% da vazão unitária	50% da vazão unitária	-
Vazão mínima turbinada	7,55 m ³ /s	4,23 m ³ /s	-
Potência unitária da turbina	3.866 kW	632 kW	-
Fator de potência	0,90	0,90	-
Potência unitária do gerador	4.167 kVA	667 kVA	-
Garantia Física (expectativa)	5,82 MW médios	0,55 MW médios	6,37 MW _{méd}
Fator de capacidade	0,78	0,92	0,79

12. DETALHAMENTO DO PROJETO

Definidos os parâmetros energéticos para o aproveitamento, foram desenvolvidos os estudos finais de engenharia, nos quais o detalhamento das estruturas e a implantação do arranjo geral delas foram os principais objetivos.

O arranjo apresenta estruturas otimizadas em conformidade com o nível de precisão das informações disponíveis nesta etapa de estudos.

12.1. Arranjo Geral da Usina

A PCH SU-75 terá seu reservatório formado na El. 286,00 m, por meio de um barramento definido pelas coordenadas aproximadas 8.595.905N e 325.020E (ombreira direita) e 8.596.470N e 324.253E (ombreira esquerda).

A concepção do arranjo geral consiste em uma usina hidrelétrica de derivação, na qual as águas do rio serão desviadas de seu leito natural e encaminhadas para a casa de força por meio de um canal de adução, onde serão turbinadas e posteriormente restituídas ao curso d'água. O circuito de adução será posicionado na margem esquerda do rio.

O barramento será constituído por barragem de terra com seção zonada (solo argiloso compactado e solo arenoso/laterítico compactado), realizando o fechamento da ombreira, estrutura de desvio incorporada ao barramento e vertedouro de soleira livre, localizado na margem esquerda do rio e com traçado retilíneo, além da tomada d'água de controle do canal de adução, também incorporada ao barramento. A ligação da barragem de terra com a estrutura de desvio do rio, na margem esquerda do rio, será realizada por meio de um muro de topo, dimensionado para conter os espaldares da barragem. O fechamento do barramento na ombreira esquerda será feito por meio de uma barragem gravidade de concreto massa. Por fim, a estrutura do vertedouro, adjacente à estrutura de desvio do rio pelo muro direito, e da tomada d'água de controle estão interligadas por trecho de barragem gravidade em concerto massa.

O barramento da PCH SU-75 terá, de ombreira a ombreira, um comprimento total de aproximadamente 1.040 m. Da extensão total de barramento, aproximadamente 86% (896 m) correspondem a obras de terra e 14% (144 m) a obras de concreto.

Com borda livre de 1,0 m e nível d'água máximo maximorum do reservatório na El. 287,50 m, o coroamento da barragem foi fixado na El. 288,50 m, com 6,0 m de largura de crista.

O escoamento das vazões de cheia será feito por meio de um vertedouro de soleira livre localizado na margem esquerda do rio. A estrutura vertente foi dimensionada para garantir a passagem da cheia milenar majorada pela unidade do coeficiente de Füller (150 m³/s). A passagem da cheia decamilenar (174 m³/s), também majorada pela unidade do coeficiente de Füller, foi verificada para que não ocorra galgamento das estruturas do barramento.

O vertedouro de soleira livre terá 38,0 metros de comprimento de crista, tendo sido dimensionado para uma carga de projeto de 1,5 m e projetado em traçado retilíneo e incorporado ao eixo do barramento. A estrutura vertente será constituída por uma ogiva com paramento de montante inclinado (1,00V:0,30H), com o objetivo de se garantir a estabilidade da estrutura, e paramento de jusante com inclinação resultante de 1,00V:0,85H, após o trecho projetado com perfil tipo Creager.

Seu paramento de jusante será dotado de degraus para garantir a dissipação de parte da energia de fluxo das vazões vertidas. A energia remanescente do fluxo nos degraus será dissipada por ressalto hidráulico em uma pequena bacia a ser executada em concreto armado.

No muro esquerdo da estrutura de desvio será embutida uma tubulação para garantia de escoamento da vazão remanescente durante a fase de enchimento do reservatório. Para a operação da usina, no vão esquerdo da estrutura de desvio, será instalada uma máquina vertical para geração hidrelétrica complementar, aproveitando a vazão remanescente a ser mantida no trecho a jusante.

A configuração do desvio do rio foi definida em duas etapas distintas e consecutivas. Na primeira etapa, as áreas em construção junto ao barramento permanecerão protegidas por meio de septos naturais de solo remanescente. Nesta etapa, as obras do barramento estarão concentradas na margem esquerda, com a conclusão das estruturas para o desvio de segunda etapa, sem interferências no leito natural do rio. Concomitante com as obras do barramento, seguirão as escavações do circuito de geração na também na margem esquerda, com escavação do canal de adução, câmara de carga, tomada d'água, condutos forçados e casa de força, estando esta última protegida por meio de septo natural de solo remanescente no canal de fuga.

Visando a continuidade das obras no leito e nas adjacências de suas duas margens, a segunda fase de desvio será caracterizada pela execução de ensecadeiras a montante e jusante do eixo de barramento, de forma a direcionar o fluxo para a estrutura de desvio de segunda etapa: um bloco estrutural com duas (2) adufas de desvio posicionada na margem esquerda do rio, adjacente à estrutura do vertedouro.

De acordo com o planejamento construtivo das obras civis, as proteções para a primeira fase (septos naturais) e para a segunda fase do desvio do rio (ensecadeiras de montante e jusante) foram dimensionadas para exposição a um período de cheias com tempo de retorno de 25 anos ($107,0 \text{ m}^3/\text{s}$).

As adufas, com seção hidráulica transversal quadrangular de 3,0 m de lado, apresentam comprimento total de 20,0 m. A estrutura de desvio será dotada de comportas tipo ensecadeira e vagão, com soleira na El. 270,00 m e coroamento na El. 288,50 m.

A ensecadeira de montante de segunda etapa terá seção em enrocamento lançado, com vedação externa em solo lançado. Entre o enrocamento e o solo lançado haverá um trecho na seção transversal preenchido por transição lançada. Essa estrutura será coroada na El. 275,90 m e terá largura de crista de 7,0 m. Os taludes externos da seção apresentam as seguintes inclinações: 1,0V:3,0H (montante) e 1,0H:1,5H (jusante).

A ensecadeira de jusante de segunda etapa deverá ser corada na El. 273,00 m e terá seção idêntica à de montante, também com vedação externa.

As ensecadeiras de montante e jusante terão, respectivamente, comprimentos de aproximadamente 63,0 m e 28,4 m, e alturas máximas de 4,5 m e 2,5 m.

O circuito de adução/geração, previsto para ser implantado na margem esquerda do rio, será composto por tomada d'água de controle, canal de adução, câmara de carga, tomada d'água, conduto forçado, casa de força e canal de fuga, sendo este último o responsável pela restituição das vazões turbinadas ao rio.

A estrutura de controle, a ser executada em concreto armado, será composta por três (3) vãos com ranhuras para lançamento de comportas ensecadeiras metálicas. As comportas serão operadas por meio de talha elétrica, instalada em monovia.

O canal de adução, com comprimento de aproximadamente 1.560 m, apresentará trechos escavados integralmente em solo e trechos com seções tipo corte/aterro. Os taludes laterais do canal apresentam em toda sua extensão inclinação 1,0V:1,8H e largura da base igual a 5,2 m. Ao longo de todo o canal a área molhada estará confinada em seção de solo. O revestimento previsto ao longo de toda a seção do canal será composto por geomembrana em PEAD e geotêxtil não-tecido para proteção mecânica.

Ao final do canal de adução e montante da tomada d'água foram previstas escavações para construção da câmara de carga para compensar as paradas e partidas das máquinas. Essa estrutura, com comprimento

aproximado de 23,0 m, foi dimensionada com fundo na El. 280,30 m e base com largura igual a 11,6 m. A transição entre a câmara de carga e a tomada d'água será realizada por meio de estrutura de concreto armado.

No trecho final do canal será implantada a tomada d'água (acoplada à câmara de carga), do tipo frontal, dotada de grade, comportas tipo ensecadeira e comporta de emergência tipo vagão. Será constituída por um bloco de concreto armado, com 11,2 m de largura total e 13,6 m de comprimento, apresentando dois vãos independentes. A soleira, região de apoio das grades metálicas, estará posicionada na El. 276,70 m, as comportas apoiadas na El. 277,20 m e sua estrutura assentada em rocha, na El. 272,20 m. Seu coroamento foi dimensionado e posicionado na El. 288,50 m.

A ligação entre tomada d'água e as unidades geradoras foi prevista por meio de dois condutos forçados, com diâmetro igual a 3,2 m e comprimento de aproximadamente 90 m medido a partir da saída da tomada d'água a entrada da casa de força. Os condutos forçados deverão ser apoiados em rocha, com blocos de apoio cada 10,0 m e blocos de ancoragem nas alterações de direção e nas ramificações.

A casa de força será do tipo abrigada e foi dimensionada para a instalação de dois (2) grupos hidrogeradores, seus equipamentos auxiliares e de comando e controle.

A área de montagem, contígua à casa de força, permitirá a recepção e montagem dos equipamentos, com intervalo máximo de dois meses entre a entrada em operação de cada unidade. A sala de comando e controle e demais dependências auxiliares são instaladas no interior do bloco da área de montagem. O piso da área de montagem foi dimensionado para a El. 272,30 m, piso no qual será feito o acesso à área de descarga e à casa de força.

A casa de força possuirá dois (2) grupos hidrogeradores de eixo horizontal do tipo Kaplan S, com larguras iguais a 11,0 m e 8,5 e comprimento igual a 21,0 m. A área de montagem terá largura igual a 8,0 m.

A fundação mais profunda da estrutura da casa de força estará na El. 258,80 m, enquanto o topo de sua cobertura na El. 285,20 m. A saída do tubo de sucção estará na El. 260,30 m e a entrada do canal de fuga na El. 258,80 m.

Da saída do tubo de sucção, o canal de fuga, escavado na El. 258,80 m por um trecho de 10,0 m, tem sua cota elevada por meio de uma escavação com inclinação 1,0V:6,0H, com o objetivo de se restituir as vazões turbinadas ao rio. Seu comprimento total será de aproximadamente 62,90 m e sua largura na base igual a 21,1 m.

A **Ilustração 20** apresenta o arranjo geral das estruturas.

12.2. Reservatório

O reservatório formado pelo eixo de barramento da PCH SU-75 foi previsto para operar a fio d'água, com nível d'água definido pelo máximo normal do aproveitamento, ou seja, 286,00 m. O reservatório sofrerá variações de nível d'água apenas para a passagem das cheias.

A PCH SU-75 apresenta reservatório com uma área correspondente de 4,84 km² (incluindo a calha do rio) e volume de 17,48 hm³, para o nível máximo normal de operação. Considerando-se o reservatório operando nas cotas correspondentes aos níveis d'água máximos excepcionais (El. 311,50 m), a área de alague (incluindo a calha do rio) será de 2,24 km², considerando a passagem da cheia com recorrência de 1.000 anos.

Suas profundidades média e máxima serão, respectivamente, 3,6 m e 17,3 m, enquanto seu perímetro será de aproximadamente 22,0 km.

A **Ilustração 28** apresenta a planta do reservatório.

12.3. Fases do Desvio e Sequência Construtiva

Neste item será apresentada uma breve descrição da sequência construtiva das obras civis do futuro empreendimento.

Na primeira etapa da obra o rio deverá permanecer em seu leito natural, enquanto terão início as escavações obrigatórias e o preparo/tratamento das fundações para implantação das estruturas. Para garantir que os níveis d'água excepcionais do rio não interfiram nas obras, a escavação deve ser protegida por septos naturais de solo remanescente. A segunda etapa do desvio do rio será caracterizada pela construção de ensecadeiras a montante e a jusante do eixo de barramento. Dessa forma, o fluxo será integralmente conduzido, por um canal de aproximação, às adufas de desvio, construídas na margem esquerda do rio.

No primeiro estágio do primeiro ano de obra, com o rio em seu leito natural e mantendo-se septos naturais de solo remanescente, terão início as escavações nas seguintes áreas do barramento: canal de desvio, barragem de concreto da margem esquerda, estrutura de controle (tomada d'água de baixa pressão) e estrutura de desvio (adufas). Cabe aqui ressaltar que nessa fase deverão ser preservados os septos naturais a montante (entrada) e jusante (saída) no canal de desvio. De forma concomitante, terão início as escavações das seguintes áreas do circuito de adução/geração: canal de adução, câmara de carga, tomada d'água, condutos forçados, casa da força/área de montagem, pátio de manobras, subestação e, por fim, canal de fuga. Ressalta-se aqui a manutenção do septo natural no final do canal de fuga.

No segundo estágio do primeiro ano de obra, está previsto o preparo e o tratamento das fundações da barragem de concreto da margem esquerda, da estrutura de desvio, da tomada d'água de alta pressão e da casa de força. Nesse período da obra foi prevista a conclusão da estrutura de desvio e das estruturas de concreto da margem esquerda. A concretagem da estrutura da tomada d'água e da casa de força também serão iniciadas nessa fase da obra.

Para o primeiro estágio do segundo ano de obra foi prevista a conclusão das ensecadeiras de montante e de jusante, com a remoção dos septos naturais nos extremos do canal de desvio. Dessa forma será possível, nessa fase da obra, a operação do desvio de segunda etapa. Os serviços de escavações obrigatórias e de limpeza e tratamento das fundações, na área de implantação do vertedouro, serão iniciados e concluídos nesse período da obra. A concretagem do vertedouro também será concluída nessa etapa da obra. As escavações do canal de adução e da área dos condutos forçados serão concluídas. A montagem dos condutos forçados será feita nessa fase da obra, em conjunto com a conclusão da concretagem das estruturas da tomada d'água e da casa de força. Por fim, nesse estágio da obra será executado o tratamento das fundações para construção da barragem de terra da margem direita, do leito do rio e de parte da margem esquerda (adjacente ao bloco de adufas).

No segundo estágio do segundo ano de obra foi prevista a conclusão da barragem de terra da margem direita e da montagem eletromecânica. Ocorrerá ainda o fechamento das comportas das adufas de desvio, com consequente enchimento do reservatório. Também será removido o septo de terreno natural na saída do canal de fuga. Por fim, a realização dos testes finais nos equipamentos permitirá o início da geração comercial da usina.

A **Ilustração 28** apresenta resumidamente a sequência construtiva das obras civis da usina.

12.4. Desvio do Rio

O desvio do rio foi concebido admitindo-se diversos fatores, tais como as características topográficas e geológico-geotécnicas, vazões extremas, tipo de barramento, bem como aspectos logísticos da futura obra.

A configuração do desvio do rio foi definida em duas etapas distintas e consecutivas. No desvio de primeira fase as áreas em construção permanecerão protegidas por septos naturais de solo remanescente, tanto na região do barramento quanto no canal de fuga. Nessa fase, não ocorrerão interferências no leito natural do rio.

Visando a continuidade das obras no leito e nas adjacências de suas margens, a segunda fase de desvio será caracterizada pela execução de ensecadeiras a montante e a jusante do eixo do barramento, de forma a direcionar o fluxo para a estrutura de desvio de segunda etapa; um bloco estrutural com duas (2) adufas de desvio, localizado na margem esquerda do rio.

De acordo com o planejamento construtivo das obras civis, as proteções para a primeira fase (septos naturais) e para a segunda fase do desvio do rio (ensecadeiras de montante e jusante) foram dimensionadas para exposição a um período de cheias com tempo de retorno de 25 anos (107,0 m³/s).

As adufas, com seção hidráulica transversal quadrangular de 3,0 m de lado, apresentam comprimento total de 20,0 m. A estrutura de desvio será dotada de comportas tipo ensecadeira e vagão, com soleira na El. 270,00 m e coroamento na El. 288,50 m.

Nas **Ilustrações 49 e 51** estão sintetizadas as fases concebidas para o desvio do rio e ainda o detalhamento estrutural das estruturas de desvio.

12.4.1. Ensecadeiras

A construção das ensecadeiras de segunda etapa (montante e jusante) permitirá o desvio de rio pelas adufas, com o início do tratamento de fundação para implantação do barramento no leito do rio e nas adjacências de suas margens, além da construção da barragem de terra da margem direita.

As implantações das ensecadeiras de segunda etapa estão apresentadas na **Ilustração 49**, juntamente com sua seção típica.

A ensecadeira de montante, coroada na El. 275,90 m, apresenta seção de enrocamento lançado com vedação externa de solo lançado na água. Sua altura máxima é da ordem de 4,5 m e seu comprimento medido pela crista, de aproximadamente 63,0 m.

Para a ensecadeira de montante, os taludes em enrocamento lançado apresentam inclinação de 1,0V:1,3H, largura na crista de 3,0 m. A vedação externa lançada foi projetada com inclinação de 1,0V:3,0H e 3,0 m de largura. Entre os dois materiais foi projetada uma camada de 1,0 m de transição ampla com inclinação externa e interna iguais a 1,0V:1,5H e 1,0V:1,3H respectivamente.

A ensecadeira de jusante apresenta a mesma disposição geométrica da ensecadeira de montante, exceto pelo seu coroamento, dimensionado na El. 273,00 m. Sua altura máxima é da ordem de 2,5 m e seu comprimento medido pela crista, de aproximadamente 28,4 m.

As dimensões do enrocamento das ensecadeiras deverão ser definidas na fase do Projeto Executivo, em função das fases de fechamento do rio e de acordo com as vazões e grau de avanço das ensecadeiras e consequente estrangulamento da seção do rio.

12.4.2. Fechamento do Desvio e Enchimento do Reservatório

Após a conclusão das obras civis, a estrutura de desvio deverá ser fechada, tendo início o enchimento do reservatório.

A partir do fechamento do desvio e até que o nível d'água atinja a soleira do vertedouro, restabelecendo assim o fluxo natural para jusante, deverá ser mantida uma vazão remanescente para o trecho de jusante do rio.

Para esta operação foi prevista uma tubulação em aço, com diâmetros de 1.300 mm e 1.000 mm, locada no muro lateral esquerdo do bloco de adufas, que terá seu fluxo regulado e direcionado por meio da instalação de uma válvula dispersora.

A referida tubulação também deve ser utilizada durante a operação da usina, com o objetivo de atender ao trecho de vazão reduzida. Isso deverá ocorrer por meio da instalação de uma máquina vertical no vão 2 do desvio do rio, que turbinará a vazão remanescente a ser lançada a jusante. Dessa forma, a válvula será fechada e o circuito hidráulico será estabelecido pela turbina.

A **Ilustração 51** mostra um detalhe do sistema de dotação sanitária projetado tanto para a fase de enchimento do reservatório quanto para a operação da usina.

12.4.3. Equipamentos Eletromecânicos

Nas adufas de desvio serão implantadas ranhuras para receber uma comporta corta-fluxo, possibilitando o ensecamento dos vãos por montante.

Em uma das duas adufas foram previstas ranhuras para descida da comporta vagão tipo corta-fluxo e, imediatamente a montante, foi prevista a instalação de ranhuras para a descida de comporta ensecadeira de concreto.

Na outra adufa foram previstas apenas as ranhuras para descida da comporta vagão, que possibilitará eventuais operações de desarenação ou rebaixamento do reservatório.

Dessa forma, a operação de fechamento será da seguinte maneira:

- Lançamento da comporta corta-fluxo no primeiro vão;
- Lançamento dos elementos da comporta ensecadeira de concreto no primeiro vão;
- Retirada da comporta corta-fluxo do primeiro vão, com verificação da vedação da comporta ensecadeira de concreto;
- Lançamento da comporta corta-fluxo no segundo vão e retirada das equipes e equipamentos, em função do início do enchimento do reservatório;
- Lançamento, por jusante, dos plugues de concreto no primeiro vão.

Para essa operação será necessária apenas uma comporta corta-fluxo, que permitirá o fechamento de uma adufa de cada vez.

Sendo assim, o único equipamento mecânico a ser utilizado no desvio do rio será a comporta corta-fluxo de montante.

12.4.3.1. Comporta Vagão

Nas adufas de desvio serão instaladas guias para receber uma comporta vagão corta-fluxo, com a finalidade de possibilitar o ensecamento dos dois vãos.

A comporta vagão terá vedação a montante, e possuirá, além das rodas principais, rodas de contraguia e, para o guiamento lateral, sapatas de guia.

A movimentação da comporta será por meio de guindaste de obra, que deverá operar a partir do coroamento da barragem.

As características principais da comporta vagão serão as seguintes:

- Tipo..... vagão corta-fluxo

- Quantidade de adufas	2
- Número de comportas.....	1
- Quantidade de elementos articulados.....	2
- Dimensão do vão livre	3,00 m
- Altura da abertura livre.....	3,00 m
- Altitude da soleira.....	270,00 m
- Altitude da frontal.....	273,00 m
- Nível d'água máximo a montante	286,00 m
- Nível d'água máximo excepcional a montante	287,50 m
- Cota do coroamento da estrutura	288,50 m

12.5. Vazão Remanescente

A descarga da vazão sanitária será efetuada, desde o período de enchimento do lago até a operação da PCH, por um mecanismo a ser implantado no muro lateral esquerdo da adufa de desvio, capaz de escoar as vazões remanescentes durante o enchimento e a operação.

A garantia da vazão sanitária se dará pela instalação de uma tubulação em aço, capaz de descarregar a vazão a partir de uma carga mínima, dada por um determinado nível d'água, que deverá ser o nível mínimo para fechamento completo da adufa.

No trecho final do tubo haverá a incorporação de uma válvula dispersora, o que permitirá o controle de vazões para qualquer carga do reservatório. Dessa forma, esse sistema poderá ser utilizado a qualquer momento ao longo da operação da usina.

A descarga da vazão remanescente será feita preferencialmente por uma turbina hidráulica a ser implantada aproveitando-se o referido sistema de tubulações, com derivação para a unidade geradora. O objetivo será o de aproveitamento energético da vazão remanescente.

Em eventuais operações de manutenção da unidade geradora, a vazão remanescente passará a escoar pela válvula dispersora.

Na **Ilustração 50** apresenta-se um detalhamento deste sistema.

12.5.1. Equipamentos Eletromecânicos

Os equipamentos mecânicos da estrutura da casa de força complementar compreendem o sistema de tubulações, válvulas e a turbina hidráulica.

12.5.1.1. Tubulações

As características principais do sistema das tubulações são as seguintes:

- Número de tubulações principais.....	1
- Elevação da linha de centro do início do trecho blindado	282,20 m
- Trecho 01 (principal):	
▪ Comprimento	1 x 10 m

- Diâmetro 1.300 mm
- Espessura mínima da chapa 6,35 mm (1/4")
- Trecho 02 (ramificação tipo 1 - até a entrada da turbina):
 - Comprimento 1 x 10 m
 - Diâmetro 1.300 mm
 - Espessura mínima da chapa 6,35 mm (1/4")
- Trecho 03 (ramificação tipo 2 - válvula dispersora):
 - Comprimento 1 x 10 m
 - Diâmetro 1.300 mm
 - Espessura mínima da chapa 6,35 mm (1/4")
- Trecho 04 (até a válvula dispersora):
 - Comprimento 1 x 10 m
 - Diâmetro 1.000 mm
 - Espessura mínima da chapa 6,35 mm (1/4")
- Vazão máxima de dimensionamento 5,27 m³/s

12.5.1.2. Válvulas

As características principais da válvula são as seguintes:

- Válvula borboleta motorizada (proteção da unidade):
 - Diâmetro 1.300 mm
- Válvula borboleta manual:
 - Diâmetro 1.000 mm
- Válvula Dispersora
 - Elevação da válvula dispersora 275,15 m
 - Diâmetro da válvula dispersora 815 mm
 - Nível d'água de montante mínimo para garantia de 5,27 m³/s 386,00 m

12.5.1.3. Turbina Hidráulica

O dispositivo será equipado com uma turbina do tipo hélice de simples regulagem, de eixo vertical, com 632 kW de potência nominal e rotação assíncrona de 727 rpm. O gerador trifásico, também de eixo vertical, com potência nominal de 667 kVA, será acoplado diretamente à turbina e instalado em compartimento totalmente à prova de água, isolado com grau de proteção IP68 de modo que a casa de força possa ser inundada no período das cheias.

O sistema de adução será acoplado ao sistema de dotação de vazão remanescente, aproveitando aquele circuito desde sua tomada de água até sua saída da estrutura da adufa de desvio.

O sistema de adução será dotado de válvula borboleta motorizada, programada para interromper o fluxo em qualquer caso de parada da turbina, que operará em concomitância com a válvula borboleta do sistema

de dotação de vazão remanescente, garantindo, desta forma, que a passagem de água para jusante do barramento não sofra descontinuidade.

A casa de força auxiliar será conectada com a subestação da PCH por meio de linha de transmissão em 6,9 kV.

A turbina da unidade geradora será composta dos seguintes elementos:

- rotor do tipo Hélice com cubo e pás;
- eixo e sistema de selagem do eixo;
- sistema distribuidor composto das tampas interna e externa e pás fixas;
- mancais de guia e escora tipo rolamento na turbina;
- mancais de guia tipo rolamento no gerador;
- unidade de lubrificação e refrigeração dos mancais;
- instrumentação para controle e supervisão da turbina e gerador;
- peças fixas necessárias a fixação da unidade geradora a ser embutidas no concreto.

A linha de eixo da turbina será composta de 4 mancais de tipo rolamento, sendo um mancal combinado guia/escora localizado perto do acoplamento no eixo do gerador e um mancal de guia localizado na parte superior do gerador.

O rotor da turbina será suportado por 2 mancais de rolamentos guia. O eixo da turbina e o eixo do gerador serão acoplados do lado externo do conduto de entrada por meio de um acoplamento flexível, permitindo absorver pequenas deflexões e deslocamento.

A Unidade hidráulica do regulador será responsável por acondicionar o óleo de maneira apropriada, garantir a filtragem necessária, fornecer pressão suficiente ao óleo e limitar a pressão do sistema, permitindo o ajuste do modo de operação da bomba para contínuo ou intermitente. Esta unidade será responsável pela abertura da válvula borboleta. O fechamento será por peso (via gravidade). Será localizada no contêiner, junto com os painéis de controle.

As características técnicas principais da turbina hélice de simples regulagem com motor assíncrono externo serão as seguintes:

- Posição do eixo vertical
- Quantidade 1
- Queda líquida nominal 14,59 m
- Potência nominal no eixo 632 kW
- Vazão nominal 4,85 m³/s
- Vazão máxima 5,27 m³/s
- Velocidade de rotação 727 rpm (assíncrona)
- Velocidade de disparo 2.050 rpm

12.6. Barragem

A seção transversal típica da barragem apresenta talude externo de montante com inclinação 1,0V:2,2H e o de jusante com inclinação 1,0V:2,0H e bermas de 3,5 m. A largura da crista foi fixada em 6,0 m.

A seção típica será do tipo zonada com região de vedação ao centro e filtro inclinado. Os espaldares serão compostos por aterro compactado proveniente das escavações obrigatórias, predominantemente arenoso e com características adequadas para aplicação no aterro. Na região inferior do espaldar de montante está previsto tapete de montante para aumentar o caminho de percolação e auxiliar a vedação da barragem. O tapete drenante será do tipo “sanduíche” de cinco camadas com 1,2 m de espessura total, devido à alta permeabilidade da fundação. A jusante, o tapete drenante será protegido com filtro de pé constituído de uma camada de transição fina, que por sua vez será confinada com uma camada intermediária de transição grossa e uma camada externa de enrocamento de proteção, para assegurar que os materiais não sejam erodidos pela ação da água de jusante.

Em adição, haverá trincheira drenante, com profundidade mínima de 3,0 m e largura de 0,8 m, escavada no pé da barragem para interceptar percolação de água pela fundação e não captada pelo tapete drenante.

Foi prevista a instalação de geocélula GeoWeb (ou similar) com preenchimento de concreto para a proteção do talude de montante contra ondas, visto que provavelmente não serão obtidos blocos adequados para utilização como enrocamento.

A barragem deverá ser assentada em material ausente de matéria orgânica e com resistência satisfatória, obedecendo ao critério de índice $SPT > 7$ em toda fundação.

A **Ilustração 47** apresenta a seção característica da barragem.

12.7. Vertedouro

O escoamento das vazões de cheia será feito por meio de um vertedouro de soleira livre localizado na margem esquerda do rio, adjacente ao bloco de adufas de desvio. A estrutura vertente foi dimensionada para garantir a passagem da cheia milenar majorada pela unidade do coeficiente de Füller ($150 \text{ m}^3/\text{s}$). A passagem da cheia decamilenar ($174 \text{ m}^3/\text{s}$), também majorada pela unidade do coeficiente de Füller, foi verificada para que não ocorra galgamento das estruturas do barramento.

O vertedouro de soleira livre terá 38,0 metros de comprimento de crista, tendo sido dimensionado para uma carga de projeto de 1,5 m e projetado em traçado retilíneo e perpendicular ao curso natural do rio. A estrutura vertente será constituída por uma ogiva com paramento de montante inclinado (1,00V:0,30H), com o objetivo de se garantir a estabilidade da estrutura, e paramento de jusante com inclinação resultante de 1,00V:0,85H, após o trecho projetado com perfil tipo Creager.

Seu paramento de jusante será dotado de degraus para garantir a dissipação de parte da energia de fluxo das vazões vertidas. A energia remanescente do fluxo nos degraus será dissipada por ressalto hidráulico em uma pequena bacia a ser executada em concreto armado.

A **Ilustração 50** apresenta a seção típica do vertedouro de soleira livre.

12.8. Estrutura de Controle do Canal de Adução

A estrutura de controle será executada em concreto armado e composta por três (3) vãos com ranhuras para lançamento de comportas ensecadeiras metálicas. As comportas serão operadas por meio de talha elétrica, instalada em monovia.

O bloco da estrutura terá comprimento de 8,0 m e largura total de 18,7 m. Os vãos terão largura de 4,7 m cada, com pilares internos de espessura 1,3 m e pilares extremos com 1,0 m de largura.

Na **Ilustração 53** apresenta-se o detalhamento da tomada d'água de controle do canal de adução.

12.8.1. Equipamentos Eletromecânicos

Os equipamentos a serem implantados na tomada d'água de controle do canal de adução são representados pelas grades, comportas ensecadeiras e ponte rolante.

12.8.1.1. Grades

O emboque de montante do canal de adução será protegido por grades metálicas, com a finalidade de reter os detritos com dimensões prejudiciais ao canal e à tomada d'água de controle. Enquanto os detritos menores que não apresentam risco ao revestimento serão retirados no limpa grades da Tomada d'Água de Alta Pressão.

Cada emboque da tomada d'água de controle terá largura livre de 4,70 m, com carga de 3,40 m até o NA máximo. Cada grade terá três (3) painéis, com 4,70 m de largura por 1,80 m de altura, cada painel.

Nas laterais do emboque estão projetadas guias laterais para receber os painéis de grade. As grades serão fixas e com 90° em relação a horizontal.

As principais características das grades serão as seguintes:

O emboque de montante do canal de adução será protegido por grades metálicas, com a finalidade de reter os detritos com dimensões prejudiciais ao canal e à tomada d'água de controle. Enquanto os detritos menores que não apresentam risco ao revestimento serão retirados no limpa grades da Tomada d'Água de Alta Pressão.

Cada emboque da tomada d'água de controle terá largura livre de 4,70 m, com altura livre de 5,30 m. Cada grade terá três (3) painéis, com 4,70 m de largura por 1,90 m de altura, cada painel.

Nas laterais do emboque estão projetadas guias laterais para receber os painéis de grade. As grades serão fixas e com 90° em relação a horizontal.

As principais características das grades serão as seguintes:

- Tipo de grade fixa
- Cota da soleira 282,30 m
- Cota da frontal 287,60 m
- Cota do coroamento da Tomada d'Água 288,50 m
- Relação de inclinação 0,00H:1,00V (90° em relação à horizontal)
- Largura do vão 4,70 m
- Altura livre inclinada do emboque 5,30 m
- Quantidade de vãos 3
- Quantidade de painéis por vão 3
- Dimensões aproximadas do painel (largura x altura) 4,70 x 1,90 m
- Vazão máxima para dimensionamento 51,00 m³/s
- Velocidade máxima do fluxo na seção bruta 1,00 m/s
- Carga de projeto 30 kN/m²
- Vão livre entre barras verticais 120 mm

12.8.1.2. Comporta Ensecadeira

Cada um dos vãos da estrutura poderá ser fechado por intermédio de uma (1) comporta ensecadeira, estando desligadas todas as unidades geradoras e fechadas as tomadas d'água (sem fluxo pelo canal).

Cada comporta ensecadeira será constituída por três (3) elementos. Estes possibilitarão o isolamento de todo o canal de adução, para eventuais manutenções.

A movimentação dos elementos da comporta ensecadeira será feita por meio de ponte rolante, operando no coroamento da estrutura, por meio de viga pescadora própria para a comporta.

Os elementos da comporta somente serão manobrados nas ranhuras em condições de carga hidráulica equilibrada, supervisionado pelo sistema de detecção de pressões diferenciais, incluindo no fornecimento.

O equilíbrio de pressões, para retirada dos elementos, será feito por meio de sistema de "by-pass", composto por duas (2) válvulas localizadas no elemento superior de cada comporta, acionadas pelo peso próprio da viga pescadora.

A estocagem dos elementos será feita em nichos situados no muro lateral direito da tomada.

As características principais das comportas ensecadeiras serão:

- Tipo.....	deslizante
- Quantidade.....	3
- Quantidade de elementos.....	3
- Vão livre.....	4,70 m
- Cota da soleira.....	282,30 m
- Altura da comporta.....	5,60 m
- Nível d'água máximo normal a montante.....	286,00 m
- Cota do coroamento da tomada d'água de controle.....	288,50 m

12.8.1.3. Ponte Rolante

No coroamento da estrutura será instalada uma ponte rolante, cujas finalidades são:

- movimentar os elementos da comporta ensecadeira;
- movimentar os painéis de grade.

Suas principais características serão:

- Capacidade do gancho.....	20 kN (*)
- Vão entre eixos.....	7,15 m
- Comprimento do caminho do rolamento.....	18,20 m
- Curso de levantamento do guincho.....	9,90 m
- Cota da máxima elevação do gancho.....	292,20 m
- Velocidade de translação da ponte	
▪ máxima.....	15,00 m/min
▪ mínima.....	1,50 m/min

- Velocidade de direção do carro
 - máxima..... 10,00 m/min
 - mínima 1,00 m/min
- Velocidade de elevação do gancho
 - máxima..... 5,00 m/min
 - mínima 0,50 m/min

* Valor a ser confirmado pelo fabricante, quando do projeto executivo.

12.9. Canal de Adução

O canal de adução, com comprimento de aproximadamente 1.560 m, apresentará trechos escavados integralmente em solo e trechos com seções tipo corte/aterro.

O canal possuirá largura de base de 5,2 m, com taludes laterais de 1,0V:1,8H, e será revestido por manta PEAD até a cota 287,50 m. Acima dessa cota, os taludes receberão cobertura vegetal.

O canal terá cota de fundo na El. 282,30 m em toda a sua extensão, uma vez que as perdas hidráulicas serão pequenas.

O revestimento previsto ao longo de toda a seção do canal será composto por geomembrana em PEAD e geotêxtil não-tecido para proteção mecânica.

Entre a estrutura de controle e a câmara de carga foi concebida uma linha de drenos longitudinais, compostos por trincheiras preenchidas por brita e tubulações KNT-S perfurados com diâmetro de 230 mm, com a finalidade de minimizar as subpressões desenvolvidas sob a manta PEAD. Foram previstas saídas transversais da drenagem em regiões topográficas mais favoráveis, com drenos KNT-S de 450 mm de diâmetro, para a condução das águas coletadas pelos drenos longitudinais.

Na **Ilustração 48** são apresentadas as seções típicas do canal de adução.

12.10. Câmara de Carga

Ao final do canal de adução e montante da tomada d'água foram previstas escavações para construção da câmara de carga para compensar as paradas e partidas das máquinas.

Essa estrutura, com comprimento aproximado de 23,0 m, foi dimensionada com fundo na El. 280,30 m e base com largura igual a 11,6 m.

A transição entre a câmara de carga e a tomada d'água será realizada por meio de estrutura de concreto armado, com seção transversal variável e largura total, em seu bloco principal, igual a 13,2 m. Os vãos, nesse bloco estrutural, terão largura de 4,0 m, separados por um pilar de 1,2 m de espessura. O piso desse bloco estrutural estará na El. 276,70 m.

Na **Ilustração 55** é apresentado o detalhamento da câmara de carga para o circuito de adução.

12.11. Tomada d'Água

Este item apresenta a descrição da tomada d'água projetada para a PCH SU-75, com ênfase em suas obras civis e equipamentos eletromecânicos.

12.11.1. Obras Civas

No trecho final do canal será implantada a tomada d'água (acoplada à câmara de carga), do tipo frontal, dotada de grade, comportas tipo ensecadeira e comporta de emergência tipo vagão, que será seu dispositivo de segurança.

Será constituída por um bloco de concreto armado, com 11,2 m de largura total e 13,6 m de comprimento, apresentando dois vãos independentes.

A soleira, região de apoio das grades metálicas, estará posicionada na El. 276,70 m, as comportas apoiadas na El. 277,20 m e sua estrutura assentada em rocha, na El. 272,20 m. Seu coroamento foi dimensionado e posicionado na El. 288,50 m.

Na entrada da tomada existirão guias para os painéis de grade. A submergência da tomada d'água foi verificada segundo os critérios de Y.L. Gordon e do U.S.B.R., atendendo com folga aos limites preconizados.

O circuito de adução foi dimensionado para vazão máxima de engolimento, devendo atender aos requisitos de estabilidade do conjunto hidrogerador e de pressões máximas no circuito.

As principais características geométricas das estruturas são apresentadas na *Ilustração 57*.

12.11.2. Equipamentos Eletromecânicos

Os equipamentos hidromecânicos da tomada d'água de adução serão representados pela grade e rastelo limpa-grades, comporta ensecadeira, comporta vagão e ponte rolante.

12.11.2.1. Grades metálicas

O emboque a montante do conduto forçado será protegido por uma grade metálica, com a finalidade de reter os detritos com dimensões prejudiciais à operação das turbinas.

A grade terá três (03) painéis, com 4,00 m de largura por 2,25 m de altura, cada painel.

Nas laterais do emboque serão instaladas guias para receber os painéis de grade. As barras da grade deverão permitir a movimentação do rastelo limpa-grades.

A inclinação das guias laterais será de 1V:0,15H (~81,5° em relação a horizontal).

Para a retirada dos painéis da grade será utilizado o guincho da ponte rolante da tomada d'água. Esta operação será feita com auxílio de uma viga pescadora dotada de rodas que deslizarão nas mesmas guias da grade.

A perda de carga na grade será monitorada por meio de medidores de pressão instalados a montante e jusante da mesma.

As principais características da grade serão as seguintes:

- Tipo de grade..... guiada removível
- Cota da soleira276,70 m
- Cota da frontal.....283,10 m
- Cota do coroamento da Tomada d'Água288,50 m
- Relação de inclinação0,15H:1,00V (81,5° em relação à horizontal)
- Largura do vão4,00 m

- Quantidade de vãos2
- Quantidade de painéis por vão3
- Dimensões aproximadas do painel (largura x altura)..... 4,00 x 2,25 m
- Vazão máxima para dimensionamento (unitária) 25,50 m³/s
- Velocidade máxima do fluxo na seção bruta1,00 m/s
- Carga de projeto30 kN/m²
- Vão livre entre barras verticais 80 mm
- Limpeza..... rastelo limpa-grades
- Acionamento ponte rolante e viga pescadora

12.11.2.2. Rastelo Limpa-Grades

Um rastelo limpa-grades, instalado sobre o coroamento da tomada d'água, possibilitará a remoção dos detritos retidos pela grade, sem que haja necessidade de interromper o funcionamento das turbinas.

O rastelo deverá operar sobre a grade, realizando a coleta de detritos na descida. As rodas do rastelo deslizarão sobre as barras verticais da grade. Os movimentos de descida e subida do rastelo serão proporcionados pelo guincho da ponte rolante (o mesmo que manobrará a grade).

As características principais do rastelo limpa-grades serão:

- Tipo guiado sobre as barras verticais com fechamento/abertura semiautomática
- Curso do rastelo11,80 m
- Capacidade volumétrica do rastelo 0,5 m³
- Capacidade gravimétrica 10 kN
- Cota da soleira276,70 m
- Cota do coroamento288,50 m
- Velocidade de descida/subidaver ponte rolante

12.11.2.3. Comporta Ensecadeira

A tomada d'água de cada unidade geradora poderá ser fechada por intermédio de uma (01) comporta ensecadeira, com qualquer nível d'água do reservatório, estando fechada a comporta de emergência.

A comporta ensecadeira será constituída por dois (02) elementos. Estes possibilitarão o esvaziamento do espaço existente a jusante desta comporta, para manutenção da galeria ou dos dispositivos da comporta vagão.

A manobra da comporta ensecadeira será efetuada pela ponte rolante que atende a tomada d'água, operando no coroamento da estrutura, por meio de viga pescadora própria para esta comporta.

Os elementos da comporta somente serão manobrados nas ranhuras em condições de carga hidráulica equilibrada, supervisionado pelo sistema de detecção de pressões diferenciais, incluindo no fornecimento.

O equilíbrio de pressões, para retirada dos elementos, será feito por meio de sistema de "by-pass", composto por duas (02) válvulas localizadas no elemento superior da comporta, acionadas pelo peso próprio da viga pescadora.

A estocagem do elemento será feita nas próprias ranhuras de um vão.

As características principais da comporta ensecadeira serão:

- Tipodeslizante
- Quantidade1
- Quantidade de elementos2
- Quantidade de vãos2
- Vão livre3,20 m
- Cota da soleira277,20 m
- Cota da viga frontal280,70 m
- Altura livre3,50 m
- Nível d'água máximo a montante286,00 m
- Cota do coroamento da tomada d'água288,50 m

12.11.2.4. Comporta Vagão

Cada conduto forçado e a respectiva unidade geradora serão protegidas por comporta vagão na tomada d'água, de deslocamento vertical, projetada para atuar como órgão de fechamento do conduto forçado, tanto em condições normais, para possibilitar o esvaziamento da turbina ou do conduto, quanto em condições de emergência, em caso de inoperância do distribuidor da turbina, sob qualquer nível d'água a montante e através da vazão máxima da turbina em condições de disparo.

A comporta será constituída por um painel com vedação a montante, o que facilita a aeração do conduto a jusante da comporta e reduz os esforços hidrodinâmicos por ocasião do fechamento.

A comporta vagão terá, além das rodas principais, rodas de contraguia e para o guiamento lateral, sapatas de guia.

A comporta será manobrada pelo gancho da ponte rolante.

Será instalado, numa posição intermediária, dispositivo de calagem de fácil manobra, que permitirá manter a comporta em repouso, tanto para a montagem como para manutenção.

O enchimento do conduto a jusante da comporta será efetuado por meio de válvulas by-pass situadas na comporta de emergência, ou por meio de operação de "cracking".

As características principais da comporta vagão serão:

- Tipo vagão em elementos
- Quantidade2
- Quantidade de vãos2
- Quantidade de elementos articulados2
- Dimensão do vão livre3,20 m
- Altura da abertura livre3,30 m
- Altitude da soleira277,20 m
- Altitude da frontal280,50 m

- Nível d'água máximo a montante286,00 m
- Nível d'água máximo excepcional a montante287,50 m
- Cota do coroamento da tomada d'água288,50 m

12.11.2.5. Ponte Rolante

No coroamento da tomada d'água será instalada uma ponte rolante, cujas finalidades são:

- movimentar as coberturas metálicas das ranhuras;
- movimentar os painéis de grade e o rastelo limpa-grades;
- movimentar a comporta ensecadeira;
- auxiliar na montagem e desmontagem e movimentar a comporta de emergência.

Suas principais características serão:

- Capacidade do gancho..... 20 kN (*)
- Vão entre eixos6,00 m
- Comprimento do caminho do rolamento10,70 m
- Curso de levantamento do guincho16,30 m
- Cota da máxima elevação do gancho295,00 m
- Velocidade de translação da ponte
 - máxima 15,00 m/min
 - mínima 1,50 m/min
- Velocidade de direção do carro
 - máxima 10,00 m/min
 - mínima 1,00 m/min
- Velocidade de elevação do gancho
 - máxima 5,00 m/min
 - mínima 0,50 m/min

* Valor a ser confirmado pelo fabricante, quando do projeto executivo.

12.12. Conduto Forçado

O circuito de alta pressão será composto por dois condutos forçados metálicos, conectados aos vãos da tomada d'água, com entrada independente nas duas unidades geradoras.

O conduto terá diâmetro de 3,20 m até a proximidade da casa de força, com comprimento de aproximadamente 90 m, desde a tomada d'água até a entrada nas unidades geradoras.

Os condutos terão espessura suficiente para suportar uma sobrepressão de até 40%, nas proximidades da entrada da turbina, e deverão ser autoportantes.

As características técnicas principais dos condutos forçados serão as seguintes:

- Número de condutos principais.....2

- Elevação da linha de centro do conduto forçado:
 - Início do trecho blindado278,80 m
 - Entrada da casa de força265,30 m
- Trecho 01 (conduto metálico principal):
 - Comprimento 2 x 87 m
 - Diâmetro 3.200 mm
 - Espessura mínima da chapa 9,53 mm (3/8")
- Trecho 02 (reduções cônicas):
 - Diâmetro de entrada..... 2 x 3.200 mm
 - Diâmetro de saída 2 x 2.900 mm
 - Espessura mínima da chapa 9,53 mm (3/8")
- Trecho 03 (entrada da turbina nas Unidade 01 e 02):
 - Comprimento 2 x 7 m
 - Diâmetro 2.900 mm
 - Espessura mínima da chapa 9,53 mm (3/8")
- Vazão máxima de dimensionamento..... 25,50 m³/s
- Máxima sobrepressão incluindo o golpe de aríete 40%
- Máxima pressão incluindo o golpe de aríete, calculado na seção de entrada da caixa espiral 320 kPa

12.13. Casa de Força, Área de Montagem e Canal de Fuga

A casa de força será do tipo abrigada e foi dimensionada para a instalação de dois (2) grupos hidrogeradores, seus equipamentos auxiliares e de comando e controle.

A área de montagem, contígua à casa de força, permitirá a recepção e montagem dos equipamentos, com intervalo máximo de dois meses entre a entrada em operação de cada unidade. A sala de comando e controle e demais dependências auxiliares são instaladas no interior do bloco da área de montagem.

12.13.1. Obras Civas

A casa de força apresentará dois (2) grupos hidrogeradores de eixo horizontal do tipo Kaplan S, com larguras iguais a 11,0 m e 8,5 e comprimento igual a 21,0 m.

A área de montagem terá largura igual a 8,0 m. O piso da área de montagem foi dimensionado para a El. 272,30 m, piso no qual será feito o acesso à área de descarga e à casa de força.

A fundação mais profunda da estrutura da casa de força estará na El. 258,80 m, enquanto o topo de sua cobertura na El. 285,20 m. A saída do tubo de sucção estará na El. 260,30 m e a entrada do canal de fuga na El. 258,80 m.

Da saída do tubo de sucção, o canal de fuga, escavado na El. 258,80 m por um trecho de 10,0 m, tem sua cota elevada por meio de uma escavação com inclinação 1,0V:6,0H, com o objetivo de se restituir as vazões

turbinadas ao rio. Seu comprimento total será de aproximadamente 62,90 m e sua largura na base igual a 21,1 m.

As **Ilustrações 62 a 70** apresentam as principais características das estruturas da casa de força e da área de montagem.

12.13.2. Equipamentos Eletromecânicos

Os equipamentos mecânicos da casa de força compreendem as turbinas hidráulicas, reguladores de velocidade, ponte rolante, comportas ensecadeiras do tubo de sucção e talha elétrica de jusante.

As **Ilustrações 72 a 74** apresentam o arranjo eletromecânico da casa de força e área de montagem.

12.13.2.1. Turbinas Hidráulicas e Reguladores

A casa de força possuirá dois grupos turbogeradores de eixo horizontal iguais, sendo cada grupo constituído basicamente de um gerador de potência nominal de 4.167 kVA, sob tensão de 6,9 kV e frequência de 60 Hz, e de uma turbina hidráulica, tipo Kaplan “S” e potência nominal de 3.866 kW, sob queda líquida de referência de 16,61 m, na qual o engolimento é máximo, e queda líquida de projeto de 17,21 m, na qual o rendimento do conjunto é máximo.

Os grupos turbogeradores deverão operar com a velocidade de rotação síncrona de 327,27 rpm, controlados cada um por um regulador de velocidade eletrônico que, por meio de um sistema óleo-dinâmico, atuará sobre o distribuidor da turbina.

Cada turbina será alimentada por um conduto adutor. Em cada tomada d’água será instalada uma comporta corta-fluxo, que deverá atuar como órgão de fechamento da máquina, sob condições normais para manutenção ou sob condições de emergência, possibilitando que a turbina seja desligada e isolada sem prejuízo do funcionamento da outra turbina da casa de força.

A água será conduzida a cada turbina e será restituída ao canal de fuga da casa de força por um tubo de sucção com trecho de saída sem partição e dotado de ranhuras para instalação de uma comporta ensecadeira.

Cada grupo turbogerador será dotado de mancais de escora e guia, com óleo recirculante resfriado a água.

Os componentes da turbina serão descarregados na área de montagem, e serão preparados para montagem e montados nos próprios “bays”. As dimensões e as posições da área de montagem e da ponte rolante da casa de força possibilitarão receber e pré-estocar os componentes a serem montados, de modo a reduzir ao mínimo a quantidade e a complexidade dos serviços de montagem a serem realizados nos “bays” das unidades geradoras.

As turbinas serão projetadas para operarem com queda líquida de referência de 16,61 m, tendo, nesse ponto, seu engolimento máximo. Em adição, o ponto de rendimento máximo será dado a partir da queda líquida de projeto, definida em 17,21 m.

As turbinas deverão operar com um nível mínimo de jusante de até 266,35 m, para a vazão parcial de uma unidade, sem risco de erosão por cavitação.

Os níveis adotados para a operação da usina são:

- máximo normal de montante286,00 m
- normal de jusante268,39 m
- mínimo de jusante266,35 m

As características técnicas principais das turbinas serão as seguintes:

- Tipo..... Kaplan “S”, de eixo horizontal
- Potência unitária no eixo 3.866 kW
- Quantidade2
- Queda líquida de referência16,61 m
- Vazão máxima de engolimento (unitária)..... 25,50 m³/s
- Rotação síncrona 327,27 rpm
- Rotação específica606,16
- Rendimento nominal da turbina.....93%
- Sistema de regulação..... regulador de velocidade eletrônico
- Afogamento mínimo..... $h_s = -1,05$ m
- Nível da linha de centro da turbina265,30 m
- Nível inferior do tubo de sucção.....260,30 m

12.13.2.2. Comporta Ensecadeira

As comportas ensecadeiras dos tubos de sucção terão a finalidade de possibilitar o esvaziamento das turbinas, vedando a entrada de água do canal de fuga nos tubos de sucção.

Na casa de força haverá uma comporta ensecadeira para cada tubo de sucção, que possibilitará o esvaziamento da unidade.

A comporta ensecadeira será constituída por dois elementos com vedações de soleira, laterais e frontal, podendo ser instalado indistintamente em quaisquer dos dois tubos de sucção existentes na casa de força. Será movimentada por meio de viga pescadora, por uma talha elétrica existente no lado externo da extremidade jusante da casa de força.

Cada comporta será dotada de válvulas de equilíbrio de pressões que, quando acionadas pelo peso próprio da viga pescadora, possibilitará a entrada da água do canal de fuga no tubo de sucção vazio, promovendo-se assim o enchimento da turbina e o equilíbrio de pressões necessário para a abertura da comporta ensecadeira.

Seu armazenamento se dará nas próprias ranhuras. A viga pescadora será armazenada em cavalete instalado no coroamento da estrutura.

As características técnicas principais da comporta ensecadeira serão as seguintes:

- Quantidade de vãos2
- Quantidade de comportas2
- Quantidade de elementos por comporta2
- Vão livre4,50 m
- Altura livre3,30 m
- Cota da soleira260,30 m
- Cota da peça fixa frontal263,60 m

- Nível da área externa de jusante (coroamento)272,30 m

12.13.2.3. Ponte Rolante

Na casa de força será instalada uma ponte rolante com capacidade de 330 kN, cuja finalidade principal é o descarregamento, o transporte e a montagem das turbinas, dos geradores e dos equipamentos auxiliares. Após a entrada em operação das unidades geradoras, a ponte será utilizada nas operações de manutenção dos equipamentos principais.

A ponte rolante deslocar-se-á sobre o caminho de rolamento apoiado sobre vigas de concreto engastadas nas paredes laterais da casa de força.

O vão entre eixos dos trilhos será de 12,30 m. O curso do gancho será de 17,60 m.

As características principais da ponte rolante são as seguintes:

- Capacidade de gancho 330 kN (*)
- Vão entre eixos dos trilhos12,30 m
- Comprimento do caminho de rolamento27,90 m
- Curso dos ganchos17,60 m
- Cota da máxima elevação dos ganchos280,10 m
- Velocidade de translação da ponte
 - máxima 10,00 m/min
 - mínima 1,00 m/min
- Velocidade de direção do carro
 - máxima 10,00 m/min
 - mínima 1,00 m/min
- Velocidade de elevação do gancho principal
 - máxima 1,50 m/min
 - mínima 0,10 m/min
- Velocidade de elevação do gancho auxiliar
 - máxima 5,00 m/min
 - mínima 0,50 m/min

* Valor a ser confirmado pelo fabricante, quando do projeto executivo.

12.13.2.4. Talha Elétrica

Na área externa de jusante estará instalada uma talha elétrica com a finalidade de movimentar as comportas ensecadeiras dos tubos de sucção.

Esta talha elétrica será dotada de trole motorizado e se movimentará em uma monovia fixada a uma viga de concreto.

O curso do gancho permitirá a movimentação da comporta ensecadeira dentro da ranhura, bem como retirá-la e colocá-la sobre um veículo.

Os movimentos de translação e elevação motorizados serão acionados por meio de uma botoeira pendente, por um operador que se deslocará na área externa de jusante.

As operações de descida e subida da comporta serão sempre realizadas com pressões equilibradas, entre montante e jusante, e com o auxílio da viga pescadora.

As características principais da talha elétrica são as seguintes:

- Capacidade da talha..... 20 kN (*)
- Curso do gancho16,70 m
- Velocidade de elevação 5,0 m/min
- Velocidade de translação..... 15,0 m/min
- Extensão da monovia.....27,90 m

* Valor a ser confirmado pelo fabricante, quando do projeto executivo.

12.14. Sistemas de Utilidades

12.14.1. Sistema de Esvaziamento e Enchimento

O sistema de esvaziamento e enchimento terá por finalidade esvaziar e encher completamente o canal de adução, o conduto forçado, caixa espiral e tubo de sucção das unidades geradoras.

A **Ilustração 77** apresenta a concepção desse sistema.

- **Enchimento do canal de adução**

O enchimento do canal de adução será feito por meio de válvulas "by-pass" instaladas nas comportas ensecadeiras da estrutura de controle.

O elemento superior do tabuleiro de cada comporta deverá ser provido de duas válvulas "by-pass", com diâmetro de DN 200 mm, que possibilitarão o enchimento do canal. As válvulas deverão ser abertas pela ação do peso próprio da viga pescadora e deverão fechar sempre que a viga pescadora for desacoplada da comporta ensecadeira.

- **Enchimento do conduto forçado**

O enchimento de cada circuito será feito por meio de válvulas "by-pass" instaladas na comporta ensecadeira da tomada d'água.

O elemento superior do tabuleiro das comportas deverá ser provido de duas válvulas "by-pass", com diâmetro de DN 200 mm, que possibilitarão o equilíbrio de pressões hidráulicas. As válvulas deverão ser abertas pela ação do peso próprio da viga pescadora e deverão fechar sempre que a viga pescadora for desacoplada da comporta ensecadeira.

Alternativamente, o enchimento poderá ser executado por meio da operação de "cracking" da comporta vago.

- **Enchimento do tubo de sucção**

O enchimento do tubo de sucção será feito através de válvulas "by-pass" instaladas nas comportas ensecadeiras de jusante.

Um dos elementos da comporta ensecadeira da casa de força será dotado de duas válvulas de equilíbrio de pressões (válvula "by-pass"), com diâmetro de DN 150 mm que, quando acionadas pelo peso próprio da

viga pescadora, possibilitarão a entrada da água do canal de fuga no tubo de sucção vazio, promovendo-se assim o enchimento deste.

- **Esvaziamento do circuito de adução**

O esvaziamento do circuito de adução será feito por gravidade até o nível de jusante. A água contida no circuito, abaixo do nível de jusante, será recalçada para fora da usina, por meio de conjunto eletrobomba, que será inserida no poço de esgotamento.

- **Esvaziamento da caixa espiral e tubo de sucção**

Após o fechamento da comporta da tomada d'água e abertura manual da válvula de esvaziamento, a água contida no conduto de adução, caixa espiral e tubo de sucção escoará para o canal de fuga, por gravidade, até se equilibrar com o nível de jusante.

Após o fechamento da comporta ensecadeira do tubo de sucção, a água restante será bombeada para o canal de fuga.

Será implantado um poço de esgotamento para o esvaziamento das unidades, por meio de lançamento da bomba de esgotamento. O poço estará situado na cota de fundo na El. 259,40 m.

O tempo de esvaziamento será de aproximadamente oito (8) horas.

As características técnicas das bombas serão as seguintes:

- Tipo submersível
- Quantidade 02
- Vazão 48,00 m³/h
- Altura manométrica 26,10 m.c.a.
- Potência estimada do motor 5,70 kW

12.14.2. Sistema de Água de Resfriamento e de Serviço

O sistema de água de resfriamento, de vedação e de serviço tem por finalidade fornecer água para o resfriamento dos equipamentos da casa de força, por meio dos respectivos trocadores de calor, água para as vedações dos eixos das turbinas e água de serviço para os diversos sistemas e instalações da casa de força e área de montagem.

Tem como equipamentos principais dois filtros de água instalados no piso das unidades geradoras (nível 281,55 m).

O critério de projeto estabeleceu que cada filtro terá 100% de capacidade adicional de reserva, para suprir a necessidade de água na eventual falha ou manutenção de um dos filtros.

A **Ilustração 76** apresenta a concepção desse sistema.

As características técnicas dos filtros são as seguintes:

- Tipo Limpeza Automática
- Vazão Unitária 30,00 m³/h
- Pressão de Trabalho 0,40 MPa (4,0 kgf/cm²)
- Malha de Filtragem 500 µm (35 mesh)

12.14.3. Sistema de Drenagem

O sistema de drenagem tem a finalidade de coletar e conduzir para o canal de fuga todas as águas de percolação e infiltração provenientes dos condutos blindados de adução e dos ambientes interiores da casa de força, bem como as águas provenientes de descargas dos equipamentos, tais como lavagem dos filtros, vazamentos de tubulações e limpeza de pisos.

Este sistema possuirá um poço de bombeamento localizado no piso da casa de força (El. 260,30 m), com nível de fundo na El. 257,30 m, com uma área útil de 13,5 m² (3,0 x 4,5 m).

Serão instaladas duas bombas de recalque, sendo uma de reserva. A bomba de reserva poderá entrar em operação nas condições excepcionais em que a vazão afluyente ao poço for superior à prevista.

Os critérios de projeto estabelecem que cada bomba terá 100% de capacidade adicional de reserva, tendo em vista a importância deste sistema na segurança da usina.

A **Ilustração 75** apresenta a concepção desse sistema.

As características técnicas de cada bomba serão as seguintes:

- Tipo submersível
- Quantidade 02
- Vazão 18,00 m³/h
- Altura manométrica 13,40 mca.
- Potência estimada do motor 1,70 kW

12.14.4. Sistema de Ar Comprimido de Serviço

O sistema de ar comprimido de serviço terá por finalidade produzir, armazenar e suprir as necessidades de ar comprimido da casa de força e da área de montagem, para limpeza de tubulações, equipamentos e superfícies, operação de ferramentas pneumáticas, alimentação de instrumentos, alimentação de ar para o sistema de freio do gerador, para os filtros do sistema de água de resfriamento, e para as vedações de parada dos eixos das turbinas.

Este sistema será constituído de dois (02) compressores, sendo um de reserva, um reservatório de ar, e uma rede de tubulações de distribuição.

Nos pontos baixos da rede de ar comprimido serão instalados purgadores de condensado para manter o ar seco.

A **Ilustração 78** apresenta a concepção desse sistema.

As características técnicas dos equipamentos são as seguintes:

- Compressor de Ar
 - Quantidade 2
 - Tipo alternativo, com reservatório acoplado
 - Descarga Livre Efetiva 30 pcm
 - Pressão de Descarga 7,0 bar
 - Potência do Motor Estimada 5,5 kW
- Reservatório de Ar

- Tipo Cilindro vertical
- Capacidade..... 1.000 l (1,0 m³)

12.14.5. Sistema de Ventilação

A ventilação da casa de força e área de montagem, incluindo galerias, será do tipo natural.

12.14.6. Sistemas de Água Potável e Esgoto Sanitário

• Água Potável

O projeto do sistema visa captar, armazenar e distribuir água potável para as instalações hidrossanitárias da casa de força.

Está projetada uma estação de tratamento de água tipo compacta. A água tratada será bombeada para caixa d'água elevada, localizada na parte externa da casa de força. A caixa possuirá uma capacidade total de 3.000 l (3 m³), suficiente para dois dias de consumo.

A estação de tratamento com capacidade de 1 m³/h, terá as seguintes funções:

- Dosagem de produtos químicos;
- Mistura rápida;
- Floculação mecânica;
- Decantação com módulos tubulares;
- Filtração;
- Bombeamento de água tratada.

• Esgoto Sanitário

O projeto do sistema tem por finalidade oferecer as condições de higiene aos funcionários e eventuais visitantes, através da coleta, tratamento e despejos do esgoto sanitário.

As quantidades, dimensões e localizações dos sanitários, copa e vestiário serão determinadas por requisitos arquitetônicos.

Os dejetos provenientes dos aparelhos sanitários serão descarregados para a fossa séptica e recalçados para área externa da Casa de Força. O lodo digerido efluente da fossa passará por filtro anaeróbico antes de ser lançado no canal da fuga.

12.14.7. Sistema de Proteção Contra Incêndios

Os sistemas de proteção contra incêndio têm por finalidade proteger, detectar e combater incêndio em equipamentos e ambientes da usina sujeitos à ocorrência de sinistro.

A usina disporá dos seguintes sistemas de proteção contra incêndio:

• Sistema de Hidrantes para Proteção Contra Incêndio

O sistema será do tipo fixo pressurizado por conjuntos moto-bombas centrífugas e entrará em funcionamento abrindo-se manualmente qualquer hidrante.

Os hidrantes serão instalados na área de montagem e na área externa ao edifício de acesso, para combater eventuais incêndios e dar proteção à saída de pessoal de dentro do edifício.

- **Sistema de Extintores para Proteção Geral das Instalações**

O sistema será constituído basicamente de extintores portáteis do tipo CO₂ e pó químico seco (PQS).

Os extintores de CO₂ serão destinados a proteger os equipamentos eléctrico/electrónicos, e os de pó químico para proteger locais e/ou equipamentos que contenham produtos inflamáveis.

O dimensionamento do sistema e a distribuição adequada das unidades extintoras serão feitos por ocasião do projeto executivo da usina.

12.14.8. Sistema de Medições Hidráulicas

O sistema de medições hidráulicas possuirá os seguintes instrumentos de medição, conforme mostrado na *Ilustração 79*.

- **Medições dos Níveis de Água da Estrutura de Controle, da Tomada d'Água e a Jusante da Usina**

Será instalado um medidor de nível tipo limnómetro de boia em local próximo a estrutura de controle para medição de variações de níveis do reservatório. Outro medidor do mesmo tipo será instalado a montante da tomada d'água para medição de variações de níveis da câmara de carga. Por fim, será instalado outro medidor a jusante, próximo a saída d'água no canal de fuga.

- **Medição de Perda de Carga nas Grades da Estrutura de Controle**

Serão instalados detectores de pressão diferencial na estrutura de controle, para medição de perda de carga nas grades.

- **Deteção de Equilíbrio de Pressão nas Comportas Ensecadeira da Estrutura de Controle**

Serão instalados detectores de pressão diferencial na estrutura de controle para deteção de equilíbrio de pressões nas comportas ensecadeira.

- **Medição de Perda de Carga na Grade da Tomada d'Água Principal**

Será instalado detector de pressão diferencial na tomada d'água, para medição de perda de carga na grade.

- **Deteção de Equilíbrio de Pressão na Comporta Ensecadeira da Tomada d'Água**

Será instalado detector de pressão diferencial na tomada d'água para deteção de equilíbrio de pressões na comporta ensecadeira.

- **Deteção de Equilíbrio de Pressão na Comporta de Emergência**

Será instalado detector de pressão diferencial na tomada d'água para deteção de equilíbrio de pressões na comporta vagão.

- **Medição de Vazão**

Serão instaladas tomadas de pressão em duas secções de cada turbina, para medição de vazão turbinada.

- **Medição de Pressão do Tubo de Sucção**

Serão instaladas duas (02) tomadas de pressão no tubo de sucção de cada turbina, para medição de pressão do tubo de sucção.

Será instalada uma (01) tomada de pressão em cada ramal do tubo de sucção de cada turbina próximo a extremidade, para medição de pressão.

- **Deteção de Equilíbrio de Pressão na Comporta Ensecadeira de Jusante**

Serão instalados detectores de pressão diferencial em cada uma das unidades geradoras para detecção de equilíbrio de pressão na comporta ensecadeira do tubo de sucção.

12.15. Equipamentos e Sistemas Elétricos Principais

No interior da Casa de Força os equipamentos eletromecânicos serão dispostos conforme mostrado nas **Ilustrações 72 a 74**.

Assim, próximo a cada gerador será instalado um cubículo de proteção contra surto de tensão e de fechamento de neutro.

Os demais cubículos com disjuntores de saída, do transformador elevador e de alimentação dos serviços auxiliares, bem como os sistemas auxiliares elétricos gerais (corrente alternada e corrente contínua), serão distribuídos nas áreas disponíveis da Casa de Força e no anexo à Área de Montagem.

A Sala de Controle Centralizada (Estação de Operação, Painéis de Proteção e Medição e de Comunicação) estará em área própria reservada com acesso pela Área de Montagem. Nesta área será instalado o grupo gerador diesel de emergência.

O transformador elevador trifásico ficará localizado no interior da Subestação Elevadora, juntamente com os equipamentos de manobra, os transformadores para instrumentos e para-raios, conforme mostrado na **Ilustração 84**.

Na **Ilustração 80** é apresentado o Diagrama Unifilar de Proteção e Medição do Sistema Elétrico concebido para a PCH SU-75, bem como para a Subestação Elevadora associada.

A configuração do sistema elétrico contempla dois geradores síncronos de 4.167 kVA, acionados por turbinas hidráulicas do tipo Kaplan S, localizados na Casa de Força, e um gerador assíncrono de 667 kVA, acionado por uma turbina hélice de eixo vertical, localizado na Casa de Força Auxiliar (estrutura de desvio).

Os geradores serão conectados aos seus respectivos cubículos de fechamento de neutro e de surto, e destes interligados ao conjunto de cubículos nos correspondentes cubículos disjuntores. O gerador da Casa de Força Auxiliar será conectado no seu respectivo cubículo disjuntor através de uma linha interna. Um seccionador próprio será conectado ao transformador elevador trifásico 6,9-34,5kV, por meio de cabos isolados.

Do mesmo conjunto de cubículos serão alimentados os transformadores de serviços auxiliares, por meio de seccionadores com fusíveis incorporados.

As características elétricas obtidas no pré-dimensionamento para os equipamentos elétricos principais são apresentadas nos itens seguintes.

12.15.1. Geradores Principais

O gerador síncrono, de eixo horizontal, potência de 4.167 kVA, será instalado em maciço de concreto, com sistema de resfriamento a ar, com sistema de excitação brushless e com reguladores de tensão do tipo digital.

Os equipamentos de proteção contra surtos de tensão e de fechamento do neutro do gerador, compreendendo para-raios, capacitores, transformadores de corrente e transformador de aterramento serão instalados em um cubículo próprio junto à caixa de terminais do gerador.

As características técnicas principais dos geradores serão as seguintes:

- Tipo..... síncrono, eixo horizontal

- Quantidade2
- Potência nominal4.167 kVA
- Tensão nominal6.900 V
- Número de fases.....3
- Fator de potência.....0,90
- Frequência nominal60 Hz
- Velocidade Síncrona Nominal 327,27 rpm
- Rendimento médio97%
- Tipo de acionamento sem multiplicador de velocidade
- Sistema de resfriamento preferencial ar
- Temperaturas de funcionamento:
 - 80°C no enrolamento do estator na potência nominal
 - 40°C ambiente
- Classe de Isolamento F
- Resistências de aquecimento 1 conjunto
- Supervisão de temperatura do estator 2 RTD's/fase
- Supervisão de temperatura dos mancais..... 2 RTD's
- Supervisão de temperatura do óleo dos mancais..... 2 RTD's
- Termômetros para supervisão e proteção dos mancais..... 2 unidades
- Resistência para desumidificação 3 unidades
- Valores de reatância (síncrona, transitória e subtransitória) a ser confirmado pelo fabricante na fase do projeto executivo;
- Aterramento do neutro por meio de transformador de aterramento;
- Sistema de excitação sem escovas "Brushless" com excitatriz estática e com transformador de excitação do tipo seco.

12.15.1.1. Sistema de Excitação

Cada gerador deverá ser fornecido com o sistema de excitação do tipo "Brushless" com diodos rotativos, alternador de excitação, diretamente acoplado ao gerador, equipamento de excitação, inclusive transformador de excitação, dispositivos de desexcitação e de escorvamento do campo e regulador de tensão. O fornecimento deve incluir todos os equipamentos necessários para perfeito funcionamento em todas as condições de operação.

O equipamento de excitação e regulação de tensão deve ser do tipo com componentes de estado sólido e circuitos integrados, proporcionando uma regulação automática de tensão, de ação muito rápida, nos bornes do gerador, em todas as condições de carga.

O sistema de excitação deve possuir todas as características necessárias de modo a se ter uma excitação adequada em condições permanentes, bem como durante as possíveis perturbações transitórias, ajudando assim na operação estável dos geradores em paralelo.

12.15.2. Gerador da Casa de Força Auxiliar

As características técnicas principais do gerador serão as seguintes:

- Gerador assíncrono trifásico, auto ventilado, carcaça com proteção IP68, apoiado em eixo vertical, acoplado diretamente a turbina por flange e disco;
- Potência Nominal Trifásica667 kVA
- Tensão Nominal entre Fases.....660 V
- Fator de potência.....0,9
- Frequência nominal 60 Hz
- Tipo de ligação..... estrela aterrado
- Classe de isolamento do estator e rotor classe F

12.15.3. Cubículos de Média Tensão

Os cubículos de média tensão serão blindados, tipo *metal-clad*, equipados com todos os componentes e ligações internas necessárias para a pronta operação, completos com disjuntores, TC's, TP's e demais componentes. As siglas dos equipamentos estão mostradas na **Ilustração 80**.

Estão previstos os seguintes cubículos:

- Cubículo de Prot. Contra Surtos e de Fecham. de Neutro da Unidade 1 CSN-U1
- Cubículo de Prot. Contra Surtos e de Fecham. de Neutro da Unidade 2 CSN-U2
- Cubículo do Disjuntor da Unidade 1 CDU-U1
- Cubículo do Disjuntor da Unidade 2 CDU-U2
- Cubículo do Disjuntor da Unidade 3 CDU-U3
- Cubículo de Alimentação do Transformador Elevador CSTE
- Cubículo Alimentador do Transf. de Serviços Auxiliares 1 CSA1
- Cubículo Alimentador do Transf. de Serviços Auxiliares 2 CSA2

12.15.3.1. Características Principais

- Cubículos de Proteção Contra Surtos e de Fechamento de Neutro do Gerador
 - Quantidade02
 - Tensão Nominal (eficaz) 7,2 kV
 - Frequência nominal..... 60 Hz
 - Corrente nominal em regime contínuo..... 1.250 A
 - Nível Básico de Isolamento 60 kV
 - Tensão de ensaio a 60 Hz 20 kV

- Corrente de curta duração por 1s (eficaz)..... 25 kA
- Cubículos dos Disjuntores das Unidades
 - Quantidade03
 - Tensão Nominal (eficaz) 7,2 kV
 - Frequência nominal.....60 Hz
 - Corrente nominal em regime contínuo 1.250 A
 - Nível Básico de Isolamento 60 kV
 - Tensão de ensaio a 60 Hz 20 kV
 - Corrente de curta duração por 1s (eficaz)..... 25 kA
- Cubículo de Alimentação do Transformador Elevador
 - Quantidade01
 - Tensão Nominal (eficaz) 7,2 kV
 - Frequência nominal.....60 Hz
 - Corrente nominal em regime contínuo 1.250 A
 - Nível Básico de Isolamento 60 kV
 - Tensão de ensaio a 60 Hz 20 kV
 - Corrente de curta duração por 1s (eficaz)..... 25 kA
- Cubículo do Seccionador para Serviços Auxiliares
 - Quantidade02
 - Tensão Nominal (eficaz) 7,2 kV
 - Frequência nominal.....60 Hz
 - Corrente nominal em regime contínuo 400 A
 - Nível Básico de Isolamento 60 kV
 - Tensão de ensaio a 60Hz 20 kV
 - Corrente de curta duração por 1s (eficaz)..... 25 kA

12.15.4.Transformador Elevador

O transformador elevador será trifásico, com dois enrolamentos, adequado para instalação externa, imerso em óleo mineral isolante, com tanque de expansão e comutador de derivações sem tensão.

As características técnicas dos transformadores serão as seguintes:

- Tipo trifásico
- Quantidade01
- Potência nominal 8/10 MVA
- Tensão primária 6,9 kV
- Tensão secundária 34,5 kV ($\pm 2 \times 2,5\%$)
- Frequência Nominal.....60 Hz
- Reatância indutiva a 75 °C..... 10%

- Ligação YNd1
- Método de resfriamento ONAN/ONAF
- Computador de taps em vazio
- Classe de isolamento F

12.15.5. Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC)

O Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDCD) da usina e subestação será concebido conforme a Arquitetura Geral Simplificada, mostrado na **Ilustração 83**.

Resumidamente, este sistema será responsável pela integração dos diversos equipamentos assegurando um nível de operacionalidade conjunta e harmônica, realizando as funções de comando, controle e proteção, assim como, a monitoração e o registro sequencial dos eventos inerentes.

São pré-requisitos do SDSC: a confiabilidade, a modularidade, a intercomunicabilidade e a robustez. Portanto, deverá ser assegurada a completa compatibilidade lógica e operacional entre os equipamentos que integrem o sistema de automação.

O comando, o controle e a supervisão da usina serão executados normalmente a partir da Estação de Operação localizada no interior da Casa de Força ou ainda pelos painéis de proteção e controle de cada unidade. Adicionalmente, prevê-se para o SDSC a capacidade de executar as mesmas funções a partir do Centro de Operação Remota (COR), fora do presente escopo, por meio de comunicação em protocolo aberto com o Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC).

Este sistema possibilitará a operação a partir de três níveis, assim definidos:

- Nível 1: Unidades de aquisição de dados e controle (UACs) que deverão ser constituídas por módulos funcionais, tais como processadores e interfaces com o processo e comunicação;
- Nível 2: Corresponde às funções centralizadas da usina, de comando, supervisão e controle. O conjunto de equipamentos do nível 2 deverá estar totalmente interconectado por meio de rede digital de comunicação de alta velocidade;
- Nível 3: Corresponde às funções centralizadas no COR. O conjunto de equipamentos do nível 3 deverá estar totalmente interconectado por meio de rede digital de comunicação (fora do presente escopo).

Os equipamentos que compõem o SDSC, incluindo os reguladores eletrônicos de velocidade e de tensão, serão instalados na Sala de Controle em ambiente climatizado.

12.15.5.1. Descrição dos Painéis dos Sistemas do SDSC

Na **Ilustração 83** são apresentados os painéis que compõem o SDSC, que serão instalados na Sala de Controle.

Os painéis previstos são os seguintes:

- Painel de Controle e Proteção da Unidade 1 PCP-U1
- Painel de Controle e Proteção da Unidade 2 PCP-U2
- Painel de Controle e Proteção da Unidade 3 PCP-U3
- Painel de Controle e Proteção da Subestação e Serv. Auxiliares PCP-SE
- Quadro de Distribuição CA – Tomada d'Água QDA-TA

- Painel de Segurança Eletrônica.....PSE-01
- Painel de Comunicação.....PCOM
- Enlace Rádio Digital ERD

O quantitativo de painéis poderá sofrer variações em função do tipo de equipamento oferecido pelos Fabricantes.

12.15.6.Sistema de Proteção

Na **Ilustração 80** é apresentado o Diagrama Unifilar de Proteção e Medição concebido para a Casa de Força da PCH SU-75 e para a respectiva Subestação.

O sistema de proteção elétrica dos geradores, do transformador elevador e da linha de transmissão será baseado em relés numéricos “stand alone”, usualmente utilizados para proteção desses equipamentos. Os relés de proteção serão instalados nos painéis de controle e proteção de cada unidade, conforme mostrado na **Ilustração 80**.

As proteções deverão apresentar como pré-requisitos básicos: a seletividade, a superposição das áreas protegidas (sem zonas de sombra) e retaguarda.

Os equipamentos deverão apresentar interfaces padronizadas e protocolos de comunicação abertos, dando-se preferência para a comunicação pelo protocolo MODBUS ou IEC865-101 ou DNP3.0, com possibilidade de parametrização local por meio de botões frontais ou via software; e desejável possibilidade de parametrização remota, por meio de linha discada.

Preveem-se as seguintes funções, segundo o padrão ANSI:

- Proteção das Unidades Geradoras:
 - Proteção de subtensão (27)
 - Relé de Verificação de Sincronismo (25)
 - Proteção de Potência Reversa (32)
 - Proteção de Perda de Excitação (40)
 - Proteção de Corrente de Sequência Negativa (46)
 - Proteção de Sobrecorrente Instantânea (50)
 - Proteção de Sobrecorrente Instantânea de Neutro (50N)
 - Proteção de Sobrecorrente Temporizada (51)
 - Proteção de Sobrecorrente Temporizada de Neutro (51N)
 - Proteção de Sobrecorrente com Restrição de Tensão (51V)
 - Proteção de Sobretensão (59)
 - Proteção de Sobretensão de Neutro (59N)
 - Proteção de Falha Disjuntor (50BF)
 - Proteção de Terra do Estator (64)
 - Proteção de Sub e Sobrefrequência (81)
 - Relé de Bloqueio do Gerador (86)
 - Proteção Diferencial do Gerador (87G)
- Proteção do Transformador Elevador:

- Relé de Pressão da Válvula de Segurança (20VS)
- Relé de Temperatura do Óleo (26)
- Relé de Temperatura do Enrolamento (49)
- Proteção de Sobrecorrente Instantânea (50)
- Proteção de Sobrecorrente Instantânea de Neutro (50N)
- Proteção de Sobrecorrente Temporizada (51)
- Proteção de Sobrecorrente Temporizada de Neutro (51N)
- Proteção de Falha Disjuntor (50BF)
- Relé de Pressão de Gás – Bochholz (63)
- Relé de Nível de Óleo (71)
- Relé de Bloqueio do Transformador (86)
- Proteção Diferencial do Transformador (87T)
- Proteção da Linha de Transmissão 34,5 kV:
 - Relé de distância (21)
 - Relé de sincronismo (25)
 - Relé de Subtensão (27)
 - Relé de Sobrecorrente Instantânea (50)
 - Relé de Sobrecorrente Temporizada (51)
 - Relé de Sobretensão (59)
 - Relé de Direcional de Sobrecorrente (67)

As proteções primária e secundária de distância (21) deverão ser sensíveis a todos os tipos de faltas entre fases e entre fase e terra. Deverão ter no mínimo três zonas de proteção e elementos direcionais de partida.

Será previsto ainda um relé para detecção de falta à terra na barra do cubículo de média tensão, função 59N, para o caso de alimentação da barra por meio do sistema interligado e de um relé de sincronização e de verificação de sincronismo dos geradores e a barra do cubículo de média tensão, função 25.

12.15.7. Subsistema de Medição e Supervisão

Os medidores das grandezas elétricas serão digitais e possuirão interfaces de comunicação com o Subsistema Supervisivo. Este subsistema irá monitorar também os sinais analógicos e digitais vitais nos equipamentos da usina e da subestação, condicioná-los para leitura remota por meio de interfaces padrão Ethernet ou RS485, quando cabíveis, e promover o seu registro e a elaboração de relatórios gerenciais no computador de comando e supervisão do subsistema. A determinação dos pontos e quantidades monitoradas será objeto do projeto executivo.

As medições de faturamento serão efetuadas por sistemas dedicados e instalados na subestação da PCH SU-93. Para estas medições preveem as interfaces de comunicação requisitadas pela CCEE/ONS.

12.15.8. Sistema de Segurança Eletrônica

O sistema de segurança eletrônica da usina, tomada d'água e subestação será concebido conforme a Arquitetura Geral Simplificada, mostrado na *Ilustração 83*.

Será composto pelos equipamentos necessários à proteção do patrimônio e auxílio à operação. Prevê-se o monitoramento das áreas exclusivas do empreendimento, por meio de sistema CFTV (circuito fechado de televisão) composto por câmeras de vídeo fixas e móveis, coloridas, multiplexadores de vídeo, gravadores de sinais de vídeo, controladores das câmeras móveis, monitores e gabinetes de alojamento do sistema.

Adicionalmente, prevê-se a instalação de sensores de presença e intrusão em ambientes selecionados.

É prevista o monitoramento por vídeo nos seguintes pontos:

- Tomada d'Água..... 1 câmera móvel
- Subestação 1 câmera móvel
- Casa de Força, piso dos geradores..... 2 câmeras fixas
- Casa de Força – Sala de Controle..... 1 câmera fixa

12.15.9. Sistema de Telecomunicações

O sistema será composto por uma central telefônica digital com capacidade para até 8 ramais para atendimento às necessidades de comunicação interna. A transmissão de fonia e dados entre a PCH SU-75, o COR e a subestação da PCH SU-93, será realizada por intermédio de Enlace Rádio Digital. O Sistema deverá ainda ser capaz de fornecer ao menos dois canais ETHERNET para integração de rede local e Sistema de Supervisão e Controle.

Para sistema de comunicação alternativo de emergência, e com viaturas móveis, será prevista uma estação fixa de rádio em VHF e unidades móveis portáteis e veiculares.

12.15.10. Serviços Auxiliares em Corrente Alternada

12.15.10.1. Configuração do Sistema

O Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Alternada terá a configuração apresentada no diagrama unifilar mostrado na **Ilustração 81**.

O sistema será composto por dois cubículos (CSA1 e 2) derivados do conjunto de cubículos de MT, que alimentam seus respectivos Transformadores de Serviços Auxiliares (TSA-01 e 2) e deste o Quadro Geral de Serviços Auxiliares em Corrente Alternada (QDA-CF).

Será previsto ainda, como fonte de emergência, um Grupo Gerador Diesel de Emergência (GGD-CF) que também alimentará o mesmo quadro geral (QDA-CF) com potência adequada a atender aos serviços auxiliares prioritários da Casa de Força, Subestação e Tomada d'Água.

A partir do Quadro Geral de Serviços Auxiliares (QDA-CF), serão alimentados o Quadro de Tomadas de Força da Casa de Força (QTF-CF), o Quadro de Iluminação e Tomadas da Casa de Força (QIT-CF), o Quadro de Distribuição CA da Tomada d'Água (QDA-TA), o Quadro de Distribuição CA da Subestação (QDA-SE), e as demais cargas em corrente alternada da Casa de Força.

Será adotado o nível de tensão de 380/220 V \pm 10%, trifásico, 4 fios, solidamente aterrado para alimentação de todos os motores de potência, tomadas de força trifásicas e alimentação primária do sistema de iluminação.

Para as cargas monofásicas dos resistores de aquecimento e das iluminações internas dos quadros elétricos e das tomadas de força será utilizada tensão de 220 V (F+N).

12.15.10.2. Critérios de Operação

As alimentações desde o cubículo e do Grupo Gerador Diesel de Emergência (GGD-CF) até o Quadro Geral de Serviços Auxiliares em Corrente Alternada (QDA-CF) serão feitas radialmente não sendo permitida a operação, em paralelo, de qualquer uma das fontes.

Em condições normais de operação a fonte proveniente do transformador de serviços auxiliares alimentará o quadro geral (QDA-CF). Na ocorrência da falta desta entrará automaticamente em operação a fonte proveniente do Gerador Diesel (GGD-CF).

12.15.10.3. Descrição dos Quadros Auxiliares em Corrente Alternada

Na **Ilustração 81** são apresentados os quadros que compõem os Serviços em Corrente Alternada.

Os quadros previstos são os seguintes:

- Quadro Geral de Serviços Auxiliares de CA da Casa de Força QDA-CF
- Quadro de Distribuição CA da Unidade 1 QDA-U1
- Quadro de Distribuição CA da Unidade 2 QDA-U2
- Quadro de Iluminação e Tomadas da Casa de Força QIT-CF
- Quadro de Tomadas de Força..... QTF-CF
- Quadro de Distribuição CA da Subestação QDA-SE
- Quadro de Distribuição CA – Tomada d’Água..... QDA-TA

12.15.10.4. Transformadores de Serviços Auxiliares

Será previsto, para os serviços auxiliares de corrente alternada, o fornecimento de 02 (dois) Transformadores Trifásicos instalados na Sala de MT da Casa de Força.

Principais características do Transformador de Serviços Auxiliares instalados na Casa de Força:

- Quantidade02
- Potência nominal225 kVA
- Tipo seco
- Ligação delta-estrela..... Dyn1
- Frequência nominal60 Hz
- Tensão nominal no enrolamento primário6.900 V
- Tensão máxima.....7.200 V
- Tensão nominal no enrolamento secundário 380 V ($\pm 2 \times 2,5\%$)
- Comutador de tapsem vazio

12.15.11. Gerador Diesel de Emergência

Para atender, em emergência, as cargas com maior probabilidade de funcionamento quando a usina e a subestação estiverem sob colapso total de energia, será instalado um Grupo Gerador Diesel de Emergência (GGD-CF) de corrente alternada.

A potência do grupo deverá ser suficiente para alimentação dos motores e outros equipamentos acionados por energia elétrica, em corrente alternada, dos quais a usina não pode prescindir em caso de falha no sistema elétrico.

O sistema de resfriamento do motor deverá ser a ar/água, com radiador. O gerador síncrono será trifásico, 380/220V, 60Hz e terá sistema de excitação com regulador automático de tensão.

Um tanque de combustível, para uso diário, terá capacidade tal que permita o funcionamento ininterrupto do grupo, sob carga nominal, por um período superior a 8 (oito) horas.

12.15.12. Serviços Auxiliares em Corrente Contínua

12.15.12.1. Configuração do Sistema

O Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Contínua terá a configuração apresentada no diagrama unifilar simplificado mostrado na *Ilustração 82*.

O Quadro Geral de Serviços Auxiliares em Corrente Contínua (QDC-CF) será alimentado por dois Carregadores de Baterias (CB-01/02), e destes à Bateria de Acumuladores (BAT).

A partir do Quadro Geral de Serviços Auxiliares (QDC-CF) será alimentado o Quadro de Distribuição (QDC-SE) da Subestação e as demais cargas em corrente contínua da Casa de Força.

Será adotado o nível de tensão de 125 V \pm 10% para todas as cargas.

12.15.12.2. Critérios de Operação

Em condições normais de operação, uma das fontes provenientes dos Carregadores de Baterias (CB-01/02) alimentará o quadro geral (QDC-CF). Na ocorrência da falta de uma delas deverá ocorrer a comutação automática da outra.

12.15.12.3. Descrição dos Quadros Auxiliares em Corrente Contínua

Na *Ilustração 82* são apresentados os quadros que compõem os Serviços em Corrente Contínua.

Os quadros previstos são os seguintes:

- Quadro Geral de Serviços Auxiliares em Corrente Contínua QDC-CF
- Quadro de Distribuição em Corrente Contínua – SubestaçãoQDC-SE
- Quadro de Distribuição em Corrente Contínua – Tomada d'Água QDC-TA

12.15.12.4. Carregadores de Baterias

Os carregadores de baterias (CB-01 e CB-02) serão do tipo estático, constituídos por retificadores de silício, alimentados em 380/220 V, a partir do Quadro Geral de Serviços Auxiliares em Corrente Alternada (QDA-CF), com um alimentador independente para cada carregador.

Os carregadores de baterias terão como ciclo de serviço seu funcionamento com todas as unidades operando normalmente, ou seja, o mesmo ciclo de serviço usado para dimensionamento da bateria que considera todas as unidades funcionando normalmente.

- Quantidade02
- Tensão de entrada nominal 380 Vca a 4 fios \pm 10%

- Tensão de saída nominal 125 Vcc \pm 0,5%
- Tensão de flutuação 132 Vcc
- Tensão de equalização..... 144 Vcc
- Corrente nominal.....35 A
- Frequência de entrada..... 60 Hz +/- 5%
- Limitação de corrente em % da potência nominal 150%

12.15.12.5. Bateria de Acumuladores

O Banco de Baterias de Acumuladores (BAT) será formado por elementos do tipo selado, para sistema com tensão de 125 V (+10% a -20%).

- Quantidade01
- Tensão nominal de serviço 125 Vcc (+10% a -20%)
- Capacidade em (Ah) do banco 100 Ah

12.15.13. Sistema de Iluminação e Tomadas

12.15.13.1. Iluminação Normal

A iluminação normal será projetada de tal modo a possibilitar a livre circulação pelas diversas áreas da usina e permitir o bom desempenho, com segurança, de todas as atividades normais do pessoal de operação e manutenção.

Os níveis médios mínimos de iluminância a serem adotados para a iluminação normal estarão de acordo com as normas brasileiras pertinentes, dentre as quais, a NBR 5413 – Iluminância de Interiores e NBR 510 –1 Iluminação Pública. As instalações elétricas serão concebidas de acordo com a NBR – 5410 Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

Na iluminação normal, serão empregados os seguintes tipos de luminárias:

- Luminárias equipadas com lâmpadas do tipo fluorescente, destinadas a áreas internas com pé direito baixo e médio, tais como, galerias, escritórios, sala de controle, oficinas, depósitos, instalações sanitárias, escadas de acesso, etc. Estas luminárias serão adequadas ao ambiente do local, ambiente normal ou com presença de umidade, gases ou vapores ou com risco de explosão;
- Luminárias equipadas com lâmpadas a vapor de sódio, destinadas a áreas internas com pé direito elevado, tais como, a sala de máquinas;
- Luminárias equipadas com lâmpadas a vapor de sódio destinadas a áreas externas, tais como, plataforma dos transformadores e canal de fuga, vias e acessos, plataformas do pórtico na tomada d'água e pátio da subestação.

O comando local da iluminação será feito por meio de interruptores junto aos acessos. Em áreas especiais, serão previstos interruptores convenientemente distribuídos.

Em áreas externas, a iluminação será comandada por dispositivos fotoelétricos e de maneira centralizada por chaves de comando manual local. O acionamento será feito por contatores.

12.15.13.2. Iluminação de Emergência

A iluminação de emergência será projetada de modo a possibilitar o escoamento de pessoal e manter níveis de iluminância adequados nas áreas mais críticas de operação, nos períodos de falta da iluminação normal.

Os níveis de iluminância serão compatíveis para estabelecer um balizamento das passagens e áreas de circulação, mantendo um nível mínimo de iluminância que possibilite a circulação e, principalmente, a saída de pessoal dos locais de menor segurança.

Poderão ser empregados sistemas autônomos de iluminação de emergência, compostos por alojamento, carregador, bateria de níquel cádmio, inversor e lâmpadas fluorescentes compactas.

12.15.13.3. Tomadas

A seguir estão definidos os tipos de tomadas a serem empregadas e instaladas onde necessário:

- Tomadas monofásicas, tipo universal, 16 A, 220 Vca, 60 Hz, 2 polos + terra, instaladas a 0,30 m do piso acabado nas galerias elétricas;
- Conjunto de tomadas montado em caixa de material plástico resistente, composto por uma tomada monofásica, tipo universal, 16 A, 220 Vca, 60 Hz, 2 polos + terra, e uma tomada trifásica, 30 A, 380 Vca, 60 Hz, 3 polos + terra, instalado a 0,90 m do piso das unidades geradoras;
- Conjunto de tomadas em caixa de alumínio com tampa mola, composto por uma tomada monofásica, tipo universal, 16 A, 220 Vca, 60Hz, 2 polos + terra, e uma tomada trifásica, 30 A, 380 Vca, 60 Hz, 3 polos + terra, instalado a 0,90 m do piso acabado em áreas externas;
- Tomadas trifásicas, 60 A, 380 Vca, 60 Hz, 3 polos + terra, instaladas a 0,90 m do piso das unidades geradoras, área de montagem, pátio da subestação e na tomada d'água.

As tomadas para uso externo serão apropriadas para tal, com blindagem em caixa de alumínio fundido com tampa mola e vedação.

Aquelas destinadas a áreas internas serão instaladas em caixas de ligação aparentes em alumínio, instaladas diretamente em parede.

12.15.14. Sistema de Vias Para Cabos e Condutores

12.15.14.1. Sistema de Vias Para Cabos

O projeto do sistema de vias de cabos será executado numa fase inicial do projeto da obra, permitindo, assim, que sejam tomadas as devidas providências, como a inclusão no projeto civil de blackouts, canaletas, eletrodutos embutidos, perfilados embutidos, etc.

Os cabos serão instalados em leitos metálicos, em canaletas, em eletrodutos, em bancos de dutos ou em galerias.

Os leitos para cabos ou bandejas serão utilizados extensivamente em toda Usina, principalmente na casa de força, fixadas em perfilados embutidos nas paredes, teto e no fundo de canaletas.

Os eletrodutos rígidos serão utilizados, em sua maioria, para instalação dos circuitos de iluminação, telefonia e na derivação a partir dos leitos para os equipamentos de controle, instrumentação e na alimentação de motores. Nos casos em que os equipamentos estiverem sujeitos a vibração serão utilizados eletrodutos flexíveis.

As dimensões das canaletas e galerias serão definidas conforme a necessidade, sendo que as mesmas deverão possuir sistema de drenagem.

Os bancos de dutos deverão ser envelopados em concreto, quando em áreas sujeitas a trânsito de veículos, ou areia, utilizando-se eletrodutos rígidos ou flexíveis, respectivamente, adequadamente espaçados, devendo proporcionar a segregação dos circuitos de diferente natureza, o mesmo ocorrendo com as caixas de passagem.

Na sala de controle poderá ser utilizado piso elevado e, neste caso, as vias de cabos deverão ser constituídas de leitos, eletrocalhas ou eletrodutos aparentes.

O sistema de vias de cabos no pátio da subestação será composto de canaletas e eletrodutos, convenientemente distribuídos em toda a área da subestação.

12.15.14.2. Condutores

No dimensionamento da seção dos cabos para iluminação serão considerados queda de tensão máxima, conforme norma NBR-5410, os critérios de capacidade de condução de corrente, de curto circuito e o de coordenação com a proteção.

Para instalação em eletrodutos, serão utilizados cabos com isolamento de 750 V e para instalação em canaletas e leitos 0,6/1 kV.

A seção mínima dos condutores a ser empregada será de 2,5 mm².

12.15.15. Sistema de Aterramento e de Proteção Contra Descargas Atmosféricas

O sistema será concebido de tal modo que atenda, primordialmente, às seguintes finalidades:

- Estabelecer uma ligação entre a terra e as carcaças de equipamentos, cubículos, estruturas metálicas, etc., visando a proteção de pessoas durante a ocorrência de uma falta de fase para terra;
- Possibilitar uma baixa resistência de aterramento para os sistemas elétricos, contribuindo para um melhor desempenho dos relés de terra;
- Propiciar um controle adequado das tensões de passo e de toque, na subestação, durante os curtos-circuitos fase-terra;
- Oferecer proteção contra as descargas diretas de origem atmosférica, seu escoamento e a equalização de potencial, garantindo a integridade das instalações e equipamentos, bem como a segurança pessoal. O SPDA será projetado conforme norma NBR-5419, na sua última revisão.

A fim de superar as dificuldades causadas pela alta resistividade do terreno e atingir as finalidades do sistema de aterramento, o mesmo deverá contar, basicamente, dos seguintes componentes:

- Malhas de aterramento embutidas e de conexão de estruturas e equipamentos na Casa de Força, na Tomada d' Água e no Vertedouro;
- Malha de aterramento da subestação;
- Malha auxiliar (se necessário);
- Condutores de interligação entre malhas.

Além de suportar as correntes de curto-circuito, os cabos deverão ser robustos o bastante para não sofrerem danos, devido a eventuais ações mecânicas que possam ocorrer durante a construção ou durante a vida útil dos mesmos. Deste modo, os cabos das malhas enterradas ou embutidas terão seção mínima de 95 mm².

Os cabos das derivações para aterramento dos equipamentos e estruturas serão dimensionados também para suportarem a corrente de curto-circuito a que ficarão expostos. A seção mínima recomendável para estes cabos, por razões mecânicas, é 35 mm².

Todas as emendas, junções ou conexões inacessíveis (embutidas no concreto ou enterradas) deverão ser feitas, exclusivamente, por soldas exotérmicas.

As conexões acessíveis serão feitas por meio de conectores aparafusados. No percurso exposto dos cabos de aterramento, os mesmos deverão ser presos firmemente às estruturas e/ou equipamentos, por meio de conectores adicionais e/ou braçadeiras, em quantidades adequadas, de acordo com o comprimento do cabo.

12.15.16. Subestação Elevadora

A subestação de 34,5 kV da usina terá configuração de barras simples, conforme mostrado no desenho de arranjo geral incluído no volume de desenhos deste relatório (*Ilustração 84*).

A subestação será constituída de um vão de transformação e um vão de saída de linha de transmissão em 34,5 kV para a subestação da PCH SU-93.

A tensão de transmissão de 34,5 kV é a utilizada pela distribuidora na região, assim como os equipamentos de alta tensão da subestação como transformador elevador, disjuntor, chave seccionadora, transformadores de medição e pára-raios.

A alimentação do transformador será realizada através de cabos isolados de 6,9 kV, provenientes das unidades geradoras passando pelo conjunto de cubículos

Os equipamentos de alta tensão serão de classe de isolamento 36 kV, próprios para instalação ao ar livre, categoria adequada para sistemas de transmissão.

Os disjuntores serão de acionamento tripolar, isolamento interno e câmara de extinção a gás, trifásico montado sobre estrutura metálica.

As chaves seccionadoras serão de abertura vertical, enquanto as com função by-pass serão de abertura horizontal. As chaves seccionadoras de linha adicionalmente serão equipadas com lâmina de aterramento.

Os transformadores de corrente e de potencial serão especificados com núcleos de categoria para proteção, dando cobertura à medição, inclusive faturamento.

As distâncias entre equipamentos no pátio e o dimensionamento das vias internas possibilitam o acesso aos equipamentos e o trânsito de pessoas e veículos para montagem, manutenção e ensaios.

Os sistemas de serviços auxiliares da subestação serão dispostos nos quadros de distribuição QDA-SE e QDC-SE, e serão localizados junto à área de montagem.

A proteção da subestação será disposta no painel de controle e proteção PCP-SE, localizado junto à sala de controle.

Os barramentos e condutores serão dimensionados para operar na potência máxima de transmissão sem atingir o limite térmico, nas condições mais adversas que possam ocorrer, com capacidade para suportar o curto-circuito do Sistema Interligado pelo tempo mais longo de atuação das proteções.

As instalações da subestação, além das obras e estruturas civis, compreenderão estruturas metálicas ou estruturas de concreto pré-formado de suporte dos equipamentos, condutores aéreos do barramento, isoladores de ancoragem, condutores e conectores dos barramentos e elementos anti-corona.

Toda a área da subestação terá instalações de aterramento, iluminação, canaletas e dutos de distribuição de cabos de força e de controle.

A subestação será protegida contra descargas de origem atmosférica e sobretensões por surtos de tensão por um sistema de cabos para-raios e blindagens contra surtos.

As características principais da subestação na fase do projeto básico da usina estão indicadas em seguida.

- Potência nominal do sistema de barras 10 MVA
- Configuração de barra Simples
- Tipo de disjuntor Extinção e isolamento a gás SF6
- Quantidade de disjuntor 1
- Quantidade de seccionadores 3
- Tipo da chave seccionadora de linha Abertura vertical
- Transformadores de corrente 3
- Transformadores de potencial 3
- Para-raios tipo estação 3

12.15.17. Linha de Transmissão

O traçado preliminar da Linha de Transmissão será conforme o mostrado na **Ilustração 85**, onde a inserção da energia gerada no Sistema Elétrico será feita na SE Manobra Sapezal, da Energisa MT, passando pela subestação da PCH SU-93, por meio de uma linha de transmissão em 34,5 kV, circuito simples, com aproximadamente 13 km de extensão.

Os critérios para a definição dos parâmetros da linha de transmissão na fase do projeto deverão ser os utilizados pela distribuidora local, coincidindo com os usuais das linhas de transmissão da Energisa MT para conexão neste nível de potência de geração. Deverão ser contemplados os requisitos indicados em seguida para condições de tempo bom:

- Sistema de proteção adequado ao fluxo de potência;
- Potência máxima transmitida de 10,0 MVA sob fator de potência 0,90, compatível com a potência aparente da usina;
- Garantia de preservação do limite térmico dos condutores e isoladores, mesmo com temperatura ambiente máxima e velocidade de ar mínima;
- Capacidade de suportar o curto circuito do Sistema Interligado pelo tempo regulado de atuação das proteções.

O resumo dos critérios básicos para o projeto da linha de transmissão são os seguintes:

- Comprimento 13 km
- Tensão nominal de isolamento 34,5 kV
- Configuração Trifásica com circuito simples
- Potência máxima transmitida 10 MVA
- Corrente nominal 168 A
- Tipo de condutores aéreos 336,4 MCM

13. INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA DE ABASTECIMENTO

Neste capítulo serão apresentados os principais aspectos referentes à infraestrutura e logística de abastecimento para construção do futuro empreendimento.

13.1. Localização e Principais Acessos ao Sítio

O aproveitamento hidrelétrico deverá ser implantado em área do município de Sapezal, localizado no estado de Mato Grosso.

Para acesso ao local previsto para construção da usina, devem ser percorridos, a partir da cidade de Cuiabá, aproximadamente 620 km (acesso ao sítio pela margem esquerda do rio), transitando-se por rodovias federais e estaduais, além de estradas vicinais de acesso às fazendas da região.

No Item 2.4 deste relatório apresenta-se a localização da área definida para construção da usina e suas principais rotas de acesso.

13.2. Infraestrutura Disponível

As cidades mais próximas ao sítio previsto para implantação da PCH são:

- Sapezal/MT, localizada a cerca de 120 km do sítio, com aproximadamente 26.688 habitantes (2020; estimativa IBGE);
- Campos de Júlio/MT, localizada a cerca de 180 km do sítio, com aproximadamente 7.070 habitantes (2020; estimativa IBGE);
- Campo Novo do Parecis/MT, localizada a cerca de 230 km do sítio, com aproximadamente 36.143 habitantes (2020; estimativa IBGE);
- Comodoro/MT, localizada a cerca de 250 km do sítio, com aproximadamente 21.008 habitantes (2020; estimativa IBGE);
- Brasnorte/MT, localizada a cerca de 340 km do sítio, com aproximadamente 20.140 habitantes (2020; estimativa IBGE);
- Vilhena/RO, localizada a cerca de 370 km do sítio, com aproximadamente 102.211 habitantes (2020; estimativa IBGE).

Dessa forma, pode-se concluir que essas cidades não estão próximas o suficiente da área da futura obra para lhe oferecer algum tipo de apoio direto.

As obras de infraestrutura têm como objetivo principal dar suporte à construção do aproveitamento de acordo com o cronograma estabelecido em projeto. O local de implantação da usina não possui infraestrutura estabelecida, sendo seu acesso local, como já descrito, previsto por caminhos internos das propriedades rurais da região.

No âmbito da obra deverão ser projetados e construídos os acessos aos locais de implantação das estruturas do empreendimento, levando-se em consideração as frentes de serviço, as dependências administrativas e o canteiro de obras.

Em adição, deverá ser prevista a construção do canteiro de obras, com suas instalações administrativas e industriais, tais como almoxarifado, escritórios e central de concreto.

O fato de não se ter infraestrutura pré-estabelecida próxima ao local da futura obra exigirá a construção de alojamentos para mão de obra e para a equipe técnica especializada (engenheiros, consultores, entre outros).

Especial atenção deverá ser dada ao projeto e à construção do ambulatório do canteiro de obras, pois, em caso de necessidade, as distâncias a serem percorridas serão grandes e o tempo poderá não ser suficiente para o socorro de uma eventual vítima.

13.3. Logística para as Obras

A logística é a área da gestão responsável por prover recursos, equipamentos e informações para a execução de todas as atividades de uma obra. Entre as atividades da logística está o transporte, a movimentação de materiais, o armazenamento, a produção de materiais de construção e gerenciamento de informações.

Em termos quantitativos, uma parte dos materiais de construção e de consumo poderá ser adquirida diretamente nos municípios localizados mais próximos ao local da futura obra.

Cabe aqui ressaltar que o local previsto para implantação da usina fica distante de centros urbanos, não sendo seu acesso muito simples, o que deverá exigir um planejamento mais criterioso para a compra de insumos da obra e manutenção do canteiro/alojamentos.

Os principais materiais a serem transportados para a obra são o cimento, os produtos siderúrgicos, tais como chapas, perfis e barras de aço para construção e os diversos equipamentos eletromecânicos da usina.

As alternativas mais próximas para o fornecimento de cimento ao canteiro de obras são fábricas da indústria VOTORANTIM:

(1) **VOTORANTIM**

Nobres/MT
Rodovia BR-163/364, Km 480,5;
Pinhal – CEP: 78.460-000
www.votorantimcimentos.com.br
Fone: (65) 3376-4417
Distante aproximadamente 470 km do sítio da usina;
Marca: ITAÚ
Tipos: CP II-Z 32 e CP IV 32RS
Coordenadas Geográficas: 14°38'27,32" (Sul) e 56°16'41,62" (Oeste).

(2) **VOTORANTIM**

Cuiabá/MT
Rodovia MT-401, Km 14,4 – Zona Rural, Fazenda Bela Vista, Distrito do Aguaçu;
Cuiabá – CEP: 78.018-000
www.votorantimcimentos.com.br
Fone: (65) 3637-6766
Distante aproximadamente 600 km do sítio da usina;
Marca: ITAÚ
Tipos: CP II-Z 32 e CP IV 32RS
Coordenadas Geográficas: 15°20'22,54" (Sul) e 56°08'37,99" (Oeste).

A Figura 13-1 apresenta imagens aéreas das áreas dessas duas fábricas de cimento da empresa Votorantim, obtidas a partir do Google Earth.



Figura 13-1: Fábricas de cimento Votorantim (Nobres e Cuiabá) (Fonte: Google Earth)

Para o suprimento de produtos siderúrgicos, as indústrias mais próximas do local da obra estão a uma distância aproximada de 2.000 km (ARCELORMITTAL Aços Longos – Piracicaba/SP; GERDAU Aços Longos – Divinópolis/MG e SINOBRAS Siderúrgica Norte Brasil S.A. – Marabá/PA).

De forma suplementar, os produtos siderúrgicos poderão ser obtidos a partir dos estados de Minas Gerais, São Paulo e Paraná, indicando, nesses casos, como potencial fornecedor para a obra as indústrias de aços GERDAU, que possui duas lojas no estado do Mato Grosso, uma na cidade de Cuiabá e outra na cidade de Sinop.

O transporte do cimento e dos produtos siderúrgicos deverá ser feito por via rodoviária até o local do aproveitamento, transitando-se por rodovias federais e estaduais pavimentadas e por estradas de acesso às fazendas da região.

Cabe ressaltar que esses acessos internos deverão passar por substanciais reformas, para oferecerem condições adequadas ao tipo do tráfego que será exigido durante a execução da obra.

Os equipamentos eletromecânicos poderão ser adquiridos a partir do parque industrial de São Paulo, Santa Catarina ou Paraná, e serão transportados por via terrestre.

A implantação das obras da PCH, tomando-se por base as informações disponíveis, os dados de projeto, os materiais de construção e os estudos de planejamento desenvolvidos, requer recursos convencionais, tanto dos equipamentos quanto de mão-de-obra para o desenvolvimento dos trabalhos das obras civis, e de fácil mobilização.

Quanto à rocha para produção de agregados de concreto, os ensaios realizados durante a execução das investigações geológico-geotécnicas no sítio do aproveitamento indicaram que o produto das escavações obrigatórias será inadequado para implantação das estruturas. De forma alternativa, deverá ser prevista a utilização de pedreiras comerciais e/ou de jazidas a serem oportunamente mapeadas e exploradas.

A areia natural, necessária para complementar o traço de concreto, poderá ser adquirida direto da cidade de Campo Novo do Parecis. Em caso de insuficiência no fornecimento, as cidades São José do Rio Claro e Brasnorte devem ser consideradas.

Onde possível e a critério do empreiteiro, desde que previamente aprovado pela empresa responsável pelo Projeto Executivo, poderão ser utilizadas peças em concreto pré-moldado.

A energia elétrica utilizada para a construção das obras será obtida por meio de geradores portáteis movidos a óleo diesel e ou por meio de suprimento do sistema elétrico de baixa tensão (13,8 kV) existente na região.

A água necessária para abastecimento dos canteiros será proveniente de poços profundos. Caso sejam necessárias, serão previstas estações de tratamento de água (ETA) compactas para tratamento da água não industrial.

Especial atenção será dada à coleta e ao tratamento das águas servidas, visando impedir a poluição do rio Sauê-Uiná por dejetos industriais ou residenciais.

As estradas de serviço serão encascalhadas e regadas periodicamente, impedindo, deste modo, a formação prejudicial de nuvens de poeira causada pelo tráfego.

Com base no volume de trabalho necessário à implantação das obras e na experiência em obras anteriores, estima-se que o número de trabalhadores envolvidos na construção será da ordem de 250 pessoas no período máximo e 50 pessoas no período mínimo.

13.4. Canteiros e Acampamentos

Em princípio, canteiros de obras e alojamentos para construção de empreendimentos do porte de usinas hidrelétricas deverão ser construídos próximos à área de maior concentração de obras e com topografia a menos acidentada possível.

No caso específico da PCH em estudo, o canteiro de obras deverá ser construído próximo à área definida para implantação do circuito de geração, na margem esquerda do rio.

A **Ilustração 27** apresenta a disposição geral de parte das obras da usina com a localização do canteiro de obras principal e seus alojamentos.

O canteiro será implantado em área do município de Sapezal, na margem esquerda do rio Sauê-Uiná, e será formado pelas seguintes unidades principais, agrupadas em conjuntos separados de edificações. Cumpre aqui informar que a numeração entre parênteses se refere à identificação da edificação na **Ilustração 27**.

- Escritório de serviços gerais (administração) – edificação em madeira destinada aos serviços de recursos humanos, recrutamento, segurança do trabalho e transporte (12);
- Ambulatório médico – prédio em madeira/alvenaria (13);
- Refeitório central/cozinha industrial – ambos instalados em uma mesma edificação (14);
- Alojamentos/sanitários – blocos de alojamentos construídos em madeira, em formato retangular com sanitários coletivos posicionados entre os blocos de alojamento (16), (17) e (18);
- Lavanderia – área coberta, localizada próximo aos alojamentos, dotada de tanques e, eventualmente, máquinas, para lavagem de roupas de uso pessoal ou de serviço, dos funcionários alojados (19);
- Sistema compacto de filtros para tratamento de água – destinado ao tratamento de água dos canteiros, para utilização humana nos escritórios, alojamentos, sanitários e refeitórios (33);
- Captação e reservatório de água bruta – sistemas dotados de flutuantes, bombas d’água e redes. Destinam-se à captação de água de poços subterrâneos para abastecimento de reservatório elevado, para utilização doméstica e industrial nos serviços de corte, produção e cura do concreto, lavagem de equipamentos, materiais (33);
- Balança rodoviária – balança com guarita de controle, destinada a aferição de pesos dos materiais e insumos a serem utilizados na construção, tais como: cimento, aço, equipamentos etc., locada em área terraplenada com drenagem superficial (09);
- Portaria – guarita localizada próxima aos acessos das áreas de construção, com vigilância para controle de acesso de pessoas e veículos aos canteiros de obra, bem como controle de entrada e saída de materiais (01);
- Oficina mecânica – composta de oficina destinada à manutenção dos equipamentos leves e pesados, funilaria, reparos e pintura, instalações elétricas de equipamentos e fabricação dos embutidos metálicos do concreto de primeiro estágio, e de galpão coberto, construído em estrutura metálica, onde serão instaladas as máquinas e acessórios tais como: furadeira de coluna e radial, tornos mecânicos, plaina, serra hidráulica, prensas, calandra, talhas, máquinas de solda elétrica, máquina de dobrar tubos, e ferramentaria (24);
- Almoxarifado/compras – instalado sob a cobertura em estrutura metálica e ou alvenaria/madeira, para abrigar escritórios de compra/romaneio e estocagem de materiais, peças e insumos (26);

- Borracharia/lubrificação/lavador – composta de oficina destinada a reparos, montagem e manutenção de pneus, lubrificação e lavagem dos equipamentos e veículos leves e pesados em serviço no canteiro de obra, e de galpão coberto, construído em estrutura metálica, onde serão instaladas as máquinas e acessórios tais como: máquina de montar pneus, compressores, calibradores e depósito de pneus. A rampa de lubrificação e lavagem não terá cobertura (23) e (30);
- Central de armação – composta de oficina destinada ao corte, dobra, emendas, pré-armação e identificação das barras de aço estruturais que serão incorporadas às estruturas de concreto, e de galpão coberto, construído em estrutura metálica, onde serão instaladas as máquinas e acessórios tais como: baias para estocagem de barras de aço, mesas para corte de barras e máquinas de dobrar, máquina para solda de topo, máquinas de soldas convencionais. Poderá ser provida de guindaste para apoio conjunto à central de carpintaria e ao pátio de pré-moldados (28);
- Central de carpintaria – composta de oficina, destinada à confecção e preparo de formas de madeira/metálica para moldagem das geometrias finais das estruturas de concreto, e de galpão coberto para instalação das máquinas e acessórios tradicionalmente utilizados para os trabalhos de carpintaria, tais como serra de fita/circular, desengrosso, plaina, lixadeiras, furadeiras, tupia, bancada, prancheta, para pré-montagem de formas. Poderá ser provida de guindaste para apoio conjunto à central de armação e ao pátio de pré-moldados (27);
- Escritórios de campo (produção) – edificações em madeira ou containers metálicos, destinadas ao pessoal de gerenciamento das frentes de serviços (12);
- Laboratório de concreto e solos – edificação coberta destinada à realização de ensaios de traços de concreto e solos, equipado com os seguintes equipamentos: betoneira portátil, prensas hidráulicas para rompimento de corpo de prova de concreto e barras de aço, balança para dosagem de agregados graúdos e miúdos, câmara úmida para cura de corpo de prova, baias para estocagem de pequenos volumes de areia, brita e cimento (08);
- Central de concreto – instalações industriais, posicionadas em áreas descobertas, destinada à fabricação de concreto nos traços previamente ensaiados em laboratórios, composta dos seguintes componentes: sala de controle, silos de cimento e aditivos, dosadora de agregados graúdos e miúdos com balança (areia, britas e cimento), misturadores com descargas automáticas para caminhões betoneiras e/ou “dumpcrete” (05);
- Central de ar comprimido – galpão coberto, com piso cimentado, fechada lateralmente com venezianas de madeira, destinado ao abrigo dos compressores de ar comprimido fixos, de grande capacidade, para abastecimento de centrais, oficinas e de frentes de serviços dotadas de equipamentos pneumáticos (24).

De forma complementar, o canteiro de obras ainda contém as seguintes instalações: estacionamento (31), posto de abastecimento (11), tanque de combustíveis (22), banheiros industriais (29), subestação (20), grupos geradores (21), elétrica/bombeamento/embutidos/oficina industrial (25), depósito de resíduos (10), estoque de brita (06), estoque de areia (07), torre de telecomunicações (02), depósito de cimento (03) e (04), estação compacta de tratamento de esgotos (32) e centro de convivência (15).

14. CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO

A PCH SU-75 deverá ser construída em 22 meses, com os seguintes marcos principais:

- Início efetivo das obras abril do Ano 01
- Desvio do rio abril do Ano 02
- Início do enchimento do reservatório dezembro do Ano 02
- Entrada em operação comercial da 1ª unidade janeiro do Ano 02
- Entrada em operação comercial da 2ª unidade fevereiro do Ano 03

A **Ilustração 86** apresenta, de forma sucinta, o cronograma das principais atividades a serem desenvolvidas.

De posse do cronograma físico-financeiro, com os respectivos desembolsos mensais, foram estimados os juros durante a construção (JDC) do aproveitamento, que valeram **8,77%**, inseridos no Orçamento Padrão Eletrobrás – OPE.

As figuras seguintes apresentam os histogramas de consumo de concreto, escavações obrigatórias e de aterro para a execução do empreendimento.

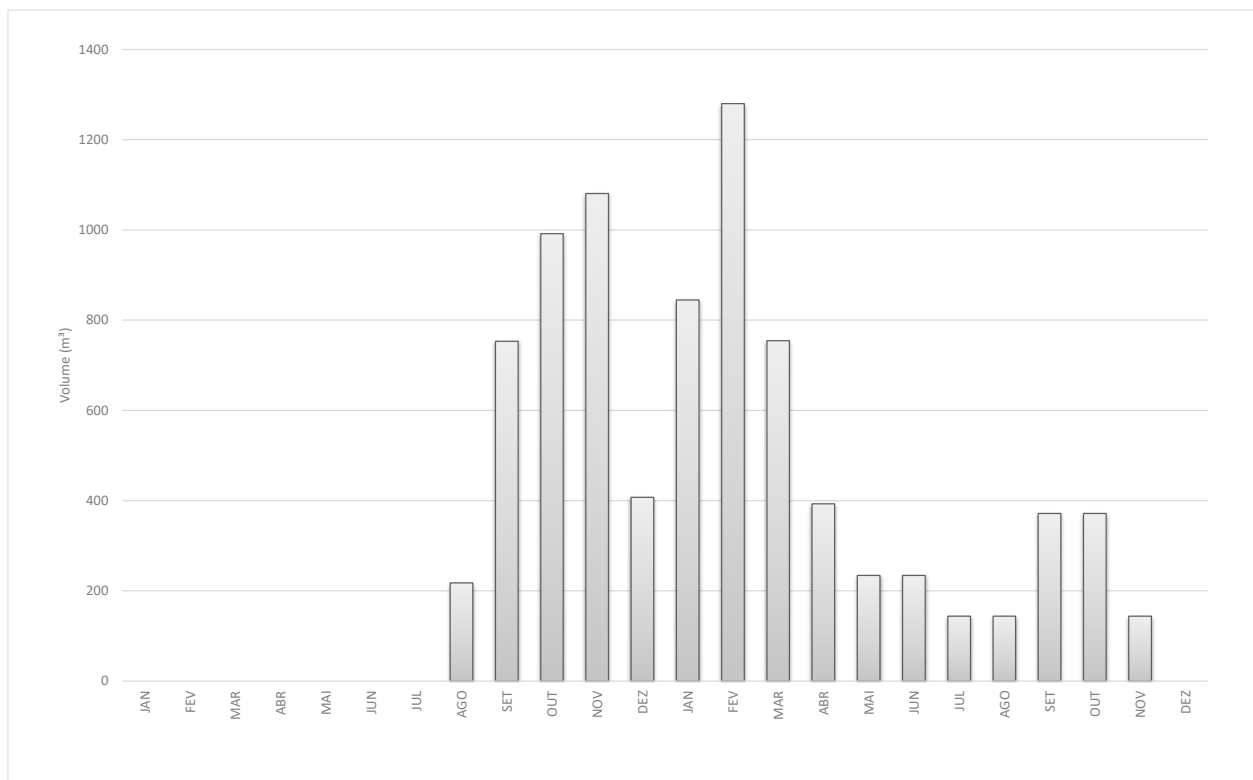


Figura 14-1: Histograma de consumo de concreto estrutural

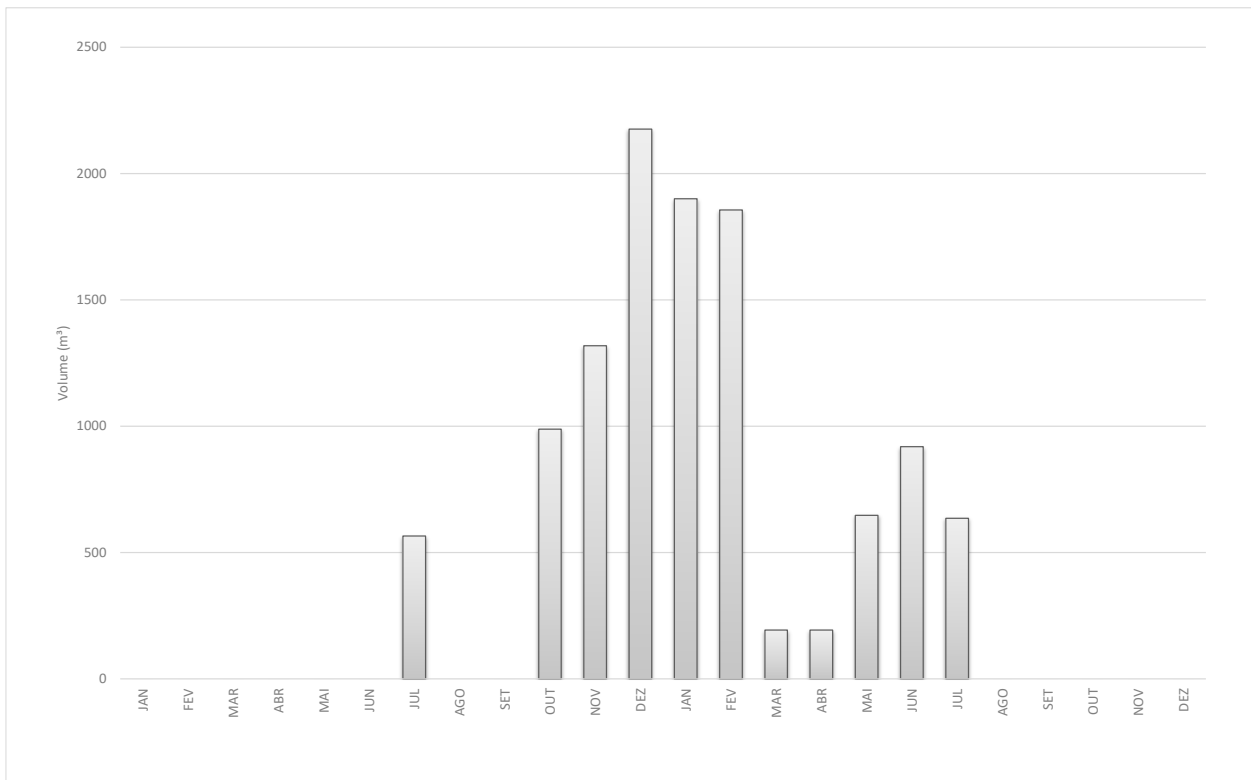


Figura 14-2: Histograma de consumo de concreto massa

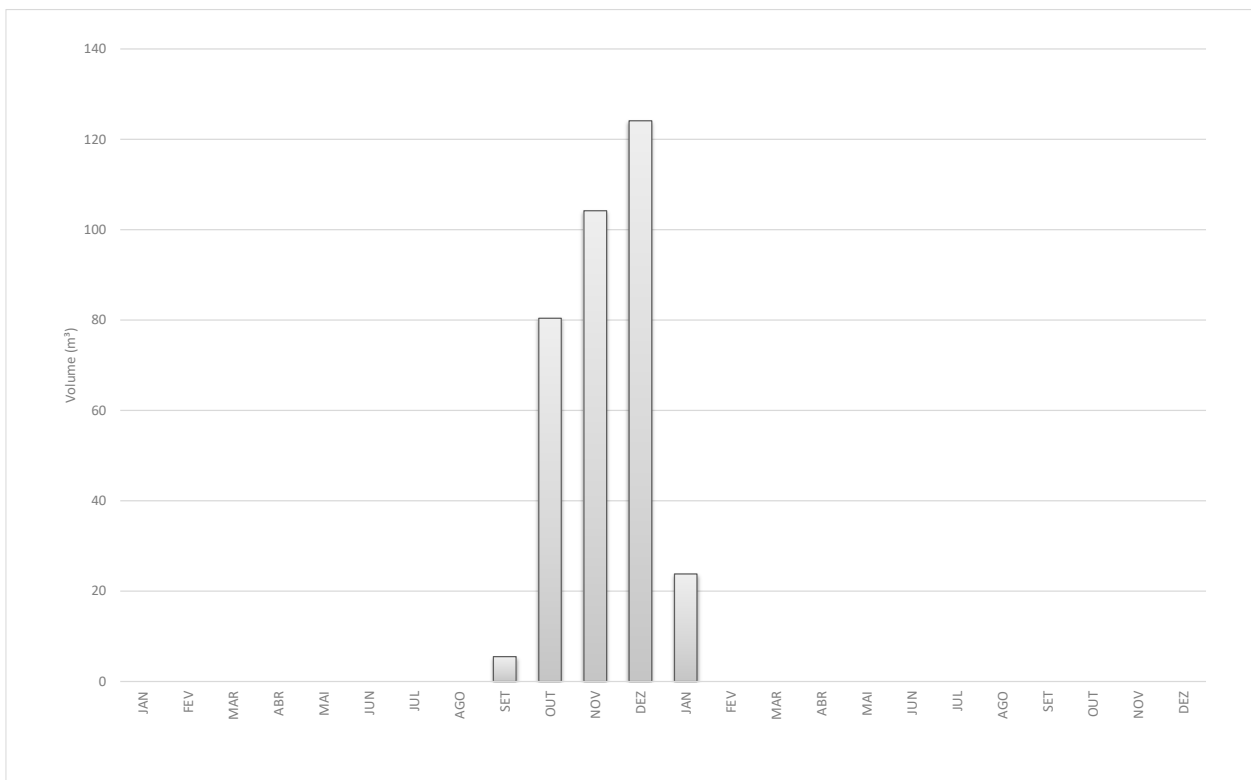


Figura 14-3: Histograma de consumo de concreto projetado

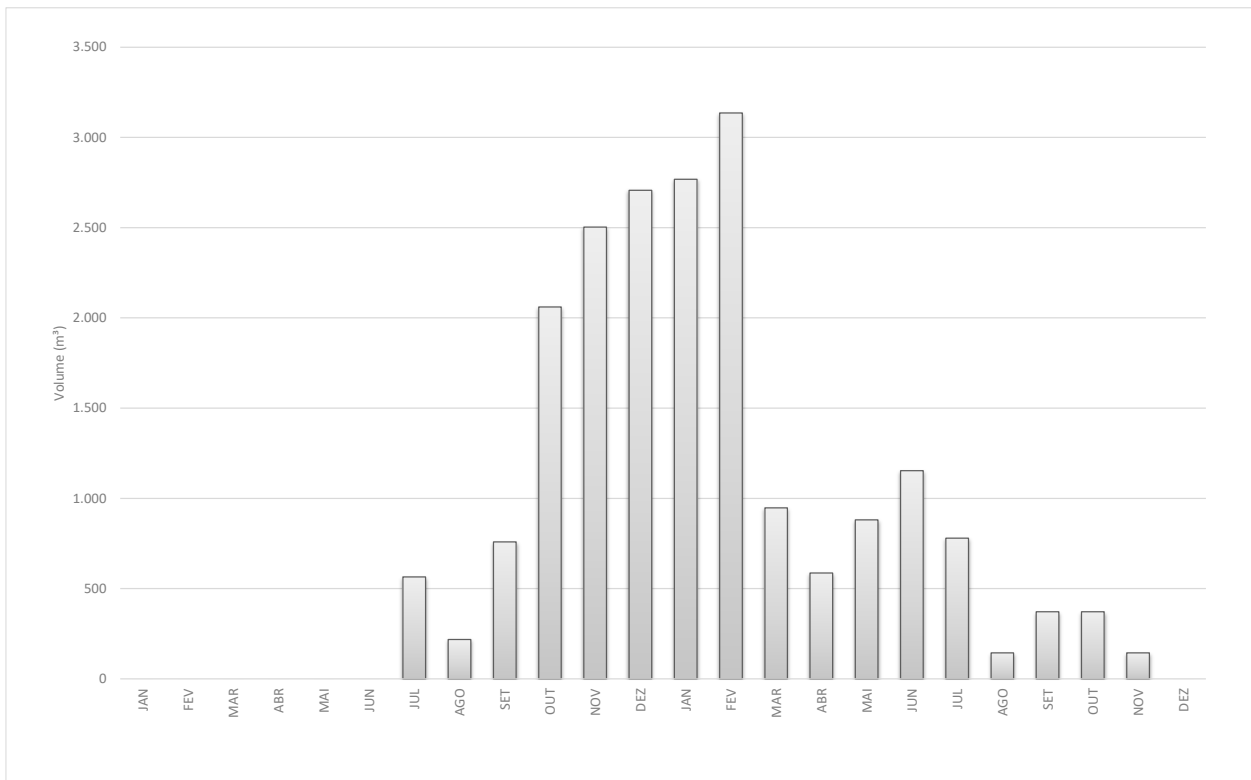


Figura 14-4: Histograma de consumo de concreto (total)

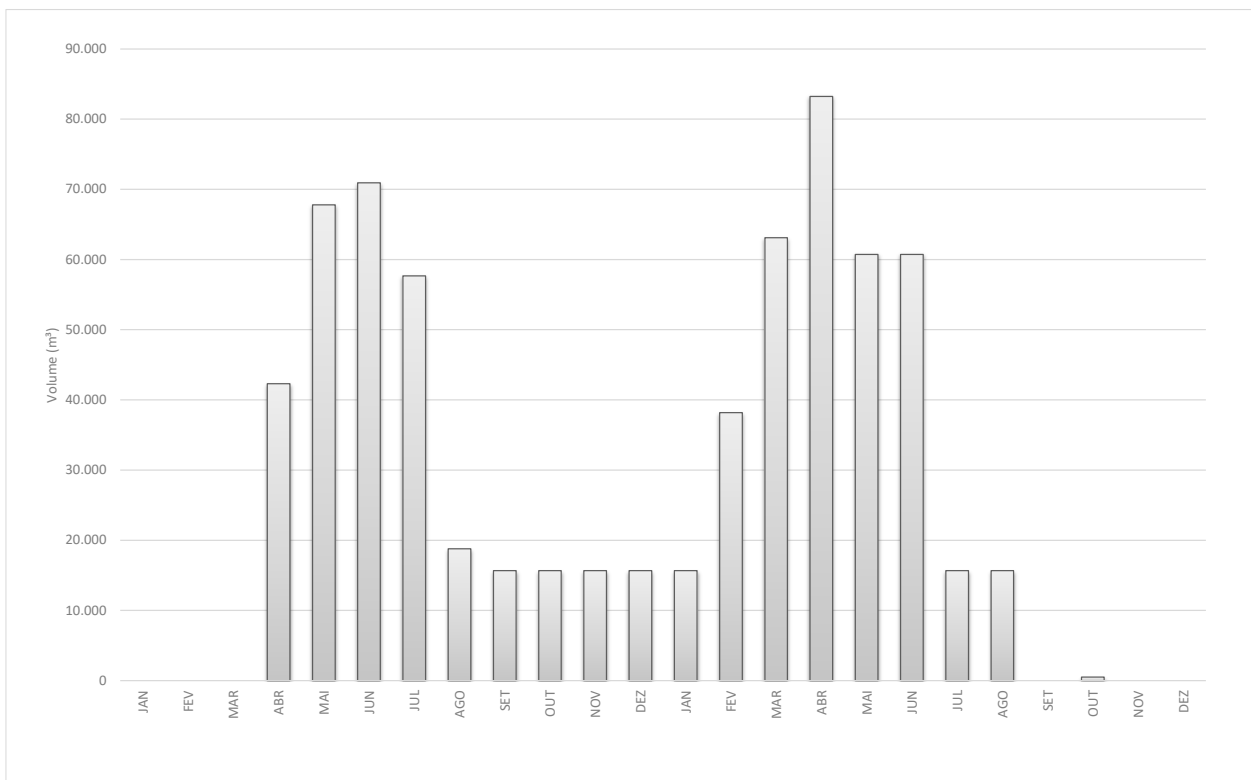


Figura 14-5: Histograma de escavação comum

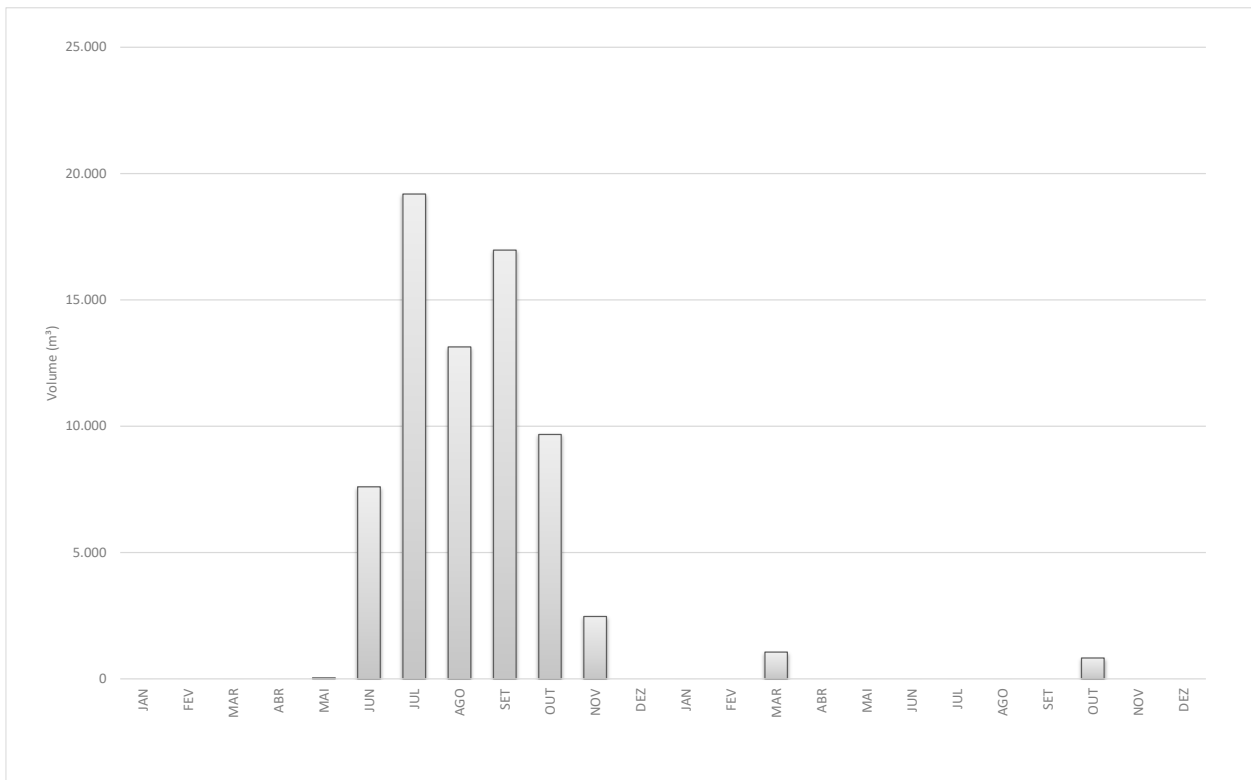


Figura 14-6: Histograma de escavação em rocha a céu aberto

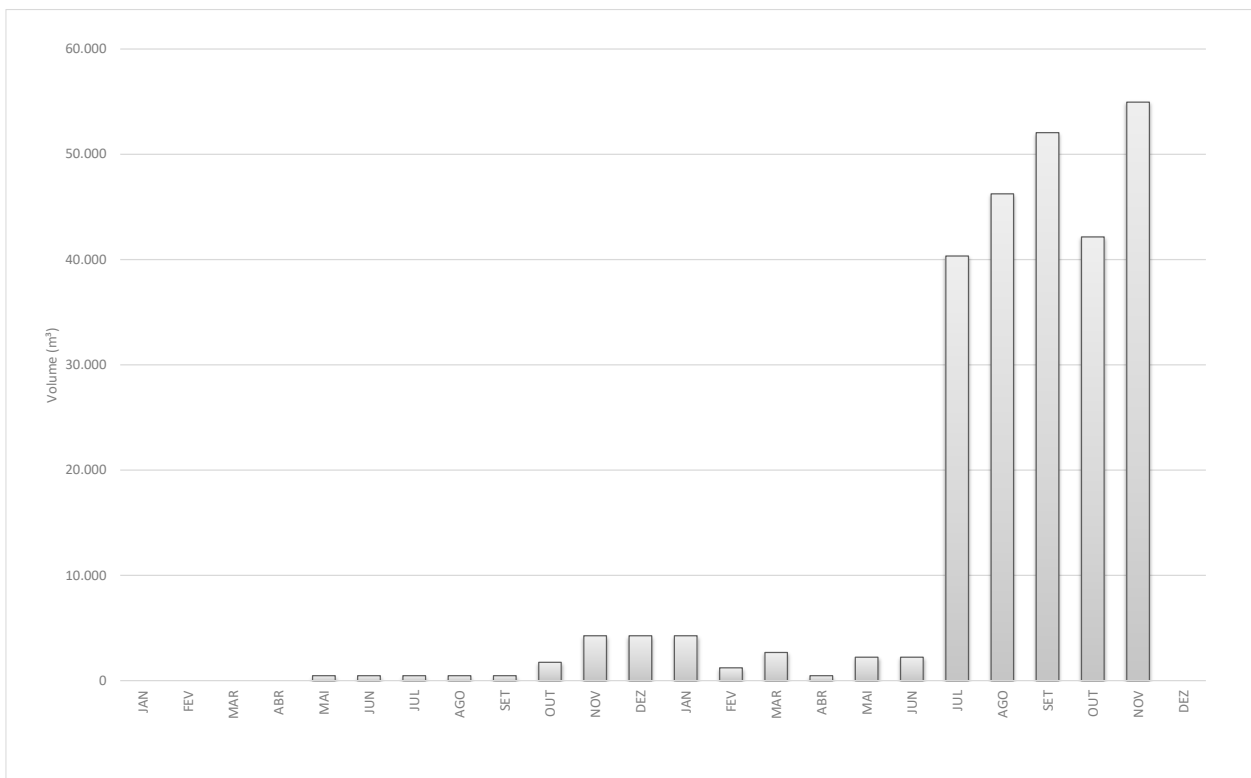


Figura 14-7: Histograma de aterro

15. ORÇAMENTO PADRÃO ELETROBRÁS

O custo de implantação da PCH SU-75 foi determinado com a aplicação de preços unitários de materiais, serviços e equipamentos necessários à implantação do aproveitamento, de acordo com o Plano de Contas dos Orçamentos Padrão ELETROBRÁS.

Os preços unitários de obras civis, custos de equipamentos, custos indiretos e eventuais tiveram seus critérios apresentados no Capítulo 8.

Os Juros Durante a Construção foram estimados a partir do cronograma de desembolsos previstos para a construção do empreendimento, considerando-se o período de 21 meses para o início da geração comercial.

A Tabela 15-1 apresenta o resumo das quantidades de obras civis levantadas para a composição do orçamento final do empreendimento.

Tabela 15-1: Resumo das quantidades (obras civis)

Item	Quantidade	Un.
Concreto estrutural + Concreto massa	20.093	m³
Cimento	5.781	t
Concreto sem cimento (estrutural)	8.365	m ³
Concreto massa	11.390	m ³
Concreto projetado	338	
Armadura	546	t
Escavação	743.455	
Comum	673.565	m ³
Em rocha a céu aberto	69.890	m ³
Aterro	212.505	m³

Para a implantação do aproveitamento será necessário um volume de concreto total da ordem de 20.000 m³, com uma relação de aproximadamente 2.500 m³/MW instalado, considerada elevada para o porte do empreendimento.

No entanto, destaca-se que o volume de concreto convencional, com custo mais elevado, será de aproximadamente 8.400 m³ (40% do volume total), concentrados nas obras do circuito de adução. O volume de concreto massa, da ordem de 11.400 m³ estará concentrado na barragem de concreto, vertedouro e muros de ligação.

Os volumes de escavação em solo se mostraram elevados, mais representativos na barragem (35% do volume total) e no canal de adução (40% do volume total).

Já os volumes de escavação em rocha foram de pequena monta, uma vez que as cotas das fundações se mostraram muito profundas.

Por fim, o volume de aterros também foi elevado, proporcional ao tamanho da barragem.

A Tabela 15-2 apresenta o resumo do OPE gerado para a PCH SU-75, contendo os custos de todas as contas envolvidas, formando o custo direto, os custos indiretos, os juros durante a construção e o custo total da obra.

Consideraram-se também os custos das obras da subestação e linha de transmissão.

Tabela 15-2: OPE – Resumo das Contas

Conta	Valor (R\$ $\times 10^3$)	Valor (US\$ $\times 10^3$)	% do Custo Direto	% do Custo Total
.10	15.307,26	2.943,70	16,44%	12,51%
.11	7.658,46	1.472,78	8,22%	6,26%
.12	50.092,58	9.633,19	53,80%	40,95%
.13	12.510,02	2.405,77	13,43%	10,23%
.14	4.286,77	824,38	4,60%	3,50%
.15	3.260,95	627,11	3,50%	2,67%
.16				
Custo Direto	93.116,04	17.906,93	100,00%	76,13%
Custos Indiretos	11.200,71	2.153,98	12,03%	9,16%
Custo Total sem Juros (Usina)	104.316,75	20.060,91		85,29%
Subestação + Conexão	8.136,55	1.564,72		6,65%
Custo Total sem Juros (sem SE e LT)	112.453,30	21.625,63		91,94%
JDC	9.861,00	1.896,35		8,06%
Custo Total da Usina	122.314,30	23.521,98		

Os custos também podem ser divididos da seguinte forma:

Obras Civas:	52.364,06	42,81%
Equipamentos Eletromecânicos:	25.444,72	20,80%
Meio Ambiente:	15.307,26	12,51%
Outros Custos:		
Custo Direto Total:	93.116,04	76,13%
Custos Indiretos:	11.200,71	9,16%
Custo Total sem JDC (Usina):	104.316,75	85,29%
Sistema de Transmissão Associado:	8.136,55	6,65%
Custo Total sem JDC (Usina + SE + Conexão):	112.453,30	91,94%
Juros Durante a Construção – JDC:	9.861,00	8,06%
Custo Total com JDC e Sistema de Transmissão:	122.314,30	

O Orçamento Padrão ELETROBRÁS (OPE) da PCH SU-75 é apresentado no Capítulo 20 deste relatório.

16. AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA DO EMPREENDIMENTO

A inclusão na matriz energética nacional da PCH SU-75, como fonte de geração de energia limpa, vem ao encontro das demandas por energia, atendendo, por consequência, aos requisitos básicos para a sustentação dos processos de crescimento e modernização da produção na região.

O arranjo geral do aproveitamento e as estruturas que o compõem correspondem a soluções convencionais de engenharia civil, empregadas em obras desta natureza no Brasil. Da mesma forma, os equipamentos eletromecânicos projetados possuem características amplamente dominadas na fabricação, transporte, operação e manutenção em nosso território.

O custo estimado para a implantação do aproveitamento, incluindo os juros durante a construção, foi de R\$ 122.314.300,00 (cento e vinte e dois milhões, trezentos e quatorze mil, trezentos reais), referenciados a junho de 2021. Esses custos incluem as obras da Usina, Subestação e Linha de Transmissão.

A avaliação econômica do empreendimento pode ser resumida da seguinte forma:

- Custo total da Usina, sem juros durante a construçãoR\$ 104.316.750,00
- Custo do Sistema de Transmissão (SE + LT)R\$ 8.136.750,00
- Custo total da Usina + SE + LT, sem juros durante a construçãoR\$ 112.453.300,00
- Custo total com JDC.....R\$ 122.314.300,00
- Garantia Física Estimada 6,37 MW médios
- Custo de Operação e Manutenção (O&M) R\$ 1.135.300,00/ano
- Custo Total (com O&M)R\$ 133.016.640,00
- Taxa de Juros 10% ao ano
- Período da exploração comercial (contratos)..... 30 anos
- Custo Total Anual.....R\$ 14.110.300,00
- Índice Custo/Benefício (ICB) R\$ 252,87/MWh
- Custo Índice (potência instalada)..... R\$ 15.100/kW instalado
- Custo Índice (energia produzida).....R\$ 19.202/kW médio

O custo para implantação do empreendimento, que tem uma expectativa de Garantia Física estimada em 6,37 MW médios (5,82 MW médios na casa de força principal e 0,55 MW médios na casa de força complementar), proporcionada pelos 8,10 MW instalados (7,50 MW na casa de força principal e 0,60 MW na casa de força complementar), resultou num índice de mérito de 253 R\$/MWh e custo de instalação de 15.100 R\$/kW.

Tendo como cenário atual tarifas no ACR para empreendimentos hidrelétricos de pequeno porte, verifica-se que a PCH SU-75 necessitará de condições especiais para sua viabilização.

Dentre as ações a serem tomadas para a viabilização do projeto, recomenda-se que sejam realizados estudos adicionais para a avaliação de arranjos com menores obras civis.

Adicionalmente, recomenda-se que sejam iniciadas as tratativas com fornecedores de equipamentos, objetivando a customização das soluções, considerando a construção do complexo com 4 usinas de mesmo porte: SU-118 (8,50 MW), SU-104 (6,70 MW), SU-93 (9,15 MW) e SU-75 (8,10 MW), totalizando 32,45 MW, com similaridade em alguns equipamentos.

Recomenda-se também o aprofundamento das campanhas de investigações geológico-geotécnicas, para subsidiar os estudos de otimização do arranjo, em conjunto com empreiteira civil, visando à simplificação da logística para as obras e dos custos unitários dos insumos.

Por fim, recomenda-se a realização de estudos junto à concessionária de energia, visando à definição e, se possível, simplificação do sistema de conexão para o complexo.

17. FICHA TÉCNICA PADRÃO ANEEL

Em anexo apresenta-se a ficha resumo da PCH, no padrão ANEEL.

18. PARTICIPANTES DOS ESTUDOS

PROJETO DE ENGENHARIA

Engº Rodrigo Gomes Otsuki	Coordenação, Responsável Técnico Geral, Estudos Hidrometeorológicos, Estudos Hidráulicos, Arranjos, Planejamento, Custos e Orçamentos
Engº Danilo Jorge Santos	Responsável Técnico Geral, Gerente de Contrato, Estudos Energéticos, Dimensionamentos Eletromecânicos e Orçamentos
Engº Edson Benjamim Barbosa Filho	Responsável Técnico Geral, Estudos Geotécnicos, Dimensionamentos, Arranjos, Custos e Orçamentos
Engº Luciano Jorge Santos	Responsável Técnico Geral, Estudos Hidráulicos, Dimensionamentos e Arranjos
Engº Celso Rubens Vareta	Estudos Hidráulicos, Geotécnicos, Planejamento, Arranjos e Custos
Engº Joaquim Roriz da Silva	Estudos Hidrometeorológicos
Geól. Paulo Guimarães	Estudos Geológicos
Engª Flávia Naves Lins	Mecânica e Utilidades
Engº Bruno Resende de Araújo	Estudos Elétricos e de Interligação
Engº Shinichi Ono	Estudos Geotécnicos
Engº Felipe Marçal Barbosa de Melo Gois	Estudos Geológicos e Geotécnicos
Engº Victor Ulysses Sousa Oliveira	Planejamento, Arranjos e Orçamentos
Engº Fernando Marçal Vieira Filho	Coordenação, Dimensionamentos, Arranjos, Custos e Orçamentos
Marina Crema	Coordenação técnica, Orçamentos, Qualidade
Proj. Eduardo Henrique Araújo Cavalcante	Arranjos
Proj. Rodrigo César de Oliveira Santos	Desenhos de Estruturas
Proj. Nayguel Andrys	Desenhos
Proj. Iata Anderson Paes de Almeida	Desenhos
Proj. Gevanildo Peixoto	Desenhos

Proj. Marcos Sirley Cardoso	Desenhos
Proj. Rudson Santos	Desenhos
LEVANTAMENTOS DE CAMPO	
SAI – Serviço Aéreos Industriais	Levantamentos cartográficos (perfilamento laser)
TOPOGEO Topografia e Geomática Ltda.	Levantamentos topográficos
NACON Sondagens	Investigações Geológico-Geotécnicas
HYDROCONSULT Hidrometria Comércio e Serviços Ltda.	Levantamentos Hidrométricos

19. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Os seguintes desenhos complementam este memorial descritivo:

Ilustração e Descrição	Número
1. Mapa de Localização e Acessos	PR265/20-DE-40021
2. Rio Sauê-Uiná – Divisão de Queda	PR265/20-DE-40022
3. Rio Sauê-Uiná – Perfil de Linha d'Água	PR265/20-DE-40023
4. Bacia Hidrográfica do Rio Sauê-Uiná	PR265/20-DE-40024
5. Localização dos Postos Fluviométricos	PR265/20-DE-40025
6. Mapa de Isoietas	PR265/20-DE-40026
7. Características Climatológicas	PR265/20-DE-40027
8. Características do Escoamento Fluvial	PR265/20-DE-40028
9. Mapa Geológico Regional	PR265/20-DE-40029
10. Mapa Geomorfológico Regional	PR265/20-DE-40030
11. Levantamento Planialtimétrico – Fl. 1/4	PR265/20-DE-40031
12. Levantamento Planialtimétrico – Fl. 2/4	PR265/20-DE-40032
13. Levantamento Planialtimétrico – Fl. 3/4	PR265/20-DE-40033
14. Levantamento Planialtimétrico – Fl. 4/4	PR265/20-DE-40034
15. Localização das Seções Topobatimétricas	PR265/20-DE-40035
16. Seção Topobatimétrica STB-03	PR265/20-DE-40036
17. Seção Topobatimétrica STB-17	PR265/20-DE-40037
18. Seção Topobatimétrica STB-18	PR265/20-DE-40038
19. Seção Topobatimétrica STB-19	PR265/20-DE-40039
20. Arranjo Geral – Planta	PR265/20-DE-40045
21. Arranjo Geral – Dique – Detalhes – Fl. 1/3	PR265/20-DE-40046
22. Arranjo Geral – Barramento – Detalhes – Fl. 2/3	PR265/20-DE-40047
23. Arranjo Geral – Circuito de Geração – Detalhes – Fl. 3/3	PR265/20-DE-40048
24. Elementos Geométricos para Locação das Estruturas – Planta – Fl. 1/2	PR265/20-DE-40049
25. Elementos Geométricos para Locação das Estruturas – Planta – Fl. 2/2	PR265/20-DE-40050
26. Sequência Construtiva das Obras Cíveis – Planta	PR265/20-DE-40051
27. Obras de Infraestrutura – Planta	PR265/20-DE-40052
28. Reservatório – Planta e Curvas Características	PR265/20-DE-40053
29. Localização das Seções – Estudo de Remanso – Planta Fl. 1/2	PR265/20-DE-40106
30. Localização das Seções – Estudo de Remanso – Planta Fl. 2/2	PR265/20-DE-40111
31. Seções para Estudo de Remanso – Fl. 1/4	PR265/20-DE-40107
32. Seções para Estudo de Remanso – Fl. 2/4	PR265/20-DE-40108
33. Seções para Estudo de Remanso – Fl. 3/4	PR265/20-DE-40109
34. Seções para Estudo de Remanso – Fl. 4/4	PR265/20-DE-40110

Ilustração e Descrição	Número
35. Localização das Investigações Geológico-Geotécnicas	PR265/20-DE-40054
36. Sondagens – Mini-Logs – Fl. 1/2	PR265/20-DE-40055
37. Sondagens – Mini-Logs – Fl. 2/2	PR265/20-DE-40056
38. Seção Geológico-Geotécnica – Eixo do Barramento	PR265/20-DE-40057
39. Seção Geológico-Geotécnica – Canal de Adução	PR265/20-DE-40058
40. Seção Geológico-Geotécnica – Circuito de Geração	PR265/20-DE-40059
41. Áreas de Bota-Fora – Planta	PR265/20-DE-40060
42. Seção Longitudinal pelo Eixo do Barramento	PR265/20-DE-40061
43. Escavação das Estruturas – Barramento – Planta – Fl. 1/2	PR265/20-DE-40062
44. Escavação das Estruturas – Circuito de Geração – Planta – Fl. 2/2	PR265/20-DE-40063
45. Escavação das Estruturas – Seções – Fl. 1/2	PR265/20-DE-40064
46. Escavação das Estruturas – Seções – Fl. 2/2	PR265/20-DE-40065
47. Barragem de Terra e Dique – Seção Típica	PR265/20-DE-40066
48. Canal de Adução – Seções Típicas	PR265/20-DE-40067
49. Desvio do Rio – 2ª Fase – Planta e Seção Típica da Ensecadeira	PR265/20-DE-40068
50. Estruturas do Barramento – Planta e Cortes	PR265/20-DE-40069
51. Desvio do Rio e Casa de Força Complementar – Plantas e Cortes	PR265/20-DE-40070
52. Desvio do Rio – Modelo Tridimensional	PR265/20-DE-40071
53. Estrutura de Controle – Plantas e Cortes	PR265/20-DE-40072
54. Estrutura de Controle – Modelo Tridimensional	PR265/20-DE-40073
55. Câmara de Carga – Planta e Cortes	PR265/20-DE-40074
56. Câmara de Carga – Modelo Tridimensional	PR265/20-DE-40075
57. Tomada d'Água – Plantas e Cortes	PR265/20-DE-40076
58. Tomada d'Água – Modelo Tridimensional	PR265/20-DE-40077
59. Circuito de Geração – Planta	PR265/20-DE-40078
60. Circuito de Geração – Corte	PR265/20-DE-40079
61. Circuito de Geração – Modelo Tridimensional	PR265/20-DE-40080
62. Circuito de Geração – Casa de Força – Cobertura	PR265/20-DE-40081
63. Circuito de Geração – Casa de Força – Planta El. 265,30 m	PR265/20-DE-40082
64. Circuito de Geração – Casa de Força – Planta El. 269,00 m	PR265/20-DE-40083
65. Circuito de Geração – Casa de Força – Planta El. 272,30 m	PR265/20-DE-40084
66. Circuito de Geração – Casa de Força – Corte A	PR265/20-DE-40085
67. Circuito de Geração – Casa de Força – Corte B	PR265/20-DE-40086
68. Circuito de Geração – Casa de Força – Corte C	PR265/20-DE-40087
69. Circuito de Geração – Casa de Força – Corte D	PR265/20-DE-40088
70. Circuito de Geração – Casa de Força – Corte E	PR265/20-DE-40089
71. Circuito de Geração – Casa de Força – Modelo Tridimensional	PR265/20-DE-40090

Ilustração e Descrição	Número
72. Casa de Força – Arranjo Eletromecânico – Planta El. 269,00 m	PR265/20-DE-40091
73. Casa de Força – Arranjo Eletromecânico – Planta El. 272,30 m	PR265/20-DE-40092
74. Casa de Força – Arranjo Eletromecânico – Seção Longitudinal	PR265/20-DE-40093
75. Sistema de Drenagem – Fluxograma	PR265/20-DE-40094
76. Sistema de Água de Resfriamento e de Serviço – Fluxograma	PR265/20-DE-40095
77. Sistema de Esvaziamento e Enchimento – Fluxograma	PR265/20-DE-40096
78. Sistema de Ar Comprimido de Serviço – Fluxograma	PR265/20-DE-40097
79. Sistema de Medições Hidráulicas – Fluxograma	PR265/20-DE-40098
80. Sistema Elétrico – Sistema de Proteção e Medição – Diagrama Unifilar	PR265/20-DE-40099
81. Sistema Elétrico – Serviços Auxiliares de CA – Diagrama Unifilar	PR265/20-DE-40100
82. Sistema Elétrico – Serviços Auxiliares de CC – Diagrama Unifilar	PR265/20-DE-40101
83. Sistema Elétrico – Sistema Digital de Supervisão e Controle – Arquitetura Geral Simplificada	PR265/20-DE-40102
84. Sistema Elétrico – Subestação Elevadora 34,5 kV – Arranjo Geral – Planta e Corte	PR265/20-DE-40103
85. Sistema Elétrico – Mapa Eletrogeográfico e Diagrama Unifilar Simplificado	PR265/20-DE-40104
86. Cronograma Físico Financeiro	PR265/20-DE-40105

20. ANEXOS

Em anexo encontram-se os seguintes documentos:

- Orçamento Padrão Eletrobrás – OPE;
- Orçamento dos sistemas elétricos;
- Planilhas de perdas de cargas no circuito de adução.

SAPEZAL ENERGIA LTDA.

PCH SU-93
RIO SAUÊ-UINÁ – MATO GROSSO
PCH.PH.MT.046747-2.01

PROJETO BÁSICO
VOLUME 1 – MEMORIAL DESCRITIVO

ELABORADO POR:

P R I M E
p r o j e t o s

PRIME PROJETOS E CONSULTORIA LTDA.

RESPONSÁVEL TÉCNICO: Rodrigo Gomes Otsuki	CREA 18.858/D	UF DF
GERENTE DE CONTRATO: Danilo Jorge Santos	CREA 10.195/D	UF DF

Nº	REVISÃO	DATA

NÚMERO DO DOCUMENTO: PR266/20-RT-40001	DATA: 21/jul/2021
---	----------------------

ÍNDICE

1. APRESENTAÇÃO.....	10
2. INTRODUÇÃO.....	11
2.1. Objetivo	11
2.2. Histórico dos Estudos.....	11
2.3. Estudos Anteriores	12
2.4. Localização e Acessos	13
2.5. Organização do Relatório.....	19
3. SUMÁRIO DAS PRINCIPAIS CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	21
4. EIH E PB: CARACTERÍSTICAS E JUSTIFICATIVAS PARA ALTERAÇÕES DE PROJETO.....	23
5. LEVANTAMENTOS CARTOGRÁFICOS E TOPOGRÁFICOS.....	27
5.1. Cartografia e Topografia – Estudos de Inventário.....	27
5.2. Cartografia e Topografia – Projeto Básico	28
5.2.1. Perfilamento a Laser	28
5.2.2. Levantamentos Topográficos Complementares	33
6. ESTUDOS HIDROMETEOROLÓGICOS	45
6.1. Caracterização Fisiográfica da Bacia	45
6.1.1. Localização e Hidrografia.....	45
6.1.2. Área de Drenagem e Perímetro	46
6.1.3. Índice de Compacidade	47
6.1.4. Fator de Forma.....	47
6.1.5. Declividade Média.....	48
6.1.6. Densidade de Drenagem	48
6.1.7. Tempo de Concentração	48
6.1.8. Geologia.....	49
6.1.9. Interpretação do Escoamento Fluvial	50
6.2. Caracterização Climatológica	50
6.2.1. Aspectos Gerais da Climatologia	51
6.2.2. Características Climatológicas Locais.....	55
6.3. Dados Básicos	56
6.3.1. Dados Pluviométricos	56
6.3.2. Dados Fluviométricos.....	63
6.4. Cálculo das Vazões Médias Mensais na Usina.....	78
6.4.1. Metodologia de Geração da Série de Vazões.....	78
6.4.2. Série de Vazões Médias Mensais na PCH SU-93	80
6.5. Permanências das Vazões Médias Mensais.....	82
6.6. Validação da Série de Vazões da Usina	83
6.7. Vazões Extremas	84
6.7.1. Dados Básicos.....	84
6.8. Estudo de Vazões Mínimas	88

6.9.	Curva-chave no Barramento e Canal de Fuga da Usina	88
6.9.1.	Fundamentação Teórica	89
6.9.2.	Resultados Obtidos	89
6.10.	Curvas Cota x Área x Volume	92
6.11.	Enchimento do Reservatório	95
6.12.	Tempo de Residência	96
6.13.	Evaporação Líquida no Reservatório.....	96
6.13.1.	Metodologia de Cálculo.....	97
6.13.2.	Critérios de Cálculo	97
6.13.3.	Resultados	97
6.14.	Assoreamento e Vida Útil do Reservatório.....	98
6.14.1.	Produção de Sedimentos na Região Estudada	98
6.14.2.	Estimativa da Vida Útil do Reservatório.....	99
7.	ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS.....	102
7.1.	Introdução	102
7.2.	Geologia regional	103
7.3.	Arcabouço Geotectônico do Noroeste do Mato Grosso.....	106
7.4.	Geomorfologia Regional	106
7.5.	Recursos minerais	107
7.6.	Sismicidade natural e induzida	109
7.7.	Estanqueidade do reservatório	110
7.8.	Estabilidade das encostas	110
7.9.	Geologia local	111
7.9.1.	Investigações geológico-geotécnicas.....	112
7.10.	Disponibilidade dos materiais naturais de construção	112
7.11.	Balanco de materiais simplificado.....	113
7.12.	Área de botafora	114
7.13.	Condições geológico-geotécnicas das fundações	115
7.13.1.	Barragem de terra margem direita e leito do rio	115
7.13.2.	Adufas de desvio / Casa de força complementar.....	116
7.13.3.	Barragem de concreto	116
7.13.4.	Vertedouro	116
7.13.5.	Canal de adução	116
7.13.6.	Tomada d'água e câmara de carga	117
8.	ESTUDOS DE CUSTOS.....	119
8.1.	Obras Civis	119
8.2.	Equipamentos Eletromecânicos.....	131
8.3.	Custos Indiretos e Juros Durante a Construção	131
9.	DIMENSIONAMENTOS HIDRÁULICOS.....	132
9.1.	Estruturas de Desvio	132
9.1.1.	Desvio de Primeira Fase.....	132
9.1.2.	Desvio de Segunda Fase	136

9.2.	Vertedouro	138
9.3.	Circuitos de Adução	143
9.3.1.	Dimensionamento da tomada d'água	143
9.3.2.	Dimensionamento do conduto forçado.....	144
9.3.3.	Cálculo das perdas de carga no circuito de adução	144
9.3.4.	Perdas de carga localizadas	146
10.	ESTUDOS DE ALTERNATIVAS	150
11.	ESTUDOS ENERGÉTICOS	153
11.1.	Casa de Força Principal	153
11.1.1.	Crítérios para a Determinação da Energia Média Gerada	153
11.1.2.	Valoração dos Benefícios Energéticos	156
11.1.3.	Estudos de Motorização	161
11.1.4.	Determinação do Número de Unidades Geradoras.....	172
11.1.5.	Estudos de Otimização do Circuito de Adução.....	172
11.1.6.	Determinação da Energia Média.....	173
11.1.7.	Determinação das Quedas de Projeto e de Referência	174
11.2.	Casa de Força Complementar	176
11.2.1.	Parâmetros para as Simulações Energéticas	176
11.2.2.	Cálculo da Energia Média	180
11.3.	Garantia Física	180
11.4.	Determinação das Características Finais do Empreendimento	187
12.	DETALHAMENTO DO PROJETO	188
12.1.	Arranjo Geral da Usina	188
12.2.	Reservatório	190
12.3.	Fases do Desvio e Sequência Construtiva.....	191
12.4.	Desvio do Rio	192
12.4.1.	Enscadeiras.....	192
12.4.2.	Fechamento do Desvio e Enchimento do Reservatório.....	193
12.4.3.	Equipamentos Eletromecânicos.....	193
12.5.	Vazão Remanescente.....	194
12.5.1.	Equipamentos Eletromecânicos.....	194
12.6.	Barragem	197
12.7.	Vertedouro	197
12.8.	Estrutura de Controle do Canal de Adução	198
12.8.1.	Equipamentos Eletromecânicos.....	198
12.9.	Canal de Adução.....	200
12.10.	Câmara de Carga	200
12.11.	Tomada d'Água	200
12.11.1.	Obras Civis	201
12.11.2.	Equipamentos Eletromecânicos.....	201
12.12.	Conduto Forçado.....	204
12.13.	Casa de Força, Área de Montagem e Canal de Fuga.....	205

12.13.1.	Obras Civas	205
12.13.2.	Equipamentos Eletromecânicos.....	206
12.14.	Sistemas de Utilidades	209
12.14.1.	Sistema de Esvaziamento e Enchimento	209
12.14.2.	Sistema de Água de Resfriamento e de Serviço	210
12.14.3.	Sistema de Drenagem	211
12.14.4.	Sistema de Ar Comprimido de Serviço.....	211
12.14.5.	Sistema de Ventilação.....	212
12.14.6.	Sistemas de Água Potável e Esgoto Sanitário	212
12.14.7.	Sistema de Proteção Contra Incêndios	212
12.14.8.	Sistema de Medições Hidráulicas.....	213
12.15.	Equipamentos e Sistemas Elétricos Principais.....	214
12.15.1.	Geradores Principais	214
12.15.2.	Gerador da Casa de Força Auxiliar	215
12.15.3.	Cubículos de Média Tensão.....	216
12.15.4.	Transformadores Elevadores.....	217
12.15.5.	Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC)	218
12.15.6.	Sistema de Proteção	219
12.15.7.	Subsistema de Medição e Supervisão.....	221
12.15.8.	Sistema de Segurança Eletrônica	221
12.15.9.	Sistema de Telecomunicações	221
12.15.10.	Serviços Auxiliares em Corrente Alternada	222
12.15.11.	Serviços Auxiliares em Corrente Contínua	223
12.15.12.	Sistema de Iluminação e Tomadas.....	225
12.15.13.	Sistema de Vias Para Cabos e Condutores	226
12.15.14.	Sistema de Aterramento e de Proteção Contra Descargas Atmosféricas.....	227
12.15.15.	Subestação Elevadora	227
12.16.	Linha de Transmissão.....	229
13.	INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA DE ABASTECIMENTO	230
13.1.	Localização e Principais Acessos ao Sítio	230
13.2.	Infraestrutura Disponível	230
13.3.	Logística para as Obras	231
13.4.	Canteiros e Acampamentos.....	234
14.	CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO	236
15.	ORÇAMENTO PADRÃO ELETROBRÁS.....	240
16.	AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA DO EMPREENDIMENTO	242
17.	FICHA TÉCNICA PADRÃO ANEEL	244
18.	PARTICIPANTES DOS ESTUDOS	245
19.	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	247
20.	ANEXOS.....	250

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2-1: Partição de queda aprovada para o rio Sauê-Uiná (Despacho ANEEL nº 408/2020).....	12
Tabela 2-2: Detalhamento da rota de acesso ao sítio pela margem esquerda do rio (Fonte: Google Earth)	17
Tabela 4-1: Quadro comparativo entre Inventário e Projeto Básico	23
Tabela 5-1: Tempo mínimo de rastreio	34
Tabela 5-2: Amarração planialtimétrica dos furos de sondagens.....	44
Tabela 6-1: Cartas utilizadas nos levantamentos de áreas de drenagem de locais na bacia	46
Tabela 6-2: Características climatológicas – Estação Diamantino	55
Tabela 6-3: Postos pluviométricos de interesse do rio Sauê-Uiná	56
Tabela 6-4: Posto pluviométrico Brasnorte (01257000) – Totais pluviométricos (mm)	56
Tabela 6-5: Posto pluviométrico Fazenda Floresta (01258001) – Totais pluviométricos (mm).....	57
Tabela 6-6: Posto pluviométrico Bacaval (01358001) – Totais pluviométricos (mm)	58
Tabela 6-7: Posto pluviométrico Fazenda Tucunaré (01358002) – Totais pluviométricos (mm)	59
Tabela 6-8: Posto pluviométrico Speráfico (01358005) – Totais pluviométricos (mm)	60
Tabela 6-9: Postos pluviométricos – Precipitações médias mensais.....	61
Tabela 6-10: Chuva média na bacia do Rio Sauê-Uiná – Totais pluviométricos (mm)	62
Tabela 6-11: Postos pluviométricos – Rio Sauê-Uiná	63
Tabela 6-12: Série de vazões observadas – Fazenda Tucunaré (17091000).....	66
Tabela 6-13: Série de vazões observadas – Aldeia Sacre II (17092800)	67
Tabela 6-14: Série de vazões observadas – Fontanilhas (17093000)	68
Tabela 6-15: Série de vazões observadas – Porto dos Gaúchos (17120000).....	69
Tabela 6-16: Local das medições realizadas – Posto Sauê-Uiná	70
Tabela 6-17: Medições de vazões realizadas – Estação Sauê-Uiná	71
Tabela 6-18: Vazões médias mensais na Estação Sauê-Uiná	72
Tabela 6-19: Postos pluviométricos de interesse ao estudo de inventário do rio Sauê-Uiná.....	74
Tabela 6-20: Postos pluviométricos – Vazões médias mensais	74
Tabela 6-21: Série de Vazões Preenchida – Posto Fazenda Tucunaré (17091000) – m ³ /s	77
Tabela 6-22: Vazões médias mensais na estação hidrométrica Sauê-Uiná e no posto base Fazenda Tucunaré.....	79
Tabela 6-23: Série de vazões médias mensais – PCH SU-93 – A.D. = 1.525 km ²	80
Tabela 6-24: Permanência de vazões médias mensais – PCH SU-93 (m ³ /s)	82
Tabela 6-25: Vazões máximas observadas anuais – Ano hidrológico (m ³ /s).....	84
Tabela 6-26: Vazões máximas diárias anuais – Postos pluviométricos (m ³ /s)	86
Tabela 6-27: Vazões máximas diárias e instantâneas anuais – PCH SU-93	88
Tabela 6-28: Vazões mínimas para jusante (m ³ /s), segundo critério definido pela SEMA/MT (10% da Q _{mlt} mensal)....	88
Tabela 6-29: Resultados – Saídas HEC-RAS	89
Tabela 6-30: Pontos da curva cota x área e curva cota x volume	93
Tabela 6-31: Tempos de enchimento dos reservatórios – PCH SU-93.....	95
Tabela 6-32: Tempo de residência – PCH SU-93.....	96
Tabela 6-33: Dados de entrada do SISEVAPO	97
Tabela 6-34: Evaporação líquida (mm) – SU km 93.....	97
Tabela 6-35: Descarga sólida em suspensão e total pelo Método Simplificado de Colby, (1957).....	98
Tabela 6-36: Produção específica de sedimentos – Estação Sauê-Uiná.....	99

Tabela 6-37: Estimativa de vida útil – PCH SU-93 (A.D.= 1.525 km ²).....	100
Tabela 7-1: Coluna Estratigráfica Regional (CPRM 2004).....	105
Tabela 7-2: Processos minerários em ativos na bacia (Fonte: ANM/SIGMINE)	108
Tabela 7-3: Balanço de materiais com graus de empolamento de solo e compactação de rocha	113
Tabela 8-1: Obras Civas – Preços Unitários (junho/2021).....	128
Tabela 11-1: Série de vazões médias mensais naturais no local da PCH SU-93.....	154
Tabela 11-2: Vazões remanescentes na PCH SU-93	156
Tabela 11-3: Empreendimentos Hidrelétricos Considerados na Simulação	157
Tabela 11-4: Mapeamento energético preliminar	162
Tabela 11-5: Estudos de motorização – Coeficientes das equações de perda de carga	164
Tabela 11-6: Estudos de Motorização – Simulações energéticas	166
Tabela 11-7: Estudos de Motorização – Parâmetros do circuito de adução alterados com a potência instalada	168
Tabela 11-8: Estudos de Motorização – Estimativa de custos do circuito de geração (R\$ x 10 ³).....	169
Tabela 11-9: Estudos de Motorização – Estimativa de custos do circuito de geração.....	169
Tabela 11-10: Parâmetros do circuito de adução para cada alternativa de potência	170
Tabela 11-11: Estudos de Motorização – Variação Custo/Benefício anual para cada potência instalada	171
Tabela 11-12: Série de vazões médias mensais disponíveis (jan/1974 a dez/2020)	178
Tabela 11-13: Potências médias mensais geradas a partir das vazões remanescentes (kW)	180
Tabela 11-14: Linha de Transmissão – Trechos até a SE Manobra Sapezal	182
Tabela 11-15: Perdas elétricas em cada trecho (distribuição entre as PCHs).....	183
Tabela 11-16: Perdas elétricas em cada trecho, em MW médios (valores finais por PCH)	184
Tabela 11-17: PCH SU-93 – Características finais	187
Tabela 15-1: Resumo das quantidades (obras civis).....	240
Tabela 15-2: OPE – Resumo das Contas.....	241

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1: Acesso à área da PCH SU-93 (trecho entre Cuiabá e Sapezal) (Fonte: Google Maps).....	15
Figura 2-2: Acesso ao local do empreendimento a partir da cidade de Sapezal (Fonte: Google Earth)	16
Figura 2-3: Parte inicial do acesso local ao sítio do aproveitamento (Fonte: Google Earth)	16
Figura 2-4: Parte intermediária do acesso local ao sítio do aproveitamento (Fonte: Google Earth)	18
Figura 2-5: Trecho final do acesso ao sítio do aproveitamento (Fonte: Google Earth).....	19
Figura 4-1: EIH e PB – Séries de vazões médias mensais – Curvas de permanência comparativas.....	25
Figura 5-1: Localização da área perfilada	29
Figura 5-2: Área total do perfilamento a laser	30
Figura 5-3: MDT do perfilamento	32
Figura 5-4: MDS do perfilamento	32
Figura 5-5: Ajuste realizado “UM SIGMA”, com 68,7% de confiabilidade.....	35
Figura 5-6: Transporte da base de apoio utilizando as RBMC’s selecionadas	35
Figura 5-7: Esquema empregado na implantação dos marcos das seções topobatimétricas	36
Figura 5-8: Esquema empregado na amarração planialtimétrica dos furos de sondagens	37
Figura 5-9: Tela MAPGEO2015 para determinação da ondulação geoidal método direto	38
Figura 5-10: Seção topobatimétrica complementar SBT-20.....	40
Figura 5-11: Seção topobatimétrica complementar SBT-21.....	41
Figura 5-12: Seção topobatimétrica complementar SBT-22.....	42
Figura 5-13: Seção topobatimétrica complementar STB-5 (Estudos de Inventário; 2019).....	43
Figura 6-1: Rio Sauê-Uiná – Localização	45
Figura 6-2: Geologia na bacia do rio Sauê-Uiná.....	50
Figura 6-3: Sistema de circulação atmosférica na região Centro-Oeste	52
Figura 6-4: Precipitações médias mensais observadas nas estações pluviométricas selecionadas	61
Figura 6-5: Curva-chave – Fazenda Tucunaré (17091000).....	64
Figura 6-6: Curva-chave - Aldeia Sacre II (17092800).....	65
Figura 6-7: Curva-chave - Fontanilhas (17093000).....	65
Figura 6-8: Curva-chave - Porto dos Gaúchos (17120000)	66
Figura 6-9: Curva-chave – Estação Sauê-Uiná.....	72
Figura 6-10: Hidrograma das vazões diárias na Estação Sauê-Uiná	73
Figura 6-11: Hidrogramas médias mensais adimensionais	75
Figura 6-12: Curva de regionalização (Médias de Longo Termo)	75
Figura 6-13: Correlação – Fontanilhas x Fazenda Tucunaré	76
Figura 6-14: Correlação – Porto dos Gaúchos x Fazenda Tucunaré	76
Figura 6-15: Comparação dos valores da série de vazões médias mensais com as medições mensais realizadas – PCH SU-93 (m ³ /s).....	80
Figura 6-16: Curva de permanência – Vazões médias mensais – PCH SU-93 (m ³ /s)	83
Figura 6-17: Envoltória da série de vazões médias mensais com as medições mensais realizadas – PCH SU-93 (m ³ /s)	83
Figura 6-18: Regionalização de vazões máximas diárias – Ano hidrológico normal.....	87
Figura 6-19: Curva-chave no barramento da PCH SU-93	91
Figura 6-20: Curva-chave no canal de fuga da PCH SU-93.....	91
Figura 6-21: Seção topobatimétrica (STB 21) próxima ao barramento da PCH SU-93.....	92

Figura 6-22: Seção topobatimétrica (STB 20) próxima ao canal de fuga da PCH SU-93.....	92
Figura 6-23: Curva cota x área do reservatório da PCH SU-93.....	94
Figura 6-24: Curva cota x volume do reservatório da PCH SU-93.....	94
Figura 7-1: Geologia na Bacia do Rio Sauê-Uiná	104
Figura 7-2: Títulos minerários na bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná	108
Figura 7-3: Mapa de localização de sismos em território brasileiro	110
Figura 7-4: Visão geral do sítio SU-93.....	111
Figura 7-5: Localização, áreas e volumes das áreas de bota-fora da PCH SU-93.....	115
Figura 9-1: Planta e seção transversal típica de canal de desvio	133
Figura 9-2: Coeficiente de descarga para vertedouro com ogiva de paramento vertical	139
Figura 9-3: Correção do coeficiente de descarga para vertedouro com ogiva de paramento inclinado	140
Figura 9-4: Correção do coeficiente de descarga para vertedouro submetido a cargas diferentes da carga de projeto	140
Figura 9-5: Correção do coeficiente de descarga para vertedouro sob a influência do nível d'água de jusante	141
Figura 9-6: Gabarito hidráulico para vertedouro de soleira livre – definição do perfil Creager	142
Figura 9-7: Vertedouro de soleira livre com paramento de jusante em escada – definição das dimensões dos degraus	143
Figura 10-1: Arranjos comparativos (Estudos de Inventário e Projeto Básico).....	151
Figura 11-1: Curva de energia média produzida (preliminar)	164
Figura 11-2: Estudos de Motorização – Energia média e Fator de Capacidade.....	167
Figura 11-3: Estudos de Motorização – Variação custo/benefício	172
Figura 11-4: Curvas de perdas de carga no circuito de adução	173
Figura 11-5: Curva de energia produzida pelo aproveitamento (série de vazões turbináveis)	174
Figura 11-6: Curva de permanência de quedas brutas	175
Figura 11-7: Curva de permanência de quedas líquidas	176
Figura 11-8: Turbina tipo hélice instalada no barramento de uma PCH (Fonte: VERKA)	178
Figura 11-9: Croqui esquemático do sistema de conexão para as PCHs SU-118, SU-104, SU-93 e SU-75.....	183
Figura 11-10: Séries históricas de vazões vertidas e turbináveis (1974 a 2020) – Casa de força principal.....	185
Figura 11-11: Série histórica de potências médias mensais (1974 a 2020) – Casa de força principal.....	186
Figura 13-1: Fábricas de cimento Votorantim (Nobres e Cuiabá) (Fonte: Google Earth)	232
Figura 14-1: Histograma de consumo de concreto estrutural	236
Figura 14-2: Histograma de consumo de concreto massa	237
Figura 14-3: Histograma de consumo de concreto projetado	237
Figura 14-4: Histograma de consumo de concreto (total)	238
Figura 14-5: Histograma de escavação comum	238
Figura 14-6: Histograma de escavação em rocha a céu aberto	239
Figura 14-7: Histograma de aterro	239

1. APRESENTAÇÃO

O rio Sauê-Uiná e seu afluente, rio do Calor, integrantes da sub-bacia nº 17, localizada na bacia hidrográfica do rio Amazonas, estado de Mato Grosso, foram objetos de Estudos de Inventário Hidrelétrico (EIH), aprovados por meio do Despacho ANEEL nº 408, de 12 de fevereiro de 2020.

Dentre os aproveitamentos constantes da partição de queda aprovada, a **Pequena Central Hidrelétrica (PCH) SU-93**, distante aproximadamente 93 km de sua foz, no rio Papagaio, com potência instalada de referência de 9,85 MW, foi prevista para ser implantada no município de Sapezal.

Durante as fases de elaboração e aprovação do EIH a empresa **Sapezal Energia Ltda.** também deu início às atividades com vistas à elaboração do projeto básico para o empreendimento.

Após a concessão do registro de intenção à outorga de autorização (DRI-PCH), por meio do Despacho nº 1.431, publicado em 25 de maio de 2020, o Projeto Básico foi desenvolvido, contemplando o detalhamento dos estudos de engenharia para a concepção da PCH.

Ante ao exposto, por meio deste e demais documentos complementares, a empresa **Sapezal Energia Ltda.**, cumprindo a determinação legal prevista na Resolução Normativa nº 875/2020 submete à Agência Nacional de Energia Elétrica o **Projeto Básico da PCH SU-93**.

Os estudos de engenharia foram elaborados tomando-se como principais referências as seguintes publicações:

- “Diretrizes para Estudos e Projeto Básico de Pequenas Centrais Hidrelétricas”, editadas pela ELETROBRÁS/ANEEL-MME em 1999;
- Resolução ANEEL nº 875/2020 e demais normativas publicadas pela ANEEL;
- Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Sauê-Uiná e de seu afluente, rio do Calor, integrantes da sub-bacia 17, bacia hidrográfica do rio Amazonas, estado de Mato Grosso, aprovados por meio do Despacho ANEEL nº 408, de 12 de fevereiro de 2020.

2. INTRODUÇÃO

Neste documento apresenta-se a síntese dos trabalhos, levantamentos e estudos realizados ao longo de todas as etapas de desenvolvimento dos estudos de projeto básico da PCH SU-93, consolidados em um conjunto de textos, tabelas e ilustrações, organizados conforme consta no item 2.5.

2.1. Objetivo

O objetivo deste estudo foi conceber e detalhar a PCH SU-93, na fase de Projeto Básico, de sorte a permitir, após os trâmites legais junto ao Poder Concedente e aos órgãos ambiental e de recursos hídricos, a promoção dos processos de contratação dos empreiteiros civis e de fornecedores de equipamentos eletromecânicos, o detalhamento do projeto executivo e a implantação do empreendimento.

De maneira específica, a elaboração deste projeto contemplou os seguintes objetivos:

- Obtenção do Despacho de Registro da Adequabilidade do Sumário Executivo (DRS-PCH), a ser emitido pela SCG/ANEEL;
- Servir como elemento técnico de engenharia para o processo de licenciamento ambiental do empreendimento, cujo processo será iniciado após a obtenção do DRS-PCH;
- Servir de fundamentação técnica para obtenção da Outorga de Autorização, a ser emitida pelo Poder Concedente;
- Apresentar os elementos técnicos necessários para a obtenção da Reserva de Disponibilidade Hídrica e posterior Outorga para Uso da Água para fins de Geração de Energia Elétrica do aproveitamento;
- Apresentar a ideia básica para interligação da usina à rede de transmissão elétrica existente;
- Servir como fundamentação técnica para elaboração do Projeto Executivo da usina.

2.2. Histórico dos Estudos

A PCH SU-93 foi identificada nos Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Sauê-Uiná e seu afluente rio do Calor, aprovados por meio do Despacho ANEEL nº 408, de 12 de fevereiro de 2020.

O rio Sauê-Uiná é afluente pela margem esquerda do rio Papagaio, localizado na sub-bacia 17, bacia hidrográfica do rio Amazonas, no estado de Mato Grosso.

Os referidos estudos identificaram o aproveitamento com as seguintes características principais:

- Coordenadas do eixo 12°47'23,7" (S) e 58°38'33,7" (O)
- Coordenadas da casa de força 12°47'25,0" (S) e 58°38'30,5" (O)
- Área de drenagem 1.525 km²
- Nível d'água de montante 310,00 m
- Nível d'água de jusante 286,61 m
- Potência instalada de referência 9,85 MW
- Área do reservatório 2,28 km²

Após a elaboração da última versão dos estudos de inventário do rio Sauê-Uiná foram executadas atividades adicionais visando ao desenvolvimento do Projeto Básico em tela, incluindo visitas e observações de campo, novos levantamentos cartográficos e topográficos, campanha de investigações geológico-geotécnicas, campanhas de medições de vazão e níveis d'água em estação fluviométrica instalada no rio Sauê-Uiná, atualizações hidrológicas e estudos de conexão.

Os levantamentos de campo visando à elaboração do Projeto Básico tiveram início em maio de 2020, com a contratação da empresa SAI – Serviços Aéreos Industriais para obtenção do modelo digital de terreno em toda a região de interesse, a partir de um perfilamento a laser, com geração de fotografias digitais atualizadas (ortofotocartas). Essa metodologia permite a execução de um estudo topográfico de precisão, com geração de curvas de níveis equidistantes de 1,0 m. O voo sobre a área prevista para a implantação da usina, que possibilitou a elaboração do perfilamento a laser, permitiu a elaboração e entrega do modelo digital de terreno, em atendimento pleno às Diretrizes de Cartografia e Topografia da ANEEL.

Em paralelo, foram conduzidos todos os estudos de engenharia, no tocante ao levantamento de dados secundários e dos estudos hidrológicos, com vistas à obtenção de um modelo para geração da série de vazões médias mensais e de vazões extremas no local previsto para implantação do futuro aproveitamento.

Em adição, foi executada nos meses de abril e maio de 2021 campanha de sondagem no eixo previsto para implantação da PCH, com o objetivo de se conhecer de forma mais detalhada suas condições geológico-geotécnicas. Para tanto, foi contratada a empresa NACON Sondagens.

Também foram especificados levantamentos topográficos complementares no sítio da PCH. Foram executadas seções topobatimétricas adicionais às já disponíveis nos estudos de inventário de referência e também a amarração planialtimétrica para obtenção da localização e das “cotas de boca” dos furos de sondagens constantes das investigações geológico-geotécnicas. Os serviços foram desenvolvidos pela empresa TOPOGEO Topografia e Geomática Ltda. em maio de 2021.

As campanhas de hidrometria executadas ao longo do desenvolvimento dos estudos de inventário tiveram continuidade. Para esses levantamentos foi contratada a empresa HYDROCONSULT Hidrometria Comércio e Serviços Ltda., que vem realizando campanhas mensais de medições e acompanhamento horário dos níveis d'água (*data logger*).

De posse de todas essas informações, os estudos técnicos de engenharia foram desenvolvidos, sendo concluídos em julho de 2021.

2.3. Estudos Anteriores

Por meio do Despacho nº 408, de 12/02/2020, a ANEEL aprovou os Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Sauê-Uiná e seu afluente rio do Calor, localizado na sub-bacia 17, bacia hidrográfica do rio Amazonas, no estado de Mato Grosso, apresentados pela empresa Sapezal Energia Ltda.

A partição de queda aprovada nos Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Sauê-Uiná é apresentada na Tabela 2-1.

Tabela 2-1: Partição de queda aprovada para o rio Sauê-Uiná (Despacho ANEEL nº 408/2020)

PCH	CEG	Coordenadas Geográficas		A _{DREN} (km ²)	N _A MÁX (m)	N _A JUS (m)	P _I NST (KW)	A _R ES (km ²)
		Barramento	Casa de Força					
SU-47	PCH.PH.MT.046745-6.01	12°32'14,5''S	12°32'12,5''S	2.680	268,00	253,64	8.800	6,72
		58°31'50,3''W	58°31'49,7''W					

PCH	CEG	Coordenadas Geográficas		ADREN (km ²)	NAMÁX (m)	NAJUS (m)	PINST (KW)	ARES (km ²)
		Barramento	Casa de Força					
SU-75	PCH.PH.MT.046746-4.01	12°40'46,6''S	12°40'46,4''S	1.735	286,00	268,06	8.650	3,32
		58°36'37,9''W	58°36'34,4''W					
SU-93	PCH.PH.MT.046747-2.01	12°47'23,7''S	12°47'25,0''S	1.525	310,00	286,61	9.850	2,28
		58°38'33,7''W	58°38'30,5''W					
SU-104	PCH.PH.MT.046748-0.01	12°49'36,4''S	12°49'34,5''S	1.480	327,00	310,11	6.950	0,72
		58°40'03,0''W	58°39'58,7''W					
SU-118	PCH.PH.MT.046749-9.01	12°53'05,1''S	12°52'10,3''S	1.400	353,00	327,33	8.850	0,29
		58°40'59,9''W	58°40'40,5''W					
SU-127	PCH.PH.MT.046750-2.01	12°55'24,8''S	12°54'57,1''S	1.380	370,00	353,07	5.750	3,28
		58°42'12,6''W	58°41'20,9''W					
SU-146	PCH.PH.MT.046751-0.01	13°01'27,4''S	13°01'01,7''S	1.200	390,00	370,03	5.900	2,56
		58°47'12,5''W	58°46'33,4''W					
SU-160	PCH.PH.MT.046752-9.01	13°06'32,5''S	13°06'30,0''S	1.080	410,00	392,19	5.350	1,78
		58°48'22,0''W	58°48'20,3''W					
SU-173	PCH.PH.MT.046753-7.01	13°10'06,6''S	13°10'08,2''S	950	430,00	410,02	5.300	0,72
		58°48'16,9''W	58°48'14,7''W					

O Despacho ANEEL nº 1.431, publicado em 25 de maio de 2020, conferiu à empresa Sapezal Energia Ltda. o registro de intenção à outorga de autorização (DRI-PCH) referente à PCH SU-93.

2.4. Localização e Acessos

A PCH SU-93 será implantada em área do município de Sapezal, no estado de Mato Grosso. As coordenadas geográficas aproximadas do eixo previsto para seu futuro barramento são:

- Latitude Sul 12°47'29''
- Longitude Oeste 58°38'42''

Para acesso ao local previsto para construção da usina, devem ser percorridos, a partir da cidade de Cuiabá, aproximadamente 605 km (acesso ao sítio pela margem esquerda do rio), transitando-se por rodovias federais e estaduais, além de estradas de acesso às fazendas da região, denominadas aqui vicinais.

Da cidade de Cuiabá, pelas rodovias federais BR-163 e BR-364, pavimentada e em bom estado de conservação, devem ser percorridos aproximadamente 76 km até a cidade de Jangada, no estado de Mato Grosso.

De Jangada, pelas mesmas rodovias do trecho anterior, devem ser percorridos aproximadamente 7 km até o Auto Posto Foz do Iguaçu, localizado na margem direita da rodovia (sentido Barra do Bugres). Logo após

esse posto está localizado o trevo das rodovias BR-163 e MT-246 (15°10'32,06" Sul e 56°31'29,59" Oeste). Nesse ponto do trajeto, passa-se a trafegar pela rodovia estadual MT-246, à esquerda do trevo em questão.

Do trevo citado, pelas rodovias estaduais MT-246 e MT-343, pavimentadas e com boas condições para tráfego, devem ser percorridos aproximadamente 83 km até a cidade de Barra do Bugres, no estado de Mato Grosso. Esse trecho do percurso, quase que em sua totalidade, é feito pela rodovia MT-246. Próximo à cidade de Barra do Bugres, no cruzamento entre essas rodovias, passa-se a trafegar pela MT-343 (15°06'48,55" Sul e 56°09'15,94" Oeste).

Saindo da cidade de Barra do Bugres, ainda pela rodovia estadual MT-343, devem ser percorridos aproximadamente 23 km até a localidade denominada Assari, distrito do município de Barra do Bugres. No perímetro urbano desse distrito está o trevo das rodovias MT-343 e MT-358 (14°52'33,23" Sul e 57°10'29,71" Oeste). A partir desse trevo, o percurso deve seguir pela rodovia MT-358, também pavimentada e em bom estado de conservação, por aproximadamente 18 km até a cidade de Nova Olímpia, no estado de Mato Grosso.

Da cidade de Nova Olímpia, também pela rodovia MT-358, devem ser percorridos aproximadamente 22 km até a localidade denominada Progresso, distrito do município de Tangará da Serra, no estado de Mato Grosso. Passando por esse distrito, depois de serem percorridos aproximadamente 16 km (MT-358), chega-se à cidade de Tangará da Serra.

Partindo-se de Tangará da Serra, pela rodovia MT-358, neste trecho pavimentada e necessitando de algumas melhorias para o tráfego, devem ser percorridos cerca de 70 km até o cruzamento dela com a BR-364 (14°19'34,29" Sul e 57°57'37,28" Oeste).

Depois desse trevo, pela BR-364, pavimentada e necessitando pontualmente de algumas melhorias em sua superfície de rolamento, devem ser percorridos cerca de 80 km até a cidade de Campo Novo do Parecis, no estado de Mato Grosso.

Em Campo Novo do Parecis, deve-se tomar a rodovia MT-235 (13°39'33,66" Sul e 57°53'34,64" Oeste) em direção à cidade de Sapezal, no estado de Mato Grosso. Esse trecho do percurso, de cerca de 110 km, está pavimentado, mas necessitando de melhorias em alguns pontos. Essa rodovia, a partir da ponte sobre o rio Verde, no sentido Sapezal, passa por dentro da Terra Indígena *Paresi*, sendo cobrado pedágio nesse ponto (13°38'32,73" Sul e 58°01'11,00" Oeste).

Sendo assim, são percorridos cerca de 500 km entre as cidades de Cuiabá e Sapezal, essa o mais próximo centro urbano do sítio do futuro aproveitamento.

A Figura 2-1 apresenta o traçado da rota de percurso aqui descrita (*Fonte: Google Maps*).

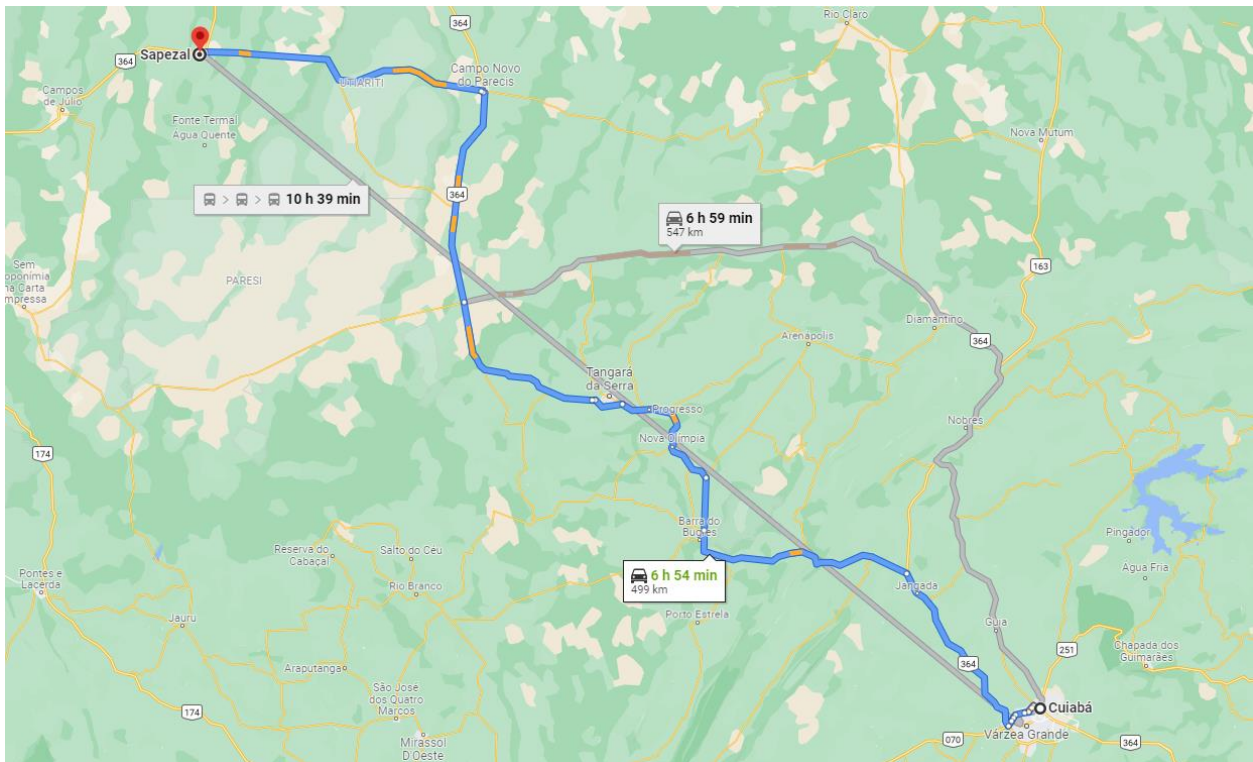


Figura 2-1: Acesso à área da PCH SU-93 (trecho entre Cuiabá e Sapezal) (Fonte: Google Maps)

Da cidade de Sapezal, o acesso ao sítio do empreendimento pode ser feito pela margem esquerda do rio. Para tanto, foi definido um ponto denominado P-01, que corresponde ao cruzamento entre as rodovias MT-235 e BR-364 ($13^{\circ}32'23,32''$ Sul e $58^{\circ}47'53,54''$ Oeste). A partir desse ponto, pela rodovia BR-364, é desenvolvida parte da rota de acesso ao sítio do aproveitamento. A Figura 2-2 apresenta o início dessa rota de percurso.

A partir do ponto P-01 devem ser percorridos, pela rodovia BR-364, aproximadamente 51,4 km até o ponto denominado PI ($13^{\circ}05'21,74''$ Sul e $58^{\circ}43'12,98''$ Oeste). Desse ponto, o acesso passa a ser feito por estradas vicinais que dão acesso a algumas fazendas da região. A Figura 2-3 apresenta o detalhe da parte inicial da rota de acesso local ao sítio escolhido para a usina.



Figura 2-2: Acesso ao local do empreendimento a partir da cidade de Sapezal (Fonte: Google Earth)



Figura 2-3: Parte inicial do acesso local ao sítio do aproveitamento (Fonte: Google Earth)

A Tabela 2-2 apresenta o detalhamento das rotas dos percursos de acesso local ao sítio do futuro aproveitamento, considerando o lado direito do rio. A Figura 2-4 e a Figura 2-5 ilustram o traçado resultante da Tabela 2-2.

Tabela 2-2: Detalhamento da rota de acesso ao sítio pela margem esquerda do rio (Fonte: Google Earth)

Partida (Coordenadas)	Chegada (Coordenadas)	Distância (km)	Rodovia/Estrada
P-01 13°32'23,32" (Sul) 58°47'53,54" (Oeste)	PI 13°05'21,74" (Sul) 58°43'12,98" (Oeste)	51,400	Trecho da rodovia BR-364
PI 13°05'21,74" (Sul) 58°43'12,98" (Oeste)	P-09 13°05'11,14" (Sul) 58°43'32,70" (Oeste)	0,673	Trecho de estrada vicinal
P-09 13°05'11,14" (Sul) 58°43'32,70" (Oeste)	P-10 12°52'43,43" (Sul) 58°46'40,15" (Oeste)	24,900	Trecho de estrada vicinal
P-10 12°52'43,43" (Sul) 58°46'40,15" (Oeste)	P-16 12°47'47,68" (Sul) 58°46'54,74" (Oeste)	9,100	Trecho de estrada vicinal
P-16 12°47'47,68" (Sul) 58°46'54,74" (Oeste)	P-17 12°47'30,62" (Sul) 58°44'43,68" (Oeste)	3,984	Trecho de estrada vicinal
P-17 12°47'30,62" (Sul) 58°44'43,68" (Oeste)	P-18 12°46'49,42" (Sul) 58°44'49,29" (Oeste)	1,280	Trecho de estrada vicinal
P-18 12°46'49,42" (Sul) 58°44'49,29" (Oeste)	P-19 12°46'32,31" (Sul) 58°42'39,88" (Oeste)	3,939	Trecho de estrada vicinal
P-19 12°46'32,31" (Sul) 58°42'39,88" (Oeste)	P-20 12°46'40,15" (Sul) 58°42'39,16" (Oeste)	0,248	Trecho de estrada vicinal
P-20 12°46'40,15" (Sul) 58°42'39,16" (Oeste)	P-21 12°46'39,21" (Sul) 58°42'16,93" (Oeste)	0,672	Trecho de estrada vicinal
P-21 12°46'39,21" (Sul) 58°42'16,93" (Oeste)	P-22 12°46'16,35" (Sul) 58°41'31,25" (Oeste)	1,604	Trecho de estrada vicinal
P-22 12°46'16,35" (Sul) 58°41'31,25" (Oeste)	P-23 12°46'32,27" (Sul) 58°41'16,33" (Oeste)	0,805	Trecho de estrada vicinal
P-23 12°46'32,27" (Sul) 58°41'16,33" (Oeste)	P-24 12°46'38,47" (Sul) 58°40'36,75" (Oeste)	1,386	Trecho de estrada vicinal
P-24 12°46'38,47" (Sul) 58°40'36,75" (Oeste)	P-25 12°47'12,74" (Sul) 58°40'16,34" (Oeste)	1,659	Trecho de estrada vicinal

Partida (Coordenadas)	Chegada (Coordenadas)	Distância (km)	Rodovia/Estrada
P-25 12°47'12,74" (Sul) 58°40'16,34" (Oeste)	P-26 12°47'25,15" (Sul) 58°39'25,51" (Oeste)	1,582	Trecho de estrada vicinal
P-26 12°47'25,15" (Sul) 58°39'25,51" (Oeste)	P-27 12°47'05,86" (Sul) 58°39'10,54" (Oeste)	0,764	Trecho de estrada vicinal
P-27 12°47'05,86" (Sul) 58°39'10,54" (Oeste)	P-28 12°46'59,10" (Sul) 58°38'45,92" (Oeste)	0,806	Trecho de estrada vicinal
P-28 12°46'59,10" (Sul) 58°38'45,92" (Oeste)	PCH SU-93 12°47'23,70" (Sul) 58°38'33,70" (Oeste)	0,910	Trecho de estrada vicinal



Figura 2-4: Parte intermediária do acesso local ao sítio do aproveitamento (Fonte: Google Earth)

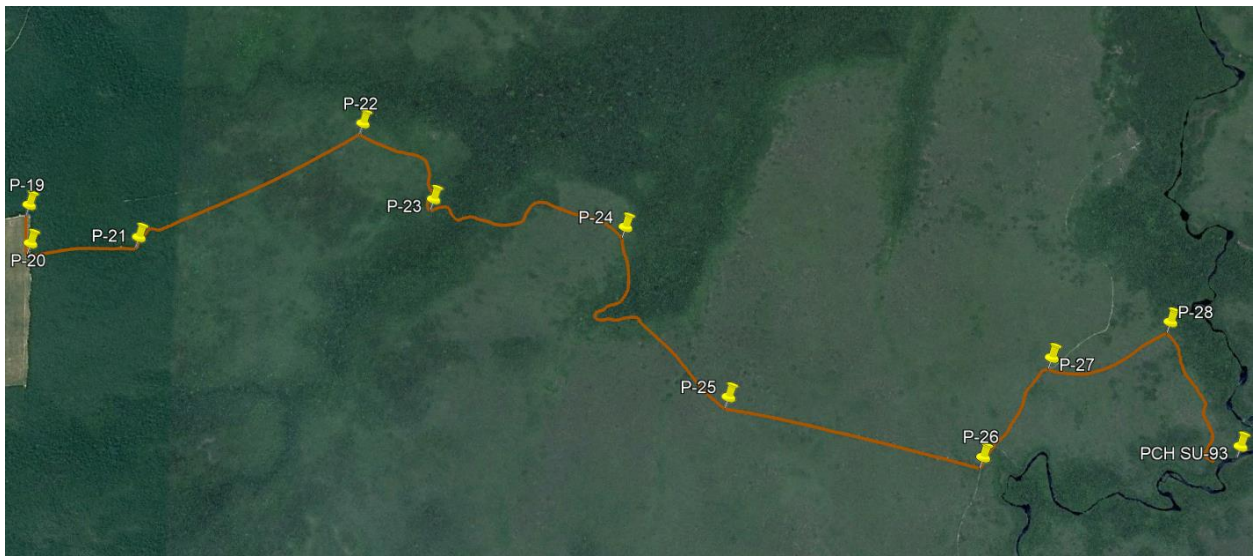


Figura 2-5: Trecho final do acesso ao sítio do aproveitamento (Fonte: Google Earth)

2.5. Organização do Relatório

O relatório do Projeto Básico foi dividido em três volumes:

- Volume 1: Memorial Descritivo;
- Volume 2: Desenhos;
- Volume 3: Anexos.

O Volume 1 apresenta os resultados das investigações, ensaios e estudos realizados para a caracterização do empreendimento, e foi estruturado em 17 Capítulos principais, que seguem a sequência e o conteúdo preconizado pelo Setor Elétrico para estudos dessa natureza.

Nos Capítulos 1 e 2 encontram-se a apresentação e os objetivos dos estudos, a descrição da localização e dos acessos ao local do barramento e a organização do relatório.

No Capítulo 3 são apresentadas as principais conclusões acerca do projeto elaborado, bem como as recomendações para as próximas fases.

O Capítulo 4 apresenta um comparativo entre alguns dados técnicos do projeto básico e do inventário de referência, com as justificativas para os itens que sofreram algum tipo de alteração.

No Capítulo 5 estão relacionados as investigações e levantamentos executados que subsidiaram os estudos, compreendendo as áreas de cartografia e topografia.

No Capítulo 6 estão apresentados os estudos hidrometeorológicos e, no Capítulo 7, os estudos geológico-geotécnicos.

O Capítulo 8 apresenta a metodologia adotada para composição dos custos referentes ao orçamento da usina.

Já o Capítulo 9 apresenta as premissas utilizadas para os dimensionamentos hidráulicos, incluindo desvio do rio, vertedouro e perdas de carga no circuito de adução.

No Capítulo 10 são apresentados os estudos de alternativas, que resultaram na seleção do arranjo a ser implantado.

O Capítulo 11 apresenta os estudos energético-econômicos que definiram a potência instalada do aproveitamento, e também o número de unidades geradoras, os parâmetros otimizados do circuito de adução e as quedas líquidas da usina.

No Capítulo 12 encontram-se os estudos finais, onde se apresentam, em detalhes, a descrição e caracterização das obras civis e dos equipamentos previstos no arranjo geral proposto.

No Capítulo 13 foram feitos comentários acerca da infraestrutura e logística de abastecimento, visando à implantação do empreendimento.

No Capítulo 14 encontra-se o detalhamento do Cronograma Físico de Construção, descrevendo as considerações assumidas.

O Capítulo 15 apresenta o orçamento detalhado do empreendimento, no modelo adotado pela Eletrobrás.

No Capítulo 16 encontra-se a análise técnico-econômica do empreendimento, juntamente com os critérios adotados.

Por fim, no Capítulo 17 encontra-se a ficha resumo do aproveitamento.

No Volume 2 encontram-se todos os desenhos referentes ao projeto.

No Volume 3 são apresentados os anexos de interesse ao projeto, divididos nos seguintes tomos:

- Tomo I: Levantamentos cartográficos e topográficos;
- Tomo II: Levantamentos topográficos;
- Tomo III: Investigações Geológico-Geotécnicas e Levantamentos Hidrométricos;
- Tomo IV: Estudos de motorização;
- Tomo V: Sumário Executivo e Documentos Processuais.

3. SUMÁRIO DAS PRINCIPAIS CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A PCH SU-93 foi identificada nos Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Sauê-Uiná, aprovados por meio do Despacho ANEEL nº 408/2020.

Considerando todos os estudos e levantamentos executados, o Projeto Básico resultou na proposta de implantação de uma Pequena Central Hidrelétrica com potência instalada de 9,15 MW, sendo 8,50 MW na casa de força principal e 0,65 MW para aproveitamento energético da vazão remanescente. A queda bruta nominal será de 23,3 m (casa de força principal) e a área de reservatório será de 179 ha.

Os níveis operacionais da PCH, relativos à casa de força principal, serão os seguintes:

- Montante:
 - Nível d'água máximo normal.....310,00 m
 - Nível d'água mínimo normal310,00 m
 - Nível d'água máximo maximorum.....311,50 m
- Jusante:
 - Nível d'água normal286,67 m
 - Nível d'água mínimo (despacho mínimo de uma unidade geradora).....284,60 m
 - Nível d'água máximo excepcional (cheia de projeto).....288,80 m

A concepção do arranjo final previu o aproveitamento da queda por meio de uma barragem de terra com seção zonada (solo argiloso compactado e solo arenoso/laterítico compactado), com as estruturas de concreto (estrutura de desvio, vertedouro e tomada d'água de controle do canal) incorporadas ao barramento, ocupando o leito do rio e a margem esquerda. A geração será feita por meio de canal de adução, com necessidade de previsão de vazão remanescente.

O eixo do barramento terá uma extensão de 390 m, sendo 225 m para as obras de terra e 165 m para as obras de concreto.

O vertedouro será de soleira livre, dimensionado para a vazão com recorrência milenar mas com sobrelevação para a passagem da cheia decamilenar sem riscos de galgamento, atendendo aos requisitos de segurança de barragens.

O desvio do rio será feito por meio de adufas a serem implantadas na margem esquerda, com controle do fechamento por meio de comporta corta-fluxo. Após a operação de fechamento do desvio e enchimento do reservatório, um dos vãos será preparado para o recebimento de uma unidade geradora complementar, para aproveitamento energético da vazão remanescente.

O circuito de adução será composto por uma estrutura de controle, seguida de canal de adução, câmara de carga, tomada d'água e conduto forçado até a entrada nas unidades geradoras. A partir da tomada d'água principal cada unidade terá um circuito independente. O circuito de baixa pressão (até a câmara de carga) atenderá às duas unidades.

O canal de adução terá extensão de 500 m, será escavado em solo e revestido em manta PEAD.

Cada conduto forçado terá extensão de aproximadamente 115 m e diâmetro principal de 3,0 m.

A casa de força principal possuirá dois grupos turbogeradores de eixo horizontal, com turbinas Kaplan "S", com potência unitária de 4.250 kW (turbina com 4.382 kW e gerador com 4.723 kVA).

A conexão da PCH SU-93 com o sistema elétrico da ENERGISA-MT deverá ser efetuada na Subestação Manobra Sapezal, em conjunto com as PCHs SU-118, SU-104 e SU-75.

A conexão entre a PCH SU-93, que concentrará as cargas das quatro usinas, com a SE Manobra Sapezal, será na tensão de 138 kV, circuito simples, com aproximadamente 63 km de extensão.

As **Ilustrações 18 a 61** apresentam o arranjo geral e detalhes das estruturas componentes da PCH SU-93.

A operação da usina será a fio d'água, com produção estimada de 7,59 MW médios (expectativa de Garantia Física, sendo 7,01 MW médios na casa de força principal e 0,58 MW médios na casa de força complementar), correspondendo a um fator de capacidade médio de 0,83, resultando em aproximadamente 66,5 GWh/ano de energia gerada.

O custo total do empreendimento foi estimado em **R\$ 108.356.560,00 (cento e oito milhões, trezentos e cinquenta e seis mil, quinhentos e sessenta reais)**, incluindo o sistema de transmissão e juros durante a construção, referenciados a junho de 2021.

O custo de implantação será de aproximadamente R\$ 11.850 por kW instalado, incluindo Usina, SE, LT e juros durante a construção, e o Índice Custo-Benefício (ICB) foi estimado em 192 R\$/MWh.

Tendo como cenário atual tarifas no ACR para empreendimentos hidrelétricos de pequeno porte, verifica-se que a PCH SU-93 se mostrou competitiva.

Para as próximas fases recomendam-se ações específicas visando à otimização do projeto e sua redução de custos. Dentre elas, recomenda-se que sejam iniciadas as tratativas com fornecedores de equipamentos, objetivando a customização das soluções, considerando a construção do complexo com 4 usinas de mesmo porte: SU-118 (8,50 MW), SU-104 (6,70 MW), SU-93 (9,15 MW) e SU-75 (9,10 MW), totalizando aproximadamente 32 MW, com similaridade em alguns grupos geradores e demais equipamentos.

Recomenda-se também o aprofundamento das campanhas de investigações geológico-geotécnicas, para subsidiar os estudos de otimização do arranjo, em conjunto com empreiteira civil, visando à simplificação da logística para as obras e dos custos unitários dos insumos.

Por fim, recomenda-se a realização de estudos junto à concessionária de energia, visando à definição e, se possível, simplificação do sistema de conexão para o complexo.

Por fim, com base no projeto desenvolvido e nas soluções propostas e apresentadas neste Projeto Básico de Engenharia, recomenda-se que sejam iniciadas as tratativas junto à SEMA-MT, com o objetivo de se obter um Termo de Referência para a execução dos estudos ambientais.

4. EIH E PB: CARACTERÍSTICAS E JUSTIFICATIVAS PARA ALTERAÇÕES DE PROJETO

Ao longo do desenvolvimento do Projeto Básico da PCH SU-93, buscou-se a adequação do mesmo com os parâmetros principais, definidores do potencial hidráulico, estabelecidos nos Estudos de Inventário de referência, bem como o conceito do aproveitamento ótimo, em observações e atendimento às normas vigentes.

A Tabela 4-1 apresenta um quadro comparativo de algumas características do aproveitamento contidas tanto nos estudos de inventário (valores de referência) quanto no projeto básico (valores definitivos), o que permite uma análise das principais alterações promovidas com o avanço do projeto.

Tabela 4-1: Quadro comparativo entre Inventário e Projeto Básico

Características	Estudos de Inventário	Projeto Básico	
		Casa de Força principal	Casa de Força complementar
Coordenadas de referência (barramento)	12° 47' 23,7" S	12° 47' 29,10" S	
	58° 38' 33,7" W	58° 38' 42,03" W	
Coordenadas de referência (casa de força)	12° 47' 24,97" S	12° 47' 07,90" S	12° 47' 26,79" S
	58° 38' 30,45" W	58° 38' 33,70" W	58° 38' 41,58" W
Distância até a foz (km)	92,50	92,93	
Área de drenagem (km ²)	1.525	1.525	
Potência instalada (MW)	9,85	8,50	0,65
Energia média (MW médios)	8,49	7,27	0,58
Garantia Física (MW médios)	-	7,01	0,58
Número de unidades	2	2	1
Nível d'água de montante (m)	310,00	310,00	
Nível d'água normal de jusante (m)	286,61	286,67	292,43
Queda bruta nominal (m)	23,39	23,33	17,57
Perda hidráulica nominal (m)	0,70	0,54	0,53
Queda líquida nominal (m)	22,69	22,79	17,04
Tipo de turbina	Kaplan "S", eixo horizontal	Kaplan "S", eixo horizontal	Hélice, eixo vertical
Rendimento da turbina	93,00%	93,00%	91,00%
Rendimento do gerador	97,00%	97,00%	95,00%
Indisponibilidade forçada	1,26%	1,26%	1,26%
Indisponibilidade programada	3,73%	1,74%	1,74%
Vazão de projeto do vertedouro (m ³ /s)	122,9	134,00	
Vazão remanescente (m ³ /s)	nula	10% da MLT mensal	nula
Área do reservatório (km ²)	2,28	1,79	
Vazão média de longo termo (m ³ /s)	45,00	41,20	

Com o intuito de justificar as alterações promovidas, partiu-se para uma síntese de cada item inserido na tabela, cujas definições, verificações, dimensionamentos e particularidades são detalhados ao longo deste relatório.

- a) Coordenadas de referência: o eixo do barramento previsto no inventário sofreu um deslocamento para montante, de aproximadamente 430 m, em função dos resultados do levantamento topográfico. Com este deslocamento a barragem teve uma redução de aproximadamente 6 m na altura, tendo como contrapartida a implantação de um canal de adução na margem esquerda. Com relação à casa de força, foi promovido um deslocamento para jusante, configurando um empreendimento de derivação, para os ajustes das cotas previstas no inventário.
- b) Área de drenagem: não houve alteração com relação ao inventário.
- c) NA máximo de montante: não houve alteração com relação ao inventário.
- d) NA normal de jusante: de acordo com as mais recentes práticas da EPE para a habilitação de projetos para participação em leilões de energia, o NA normal de jusante é o nível d'água associado à passagem da vazão turbinada nominal de todas as unidades geradoras, sem vertimento. Para a definição do NA normal de jusante foi lançada na curva-chave do canal de fuga a vazão turbinada nominal somada à vazão remanescente máxima, observada no mês de março. As diferenças foram mínimas.
- e) Queda bruta nominal: houve uma pequena redução na queda bruta, em função da elevação em 6 cm do NA normal de jusante.
- f) Perdas hidráulicas: nos estudos de inventário as perdas de carga foram estimadas a partir de um percentual fixo da queda bruta (3%). Já no presente estudo foram levantadas equações de perda de carga em todo o circuito de adução, tendo as mesmas sido inseridas no modelo energético de simulação do aproveitamento, garantindo maior confiabilidade aos resultados.
- g) Queda líquida: a queda líquida sofreu aumento de 10 cm com relação aos estudos de inventário, em função dos ajustes no nível nominal de jusante e nas perdas hidráulicas.
- h) Tipo de turbina e número de unidades geradoras: a solução proposta no inventário foi mantida para o projeto básico, com implantação de duas turbinas Kaplan "S", de eixo horizontal. Para a etapa de projeto básico foi inserida uma máquina adicional, de pequena potência, para aproveitamento energético da vazão remanescente.
- i) Rendimento do conjunto gerador: foram utilizados rendimentos compatíveis com as máquinas propostas, obtidos a partir da experiência em projetos similares e de consultas a fornecedores especializados.
- j) Indisponibilidades forçada e programada:

A Taxa de Indisponibilidade Forçada (TEIF) reflete o número de horas em que uma ou mais unidades geradoras deixaram de operar em decorrência de um desligamento causado por falha ou defeito de um componente ou unidade que acarretem em retirada de serviço do equipamento ou parte dele. Resulta de condições de emergência ou acidentais que requeiram que o equipamento seja desligado. Desta forma, por tratar-se de ato ou evento sobre o qual não se tem domínio, a definição dos valores da TEIF deve se valer das estatísticas de usinas similares, uma vez não ser possível sua prévia mensuração. Adotou-se para a TEIF o valor de 1,26%, conforme sugerido pela ANEEL na Nota Técnica nº 063/2012-SRG-SGH/ANEEL, de 29 de agosto de 2012.

Já a Taxa de Indisponibilidade Programada (IP) reflete os desligamentos programados para manutenção nos períodos em que a unidade ou componente esteve ou poderia ter estado em serviço caso não tivesse ocorrido o desligamento. Para mensuração das taxas mais adequadas para serem adotadas no presente projeto básico, obteve-se junto à Brasil PCH S.A. (www.brasilpch.com.br),

produtora independente de energia que, desde 2009, opera 13 Centrais Hidrelétricas de porte similar nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, as taxas de indisponibilidade reais observadas neste complexo. Os números indicam uma taxa de indisponibilidade total, programada e forçada, nos últimos 36 meses de operação, de 1,74%. Para determinação das taxas de indisponibilidades do projeto optou-se, de forma conservadora, a utilizar o valor total de indisponibilidades da Brasil PCH como Indisponibilidade Programada.

- k) Vazão média de longo termo (Q_{mlt}): os estudos hidrometeorológicos, detalhados no Capítulo 6, foram atualizados e mostraram algumas diferenças em relação ao inventário, com relação à série de vazões médias mensais.

A série de médias mensais foi atualizada até dezembro de 2020 e contemplou o monitoramento hidrométrico iniciado em 2019. Os dados medidos localmente puderam ser comparados com os dados do posto base, no mesmo período, possibilitando a correlação mais precisa.

A Figura 4-1 apresenta as curvas de permanência de vazões médias mensais para as duas fases do projeto, mostrando a redução na disponibilidade hídrica da ordem de 8%.

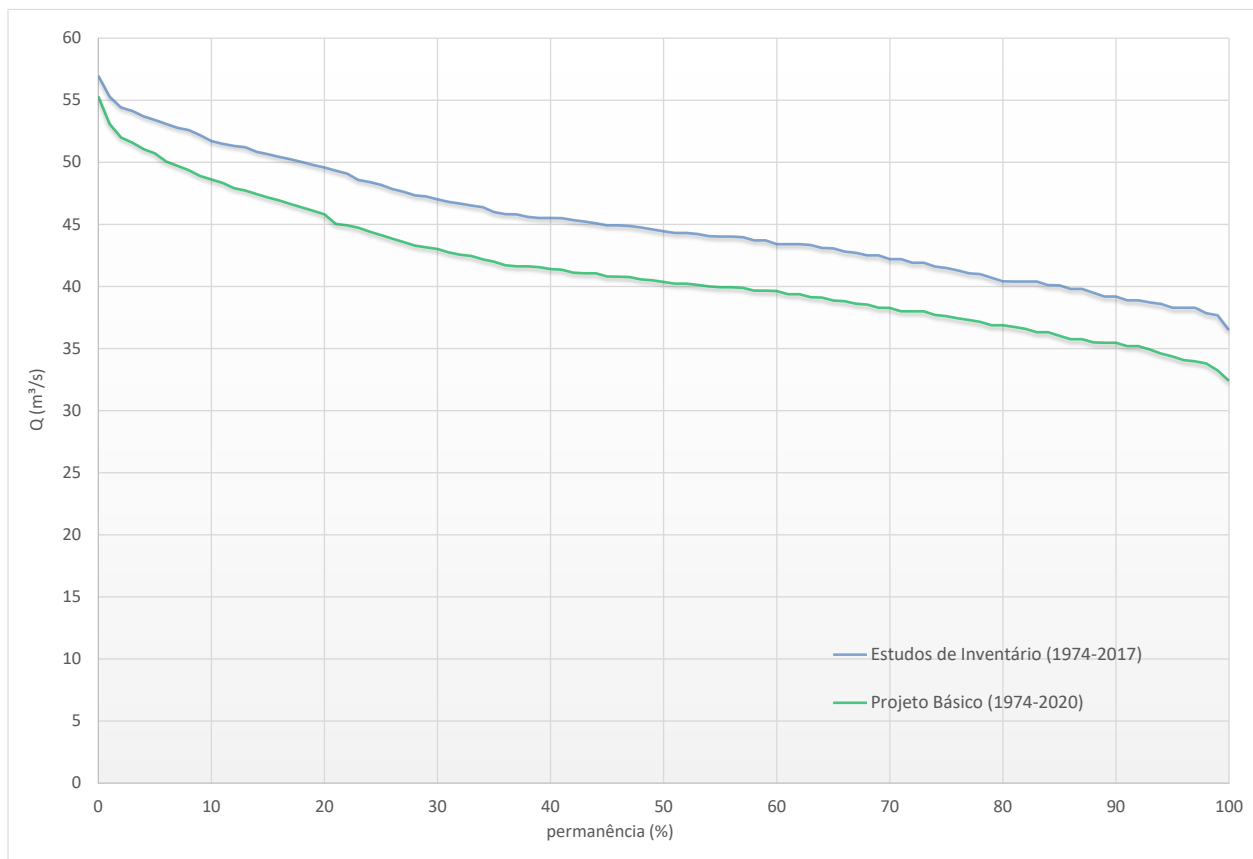


Figura 4-1: EIH e PB – Séries de vazões médias mensais – Curvas de permanência comparativas

- l) Vazão remanescente: na etapa de inventário o empreendimento havia sido previsto com geração ao pé do barramento, mas esta solução foi alterada no projeto básico em função da obtenção da topografia precisa no sítio. Como a usina passou a ter derivação, foi mantido o critério praticado pela SEMA-MT.
- m) Potência instalada e energia média: nos Estudos de Inventário, a potência foi definida como um valor de referência e a energia média associada a um fator de capacidade pré-determinado. Cabe à etapa de

Projeto Básico definir o valor “ótimo”, ou a potência mínima a instalar, por meio dos estudos de motorização, com cálculo das variações de custo e benefício incrementais. As abordagens e metodologias aplicadas para a determinação da potência instalada encontram-se no Capítulo 11.

Tendo em vista a redução na disponibilidade hídrica com relação ao inventário e a necessidade de previsão de vazão remanescente, os estudos de motorização apontaram para uma potência instalada aproximadamente 14% inferior. Com o aproveitamento energético da vazão remanescente a diferença é reduzida a apenas 7% (9,85 MW no inventário e 9,15 MW no projeto básico).

- n) Vazão de projeto do vertedouro: os estudos de vazões extremas foram atualizados, mostrando pequenas diferenças com relação ao inventário. Para a etapa de projeto básico o vertedouro foi dimensionado para a cheia com recorrência milenar, com garantia de proteção de todas as estruturas de barramento para o escoamento da cheia com recorrência decamilenar.
- o) Área do reservatório: a execução de perfilamento laser em toda a área de interesse permitiu a determinação precisa da área do reservatório. O deslocamento para montante no eixo do barramento possibilitou a redução da área do reservatório em aproximadamente 50 ha com relação ao inventário.

Ao longo deste relatório de projeto básico são apresentados detalhadamente todos os estudos realizados e fundamentadas todas as alterações necessárias no projeto concebido nas etapas anteriores.

5. LEVANTAMENTOS CARTOGRÁFICOS E TOPOGRÁFICOS

Este capítulo tem como objetivo apresentar uma síntese dos serviços cartográficos e topográficos realizados na área prevista para implantação do aproveitamento. Ressalta-se que os mesmos atenderam plenamente às Diretrizes de Cartografia e Topografia da ANEEL, em sua última versão.

Todo o material resultante dos levantamentos cartográficos e topográficos realizados são apresentados no **Volume 3 – Tomos I e II**.

5.1. Cartografia e Topografia – Estudos de Inventário

Os levantamentos cartográficos e topográficos apresentados nos Estudos de Inventário do rio Sauê-Uiná foram desenvolvidos em dois períodos distintos. Os primeiros, no período 2010-2012, e os demais, em 2019.

Nos levantamentos de campo executados em 2010-2012 optou-se pela execução de uma restituição aerofotogramétrica em toda a área estudada, a partir de fotografias aéreas recentes e obtidas em um sobrevoo na escala 1/25.000.

Também no período 2010-2012, foram executados os seguintes serviços topográficos:

- Levantamento dos perfis topográficos dos rios Sauê-Uiná e do Calor;
- Implantação do apoio de campo – rede de apoio básico;
- Levantamento de seções topobatimétricas nos eixos de barramento definidos aquela época;
- Instalação de marcos topográficos nas proximidades dos eixos de barramento definidos aquela época;
- Cadastramento e amarração dos furos de sondagem executados;
- Amarração das estações fluviométricas instaladas.

Os serviços foram realizados pelas empresas **Aerotri Aerofotogrametria e Topografia Ltda.** (parte do apoio de campo e restituição aerofotogramétrica), **Planigeo Topografia e Geoprocessamento Ltda.** e **Novo Norte Energia e Consultoria Ltda.** (apoio de campo, perfil topográfico, seções topobatimétricas, marcos topográficos e amarração de sondagens e estações fluviométricas) e **Topowild Serviços Topográficos Ltda.** (apoio de campo e perfil do rio do Calor).

Nos levantamentos topográficos executados no ano de 2019 foi considerado o seguinte escopo de trabalho:

- Reocupação/reimplantação de marcos de apoio e marcos-base existentes na área, resultantes dos trabalhos executados em 2010-2012;
- Levantamento de pontos adicionais de níveis d'água (NA's), aproximadamente 50 pontos, em trechos de maior declividade do rio;
- Levantamento de pontos adicionais de topografia (HV's), aproximadamente 30 pontos, para atualização da restituição aerofotogramétrica elaborada em 2010-2012;
- Levantamento de 12 seções topobatimétricas adicionais;
- Reprocessamento dos pontos de níveis d'água (NA's) levantados em 2010-2012, a partir das informações atualizadas dos marcos topográficos reocupados/reimplantados;
- Reprocessamento dos pontos de topografia (HV's) levantados em 2010-2012, a partir das informações atualizadas dos marcos topográficos reocupados ou reimplantados;

- Reprocessamento das seções topobatimétricas levantadas em 2010-2012;
- Reprocessamento da amarração planialtimétrica de sondagens executadas em 2010-2012;
- Reprocessamento da amarração planialtimétrica das estações fluviométricas instaladas em 2010-2012.

A empresa **Topogeo Topografia e Geomática Ltda.** executou todos os serviços topográficos dessa etapa dos estudos de inventário.

Nas duas etapas de levantamentos, 2010-2012 e 2019, todas as operações de campo e de escritório foram executadas de maneira automatizada, com a utilização de equipamentos modernos de medição e softwares específicos.

O sistema de referência utilizado foi o SIRGAS2000. A conversão de altitudes elipsoidais para altitudes ortométricas foi feita a partir do MAPGEO2010 para os levantamentos executados em 2010-2012 e a partir do MAPGEO2015 para os levantamentos executados em 2019.

5.2. Cartografia e Topografia – Projeto Básico

Todos os levantamentos cartográficos e topográficos executados durante o desenvolvimento dos estudos de inventário foram avaliados para utilização do Projeto Básico aqui apresentado.

Dessa análise entendeu-se ser necessária a elaboração de uma nova base topográfica para o projeto, com o objetivo de caracterizar, com a máxima fidelidade, a morfologia do terreno natural no sítio de implantação das estruturas de barramento e do circuito de adução/geração.

Isso foi feito por meio da contratação de um perfilamento a laser de toda a área de interferência do futuro aproveitamento (arranjo geral das estruturas de barramento e de geração e reservatório). Esse perfilamento, com curvas de nível equidistantes de 1,0 m, foi executado pela empresa **SAI Serviços Aéreos Industriais**.

Quanto aos serviços topográficos complementares, foram especificados e executados no ano de 2021:

- Levantamento de algumas seções topobatimétricas adicionais às executadas em 2019;
- Amarração planialtimétrica dos furos de sondagens especificados para o Projeto Básico.

A empresa **Topogeo Topografia e Geomática Ltda.** foi a executora de todos os serviços topográficos complementares que subsidiaram o desenvolvimento do Projeto Básico em tela. Cabe aqui ressaltar que parte dos levantamentos executados em 2019 foi aqui utilizada, tornando-se a campanha realizada em 2021, complementar à anterior.

5.2.1. Perfilamento a Laser

O princípio básico do sistema de perfilamento a laser é a obtenção de registros contínuos de coordenadas espaciais, as quais constituem os elementos primários para a modelagem do terreno e geração de mapas topográficos derivados destas informações.

O sistema de Perfilamento a Laser Aerotransportado (ALS – Airborne Laser Scanning) é um sensor remoto ativo utilizado para medir a distância entre o sistema imageador e a superfície dos objetos. O sistema obtém dados digitais da superfície do terreno com precisão equivalente à do sistema GPS.

O LIDAR é composto por três componentes básicos: uma unidade de medição laser, encarregada de emitir e receber o sinal laser, um sistema de varredura óptico mecânico e uma unidade de registro de medições de apoio.

O princípio do seu funcionamento baseia-se na utilização de um pulso de laser que é disparado na direção da superfície, e, ao atingi-la, parte desse sinal emitido é refletida na direção do sensor. O sensor mede tanto a intensidade do sinal de retorno, como o tempo decorrido entre a emissão e a captação do retorno, o qual é utilizado para calcular a distância sensor-objeto, considerando que o pulso laser se propaga à velocidade da luz. A posição tridimensional do ponto onde o raio é refletido é determinada com base na distância entre o sensor e a superfície da terra e a orientação do raio.

A grande vantagem oferecida pelo sistema é a possibilidade de obter uma grande quantidade de dados representativos da superfície de interesse, que podem ser processados para obter modelos digitais do terreno. O maior potencial de aplicação da tecnologia de Perfilamento Laser para o mapeamento topográfico é a obtenção da informação altimétrica de uma determinada superfície utilizando metodologia diferente das tradicionais com menor tempo de trabalho.

A ortorretificação tem como objetivo a reconstrução do terreno fotografado a partir de suas fotografias. A combinação das fotografias digitais e do perfilamento a laser deu início à LIDARGRAMETRIA, onde informações resultantes do perfilamento subsidiam o processo de ortorretificação das imagens digitais.

O perfilamento a laser executado no rio Sauê-Uiná, no município de Sapezal, estado de Mato Grosso, contemplou a área indicada na Figura 5-1 e na Figura 5-2.

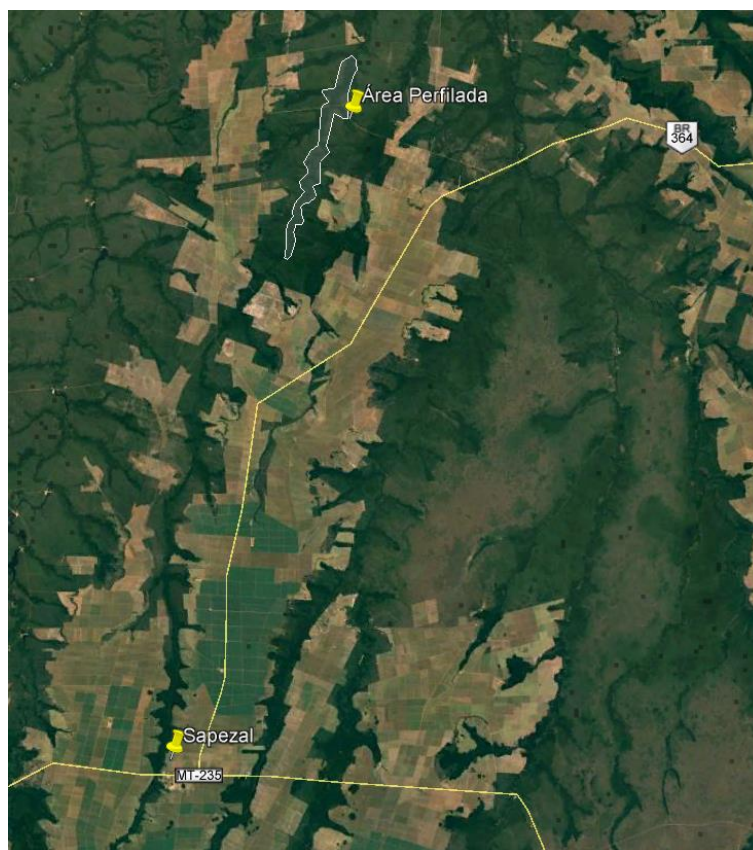


Figura 5-1: Localização da área perfilada

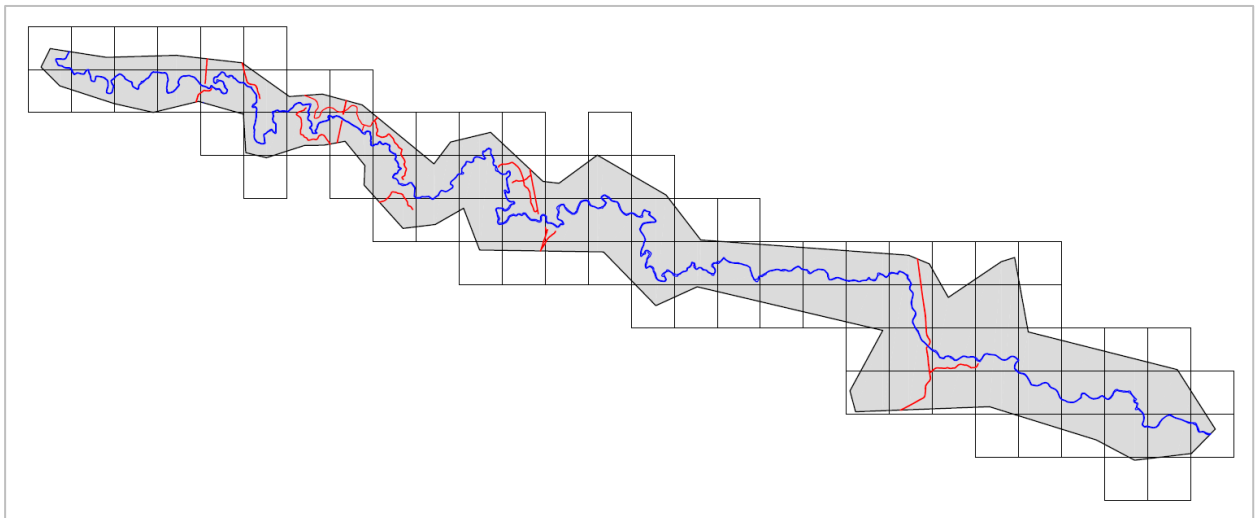


Figura 5-2: Área total do perfilamento a laser

No planejamento do trabalho foram definidas as características da aquisição dos dados, levando-se em consideração as informações fornecidas pelo cliente, e a logística do trabalho (cidades que serviram como base para as equipes de campo, postos de reabastecimento, etc.).

O princípio do perfilamento laser consiste na emissão de feixes laser infravermelho em direção a superfície terrestre, que após tocarem a superfície, são refletidos e captados pelo receptor acoplado ao equipamento. Para cada feixe emitido é registrado o tempo de percurso aeronave – objeto – aeronave. A partir do tempo de percurso do laser, é possível determinar a distância do objeto por meio da seguinte fórmula:

$$\text{Distância} = (\text{Velocidade da Luz} \times \text{Tempo de Resposta})/2$$

A definição do número de pontos por metro quadrado, a altura do voo, a sobreposição longitudinal das faixas, o tempo de aquisição e a velocidade de voo são parâmetros definidos no plano de voo.

Juntamente com a localização da área do perfilamento, essas informações definem as linhas de voo e o traçado que será executado pela aeronave para recobrir a área de interesse.

Serão apresentados a seguir os parâmetros utilizados para a configuração do plano de voo, que constituem o plano de voo analítico para o levantamento.

- Período da aquisição dos dados 05/2020
- Aeronave Aeronave Seneca IV
- Altura do voo 700 m
- Largura da faixa varredura 509 m
- Velocidade média 120 km/h
- Tempo estimado da aquisição 9 horas e 11 minutos
- Ângulo de escaneamento 40°
- Sobreposição longitudinal 32%

- Pontos/m² da aquisição2,81
- Sobreposição lateral das imagens.....60%

Os produtos desenvolvidos no perfilamento a laser foram os seguintes:

- Arquivo Texto (representam as coordenadas dos pontos do terreno – Leste, Norte, Altitude Ortométrica);
- Arquivos rinex, Receiver Independent Exchange Format, utilizados para compatibilizar os dados gerados por receptores de diferentes fabricantes e que podem ser processados por diferentes programas; estão em formato texto;
- Ortofotos (arquivos imagem resultante do processo de ortorretificação já explicado anteriormente; diferente do processo convencional de aerofotogrametria, as ortofotos no levantamento laser não têm como objetivo a geração das curvas de nível, pois para gerar as curvas utiliza-se o modelo digital do terreno, como já mencionado; as ortofotos continuam sendo ferramentas importantes na tomada de decisão, facilitando assim a identificação de hidrografias, vias de acesso e edificações; as ortofotos desse trabalho têm resolução espacial de 25 cm, estão no formato JPG + JGW e podem ser visualizadas em qualquer software de imagens ou importadas como referência externa em software como AutoCad, Microstation, entre outros);
- Curvas de Nível e Pontos Cotados (as curvas de nível são representadas pela cor sépia (marrom) e são diferenciadas em curvas de nível mestra e intermediárias; a curva mestra é indicada por uma linha mais grossa que a usual e é contada a cada cinco curvas de nível a partir da curva de valor zero; os pontos cotados são representados numericamente e indicam a sua cota ou altitude);
- Identificação de Elementos Notáveis (na vetorização são identificados e organizados em layers os principais elementos notáveis presentes nas imagens, tais como: hidrografia, vias de acesso, edificações, pontes e outros, conforme a requisitos técnicos do projeto);
- Layouts (o layout é a representação gráfica da área vetorizada para uma determinada escala e a altimetria é representada pelas curvas de nível e pelos pontos cotados; além da representação gráfica, são apresentadas as informações cartográficas, tais como, coordenadas, escala, sistema de referência, meridiano central, data e sua localização nacional);
- Mapa Hipsométrico (o mapa hipsométrico representa o relevo utilizando as curvas de nível; aos espaços entre as curvas são atribuídas cores que mostram a menor e maior declividade do relevo, e constam na legenda do mapa com seus valores máximo e mínimo para a área fornecida).

No perfilamento aqui apresentado foi perfilada uma área total de aproximadamente 50,72 km² e geradas 90 ortofotocartas, conforme mosaico disposto na Figura 5-2.

A Figura 5-3 e Figura 5-4 apresentam, respectivamente, o Modelo Digital do Terreno (MDT) e o Modelo Digital de Superfície (MDS) resultantes do levantamento.

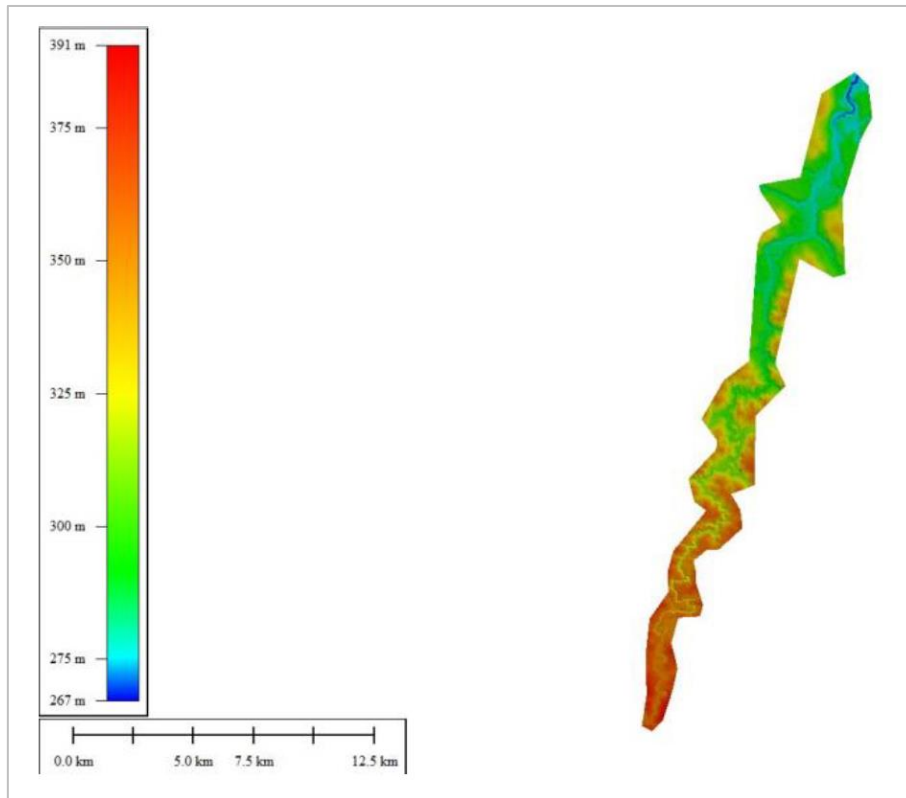


Figura 5-3: MDT do perfilamento

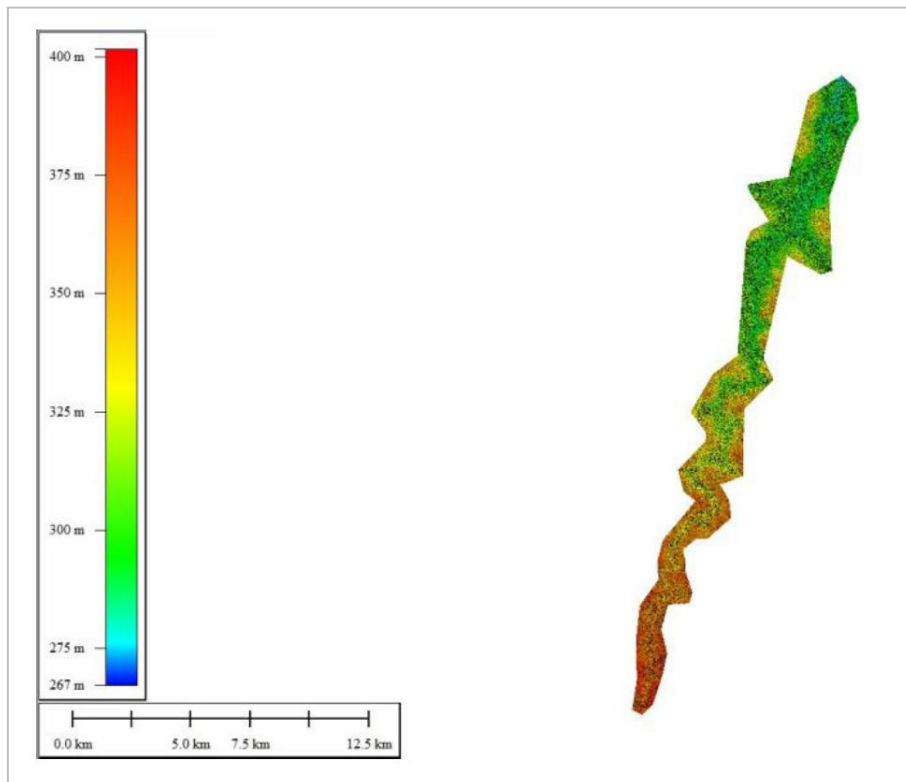


Figura 5-4: MDS do perfilamento

O sistema laser e a câmera digital podem ser instalados tanto em aviões quanto em helicópteros. Na aeronave também são instalados um sistema inercial (Unidade Inercial de Movimento (IMU)), responsável pelo registro do trabalho realizado pela aeronave e uma antena GPS, responsável pela determinação da posição da mesma em um determinado instante.

No aerolevante foram utilizados os seguintes equipamentos:

- LaserScan Optech ALTM Gemini,
- Câmera digital iXU RS 1000 RGB.

O sistema laser e as câmeras fotográficas foram montados em uma abertura no piso da aeronave, devidamente homologada, possibilitando assim que o sensor possa emitir e receber os pulsos laser e as câmeras tomem as fotografias do terreno.

Portanto, dentro da aeronave estão presentes:

- Antena GPS;
- Sistema inercial (IMU);
- Sensor laser.

5.2.2. Levantamentos Topográficos Complementares

Complementando os trabalhos topográficos executados em 2019, a empresa **Topogeo Topografia e Geomática Ltda.** voltou a campo para o levantamento de seções topobatimétricas complementares e para a amarração planialtimétrica dos furos de sondagens especificados para o projeto do aproveitamento.

Os trabalhos topográficos foram executados nos meses de maio e junho de 2021 e contemplaram o levantamento de 03 (três) seções topobatimétricas e a amarração planialtimétrica de 16 (dezesseis) furos de sondagens.

Foram executadas as seguintes etapas no levantamento:

- Transporte de coordenadas a partir dos vértices oficiais (RBMC's IBGE) – CUIB-Cuiabá/MT, MTLA-Pontes e Lacerda/MT, ROCD-Colorado do Oeste/MT;
- Levantamento planialtimétrico das seções transversais especificadas para o sítio no rio Sauê-Uiná (seções topobatimétricas);
- Amarração planialtimétrica dos furos de sondagens especificados para o projeto, com a definição das “cotas de boca” desses furos.

5.2.2.1. Metodologia Empregada nos Levantamentos

Todo o presente trabalho foi embasado nas “Diretrizes para Elaboração de Serviços de Cartografia, de Topografia e Georreferenciamento de Mapas, Desenhos e Arquivos Eletrônicos, relativos a Estudos e Projetos de Centrais Hidrelétricas”, publicadas pela ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, nas atualizações das recomendações, normas e notas técnicas emitidas pela ANEEL, na NBR 13.133 (maio/1994), referente à execução de levantamento topográfico, bem como, nas Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos publicados pelo IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Para o transporte das coordenadas e altura geométrica para os marcos reocupados ou implantados foi utilizado equipamento GNSS (GPS/GLONASS), simultâneos aos vértices oficiais RBMC's (IBGE), CUIB-Cuiabá/MT, MTLA-Pontes e Lacerda/MT, ROCD-Colorado do Oeste/MT, com máscara de elevação de 10° e

taxa de coleta a cada 15 segundos, como determina a norma e ainda obedecendo ao tempo mínimo para rastreamento, dado pela Tabela 5-1.

Tabela 5-1: Tempo mínimo de rastreamento

Linha de Base	Tempo de Observação	Equipamento Utilizado	Precisão
0 – 5 km	5 – 10 minutos	L1 ou L1/L2	5 – 10 mm + 1 ppm
5 – 10 km	10 – 15 minutos	L1 ou L1/L2	5 – 10 mm + 1 ppm
10 – 20 km	10 – 30 minutos	L1 ou L1/L2	5 – 10 mm + 1 ppm
20 – 50 km	2 – 3 horas	L1/L2	5 mm + 1 ppm
50 – 100 km	Mínimo de 3 horas	L1/L2	5 mm + 1 ppm
> 100 km	Mínimo de 4 horas	L1/L2	5 mm + 1 ppm

Nos trabalhos desenvolvidos em 2019, referentes aos Estudos de Inventário, foi recuperado o seguinte conjunto de marcos:

- MQ06, M03, M-A5, BASE-009, BASE-001, BASE-002, BASE-003, BASE-03NN, BASE-004, BASE-05, BASE-006, BASE-007, BASE-008, M-1, M-2, M-A1, M-A2, M-A4, MC-01, MC-03, MC-02, MC-04, MC-05, MC-08, PT01, PT08, MC-06 e MC-07.

Além desses, àquela época foram implantados novos marcos, listados a seguir:

- BASE-04NN, BASE-008B, M-A7, M-A8, M-A9 e M-A11.

Para o levantamento das seções topobatimétricas especificadas, por técnicas GNSS (GPS/GLONASS), todos os marcos implantados nas duas margens foram adotados como referência.

No levantamento dessas seções, pelo método de locação de linha, seguiu-se coletando pontos a partir do marco instalado na margem esquerda, com orientação em ponto de rastreamento na mesma margem esquerda, até se chegar ao ponto instalado na margem direita. Dessa forma, tornou-se possível verificar o fechamento da poligonal.

Nos trabalhos de campo para levantamento das seções topobatimétricas foi utilizado um bastão equipado com um prisma refletivo em sua extremidade superior. Assim sendo, os dados levantados foram gravados na memória do equipamento (Estação Total), depois descarregados em escritório e processados por software comercial (TopoGRAPH V.403).

O processamento e ajustamento das coordenadas dos marcos recuperados ou implantados foram realizadas utilizando-se o software MAGNET TOOLS V.4.2, com vantajosa exposição de gráficos e relatórios preliminares, permitindo análise detalhada de cada vetor. Em seguida, foram realizados os processamentos e ajustamentos definitivos dos vetores, conforme relatórios de processamento dos levantamentos (**Volume 3 – Tomo II**), obtendo-se assim as coordenadas de cada marco, com precisões sempre melhores que as estabelecidas nas normas e diretrizes de topografia.

As listagens completas de todos os cálculos realizados – processamento de vetores, ajustamento de rede GNSS (GPS/GLONASS) – estão apresentadas no **Volume 3 – Tomo II** destes Estudos de Projeto Básico.

Para obtenção das coordenadas dos marcos recuperados/implantados foram realizadas as seguintes etapas:

- Transferência automática dos arquivos brutos dos receptores GNSS para o computador, por meio de cabo de comunicação (USB). O programa para realizar esta atividade foi o PCCDU v.7.12;
- Exportação dos arquivos brutos para o formato RINEX, utilizando o programa TOPCON LINK v.8.2;
- Utilização do software MAGNET TOOLS v.4.2;

- Importação dos arquivos RINEX dos marcos reocupados/implantados;
- Importação dos arquivos RINEX dos marcos do IBGE (RBMC's): CUIB-CUIABÁ/MT; MTLA-Pontes e Lacerda/MT; ROCD-Colorado do Oeste/MT;
- Introdução das coordenadas SIRGAS2000, dos pontos de controle vertical e horizontal segundo monografia homologada pelo IBGE (marcos do IBGE);
- Processamento e seleção dos melhores vetores;
- Ajustamento da rede, seguindo o estilo dado pela Figura 5-5.

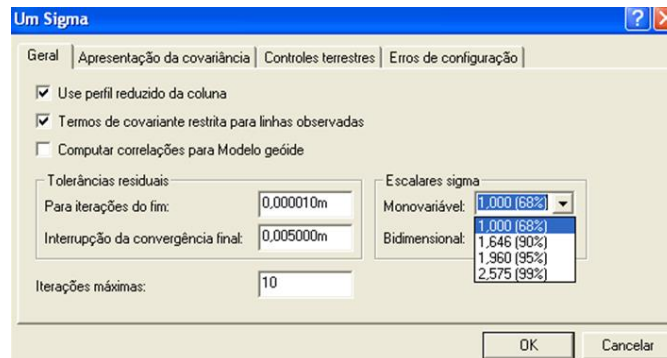


Figura 5-5: Ajuste realizado "UM SIGMA", com 68,7% de confiabilidade

- Listagem de relatórios.

A Figura 5-6 apresenta o esquema do transporte da base de apoio utilizando-se as RBMC's (IBGE).

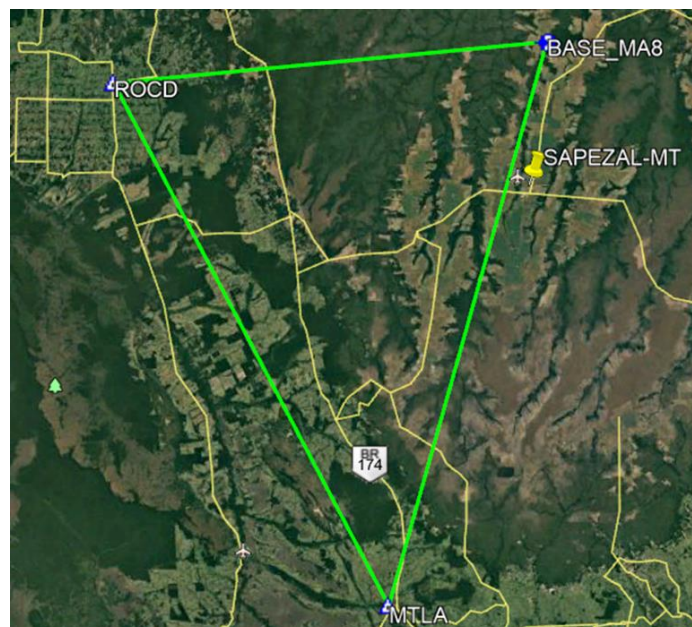


Figura 5-6: Transporte da base de apoio utilizando as RBMC's selecionadas

O processamento dos arquivos GNSS (GPS/GLONAS) dos marcos reocupados/implantados, dos marcos das novas seções topobatimétricas e dos pontos correspondentes aos furos de sondagens foi realizado a partir

das coordenadas dos marcos geodésicos já listados. Para tanto, foi utilizado o software MAGNET TOOLS v.4.2., com precisões sempre melhores que as estabelecidas nas normas e diretrizes de topografia adotadas como referência.

As listagens completas de todos os cálculos realizados – processamento de vetores, ajustamento de rede GNSS (GPS/GLONNAS) – estão apresentados no **Volume 3 – Tomo II** destes Estudos de Projeto Básico.

No processamento em questão foram realizadas as seguintes etapas:

- Transferência automática dos arquivos brutos dos receptores GNSS para o computador por meio de cabo de comunicação (USB). O programa para realizar esta atividade foi o PCCDU v.7.12;
- Exportação dos arquivos brutos para o formato RINEX, utilizando o programa TOPCON LINK v.8.2;
- Utilização do software MAGNET TOOLS v.4.2;
- Importação dos arquivos RINEX do marco de apoio mais perto do local dos pontos (ver relatórios de NA's e HV's – **Volume 3 – Tomo II**);
- Introdução das coordenadas SIRGAS2000, dos pontos de controle vertical e horizontal;
- Processamento e seleção dos melhores vetores;
- Listagem de relatórios;
- Exportação de coordenadas.

A Figura 5-7 e a Figura 5-8 apresentam os esquemas empregados nos levantamentos das seções topobatimétricas e na amarração planialtimétrica da localização dos furos de sondagens.



Figura 5-7: Esquema empregado na implantação dos marcos das seções topobatimétricas

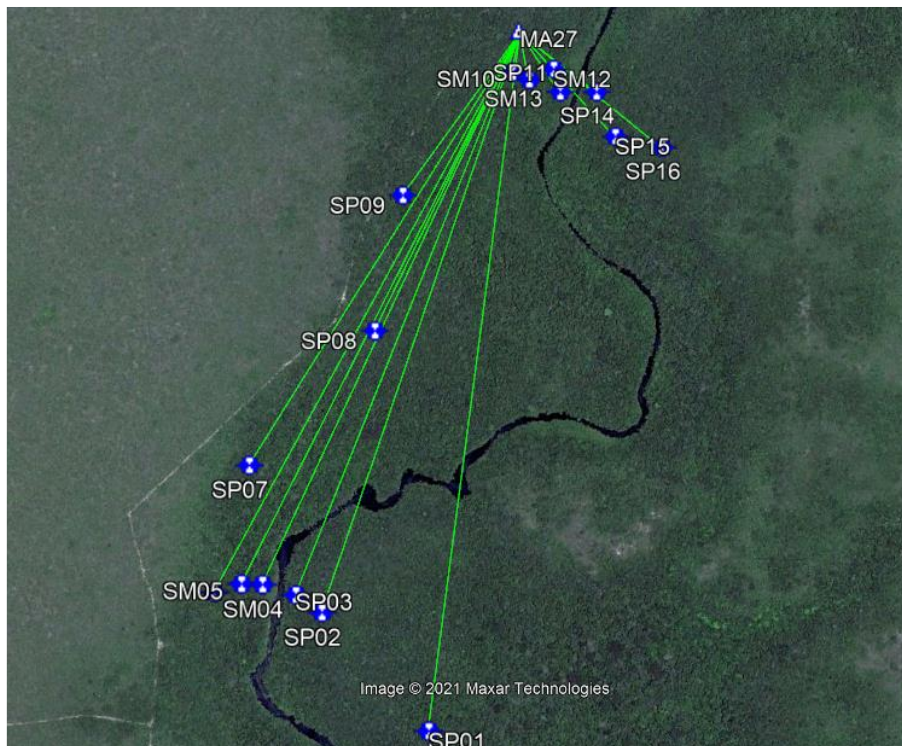


Figura 5-8: Esquema empregado na amarração planialtimétrica dos furos de sondagens

O processamento dos arquivos referentes ao levantamento das seções topobatimétricas tiveram como apoio os pontos topográficos implantados nas margens (definição da seção topobatimétrica), conforme relatório de processamento apresentado no **Volume 3 – Tomo II**. Nesse processamento foi utilizado o software TOPOGRAPH v.4.03 e as precisões alcançadas foram sempre melhores que as estabelecidas em normas e diretrizes de topografia.

As listagens completas de todas as seções topobatimétricas encontram-se no **Volume 3 – Tomo II**.

No processamento em questão foram realizadas as seguintes etapas:

- Transferência automática dos arquivos brutos da coletora para computador por meio de cabo de comunicação (USB);
- Utilização do TOPOGRAPH v.4.03;
- Formatação da caderneta de campo formato *.C21;
- Geração de pontos com coordenadas Norte, Este e altitude elipsoidal;
- Cálculo da ondulação geoidal de cada ponto utilizando o MAPGEO2015 V1;
- Listagem de relatórios com as devidas altitudes ortométrica.

Para o transporte de altitude ortométrica foi utilizado o método direto. Neste método, o transporte de altitude é realizado com posicionamento GNSS para obtenção da componente vertical – altura elipsoidal (h). A ondulação geoidal é obtida no modelo geoidal brasileiro – MAPGEO 2015 v.1.0 (IBGE).

Sendo assim,

$$H = h - N$$

Onde:

- H é a altura ortométrica do ponto, medida em metros;
- H é a altura elipsoidal determinada pelo processamento GNSS, medida em metros;
- N é a ondulação geoidal obtida pelo MAPGEO 2015 V.1.0, medida em metros.

A Figura 5-9 ilustra o cálculo da altitude ortométrica utilizando-se o programa MAPGEO 2015 v. 1.0 (IBGE).

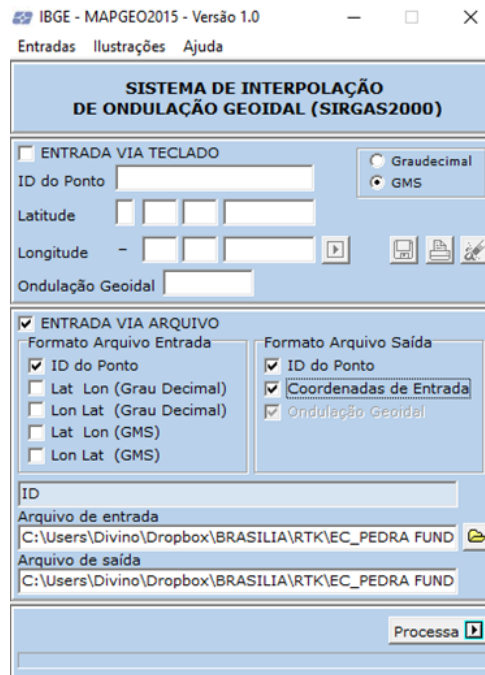


Figura 5-9: Tela MAPGEO2015 para determinação da ondulação geoidal método direto

Em seguida serão listados os principais pontos acerca do *Datum* dos levantamentos topográficos aqui apresentados.

- Sistema Geodésico de Referência: Sistema de Referência Terrestre Internacional – ITRS (International Terrestrial Reference System).
- Figura geométrica para a Terra:
Elipsoide do Sistema Geodésico de Referência de 1980 (Geodetic Reference System 1980 – GRS80).
Semieixo maior $a = 6.378.137$ m
Achatamento $f = 1/298,257222101$
- Origem: centro de massa da Terra.
- Orientação: Polos e meridiano de referência consistentes em $\pm 0,005''$ com as direções definidas pelo BIH (Bureau International de l'Heure), em 1984,0.
- Estações de Referência: As 21 estações da rede continental SIRGAS2000 estabelecidas no Brasil constituem a estrutura de referência a partir da qual o sistema SIRGAS2000 é materializado em território nacional. Está incluída nestas tabelas a estação SMAR, pertencente à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema GPS (RBMC), cujas coordenadas foram determinadas pelo IBGE posteriormente à campanha GPS SIRGAS2000.

- Época de Referência das coordenadas: 2000,4
- Materialização: Estabelecida por intermédio de todas as estações que compõem a Rede Geodésica Brasileira, implantadas a partir das estações de referência.
- Datum Horizontal: SIRGAS 2000
- Datum Vertical: IMBITUBA/SC
- Sistema de coordenadas plano retangulares UTM (Universal Transversa de Mercator).

Conforme já relatado, o georreferenciamento dos marcos e outros serviços executados no rio Sauê-Uiná foram realizados a partir dos marcos RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – IBGE): CUIB-Cuiabá/MT; MTLA-Pontes e Lacerda/MT; ROCD-Colorado do Oeste/MT. As monografias desses marcos são apresentadas no **Volume 3 – Tomo II**.

Foram utilizados para o georreferenciamento dos marcos implantados três unidades de receptores GNSS (GPS/GLONAS) marca TOPCON, modelo HIPER+, L1/L2, de 72 canais e marca CHC modelo I50, L1/L2, com 624 canais.

Os softwares utilizados nesta campanha de trabalho foi o Magnet Tools v.4.2, TopoGRAPH v.4.03 e AutoCAD 2019.

As especificações dos equipamentos utilizados nesses levantamentos topográficos complementares são:

- Receptores marca CHC – modelo I50 a prova d'água com 624 canais paralelos, fase completa das portadoras L1 e L2, memória interna de 8 GB, capacidade de rastrear GPS e GLONAS e outros, nos métodos estático, estático-rápido, Stop & Go, cinemático e contínuo e RTK. Precisão de 3 mm+0,5 ppm RMS na planimetria (X,Y), e 5 mm + 0,5 ppm RMS para altimetria (Z), para levantamentos estáticos. Alimentado por baterias internas recarregáveis de NiCd, com autonomia para 10 horas de uso contínuo (rastreamento/gravação a uma taxa de 1 segundo);
- Receptores marca Topcon – modelo Hiper+ a prova d'água com 40 canais paralelos, fase completa das portadoras L1 e L2, memória interna de 32 MB, capacidade de rastrear GPS e GLONAS nos métodos estático, estático-rápido, Stop & Go, cinemático e contínuo. Precisão de 3 mm+0,5 ppm RMS na planimetria (X,Y), e 5 mm + 0,5 ppm RMS para altimetria (Z), para levantamentos estáticos. Alimentado por baterias internas recarregáveis de NiCd, com autonomia para 10 horas de uso contínuo (rastreamento/gravação a uma taxa de 1 segundo);
- Estação Total, marca Topcon, modelo 236 W com precisão angular de 6'' e linear de 2 mm+2 ppm.

5.2.2.2. Resumo dos Resultados dos Levantamentos

Da Figura 5-10 até a Figura 5-13 são apresentadas as seções topobatimétricas levantadas para o sítio da PCH, além da seção levantada na etapa dos Estudos de Inventário. A Tabela 2-1 apresenta o resumo da amarração planialtimétricas dos furos de sondagens especificados para o projeto.

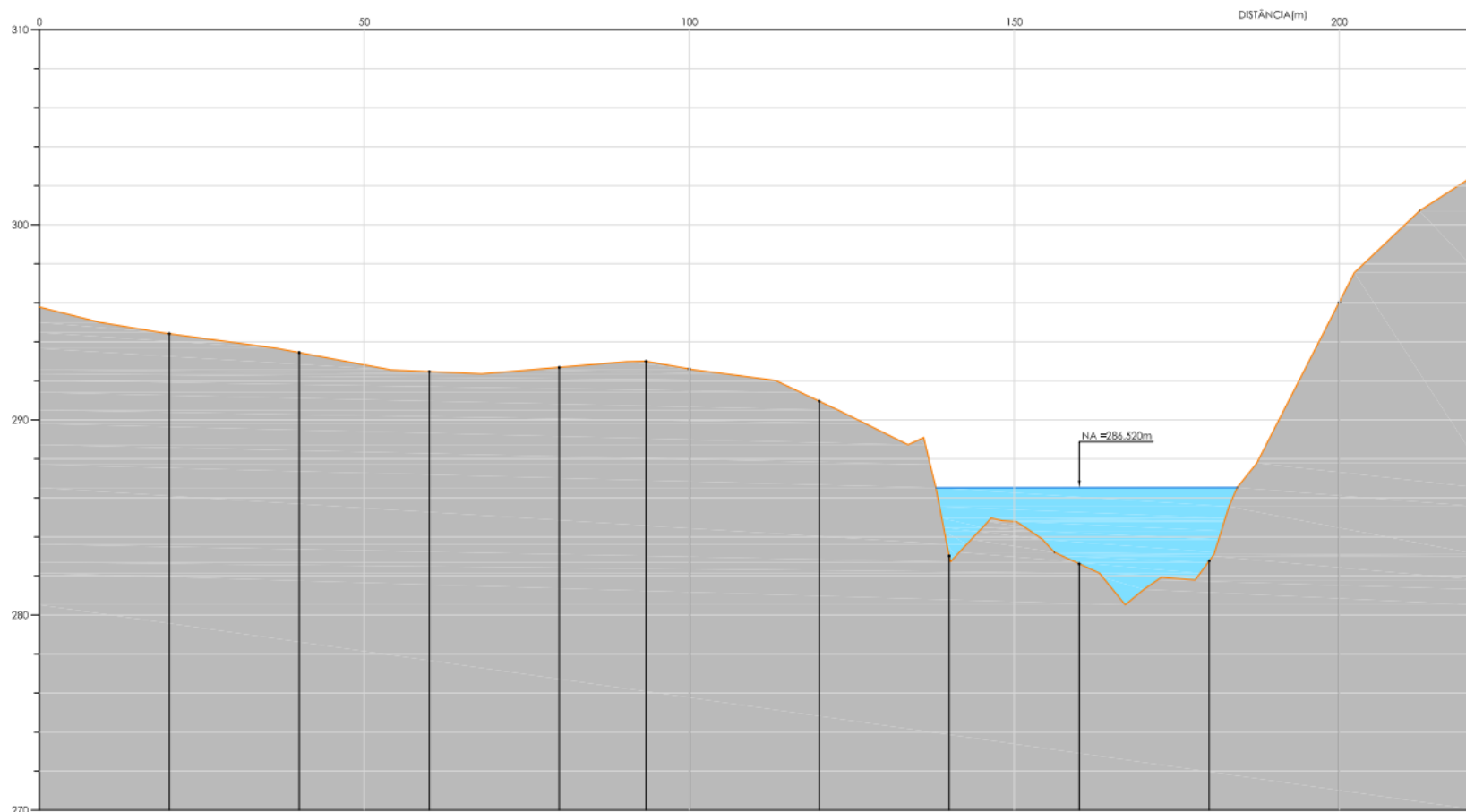


Figura 5-10: Seção topobatimétrica complementar SBT-20

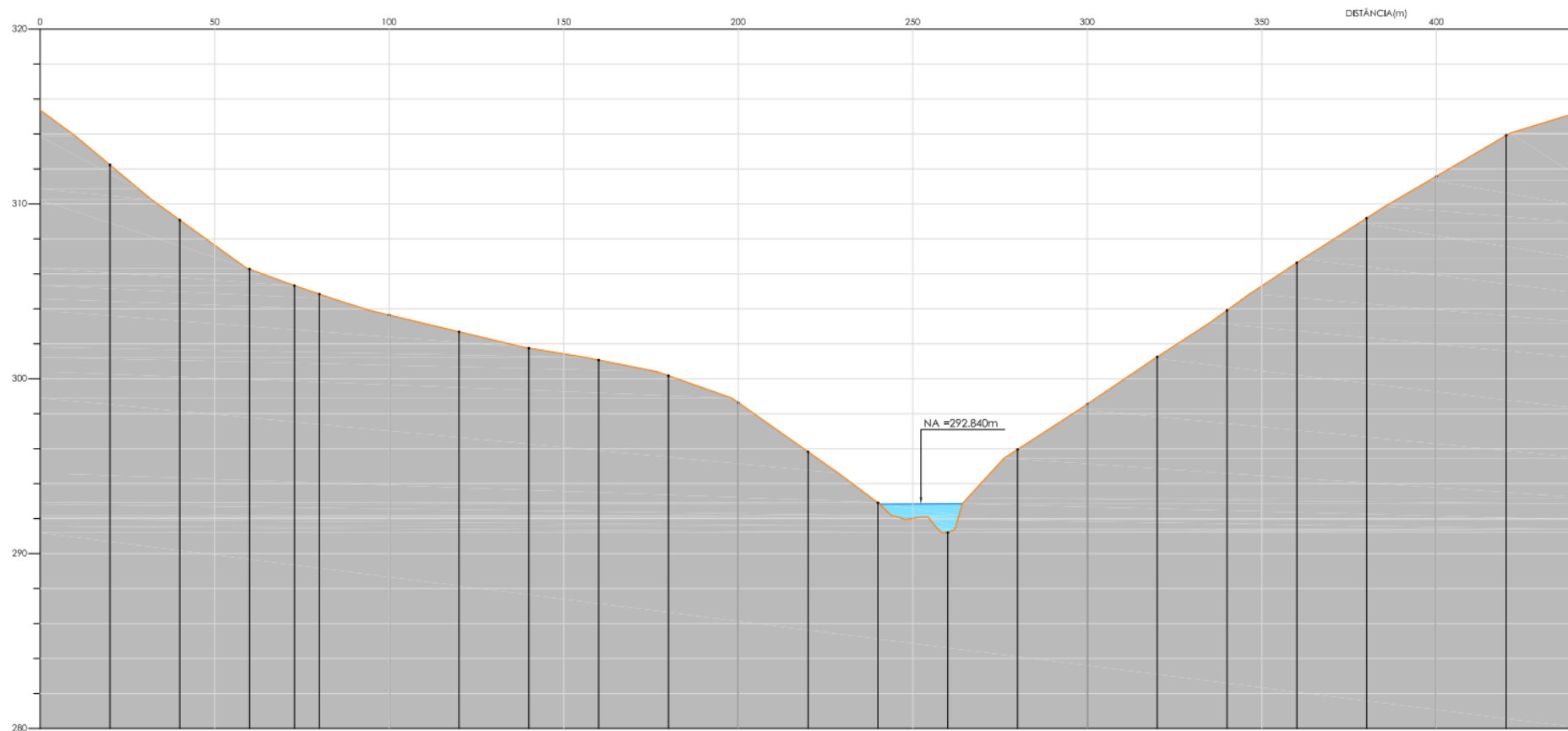


Figura 5-11: Seção topobatimétrica complementar SBT-21

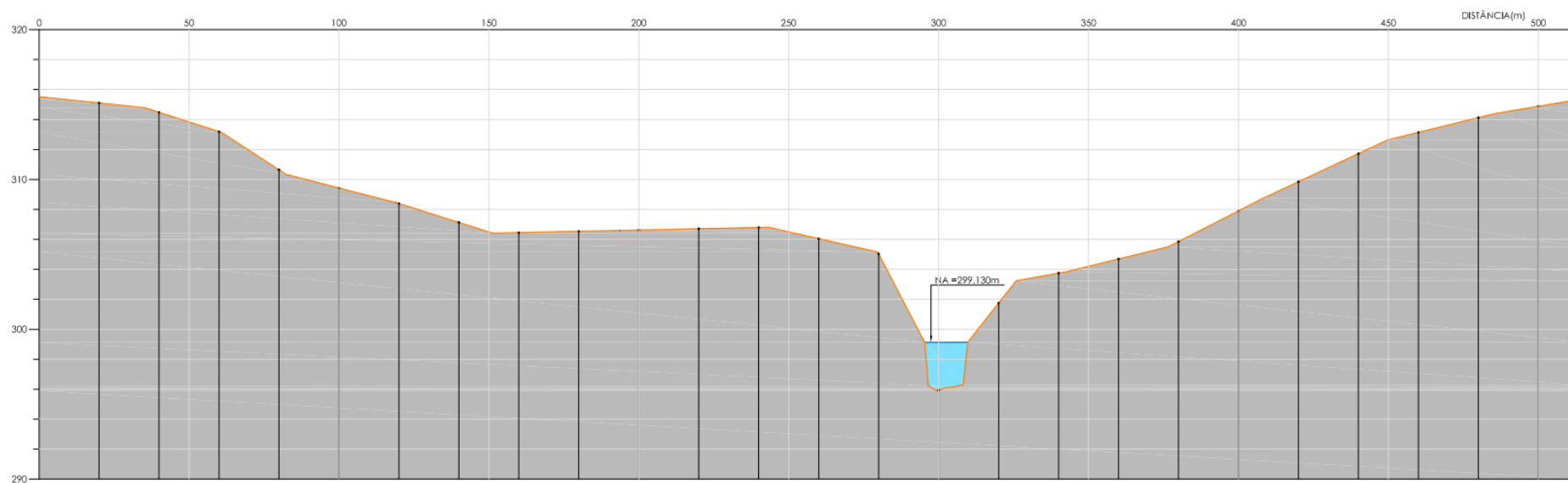


Figura 5-12: Seção topobatimétrica complementar SBT-22

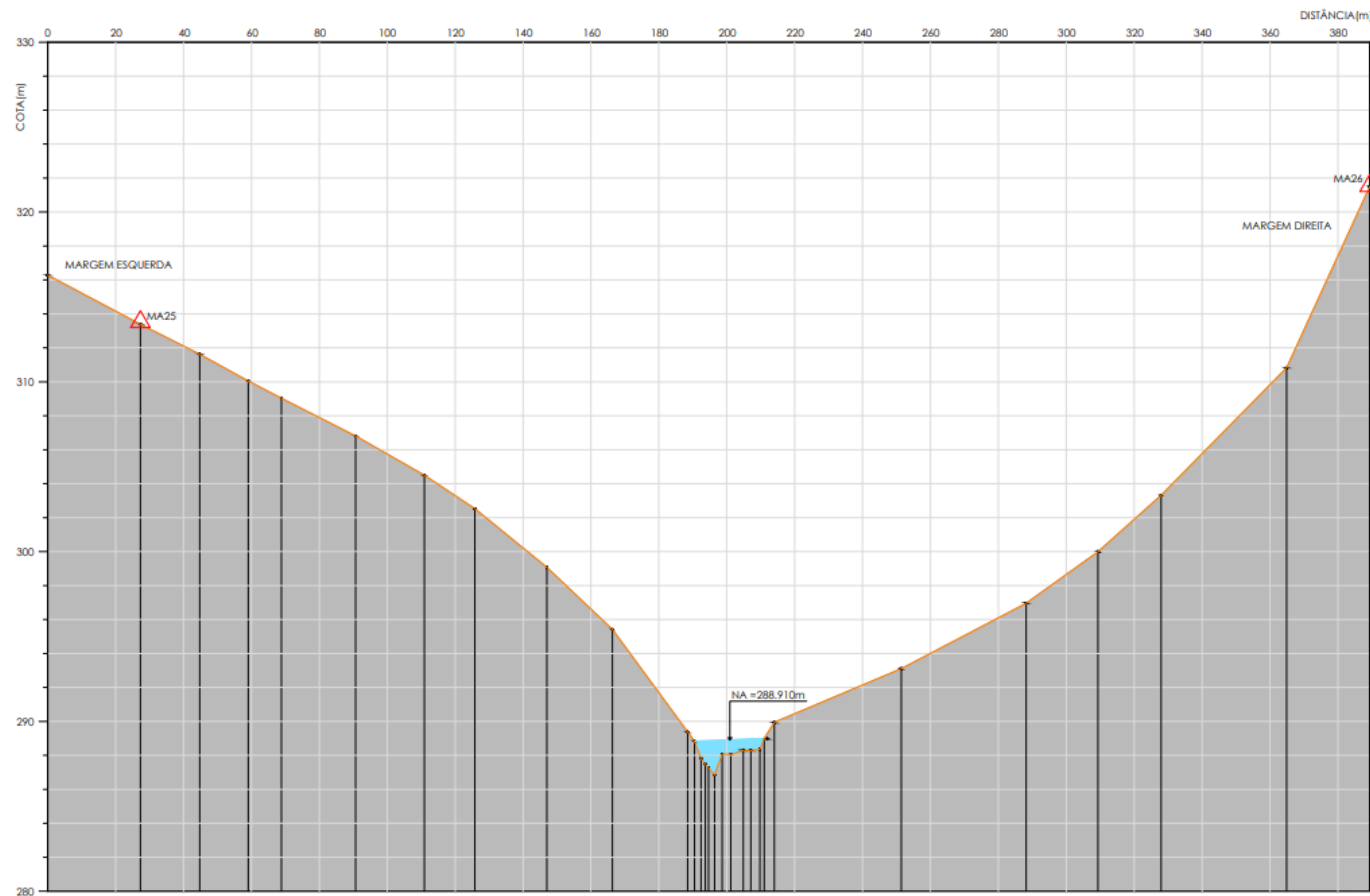


Figura 5-13: Seção topobatimétrica complementar STB-5 (Estudos de Inventário; 2019)

Tabela 5-2: Amarração planialtimétrica dos furos de sondagens

Sondagem	Coordenada Norte (m)	Coordenada Este (m)	Altura Ortométrica "Cota de Boca" (m)
SM03	8.585.324,780	321.443,550	297,952
SM04	8.585.402,160	321.488,940	297,558
SM05	8.585.436,870	321.451,720	301,359
SM07	8.585.531,800	321.425,450	309,557
SM12	8.585.953,970	321.533,970	306,537
SM14	8.586.014,210	321.658,230	294,509
SM15	8.586.016,870	321.693,170	293,680
SP01	8.585.267,010	321.455,920	305,383
SP02	8.585.302,160	321.467,810	299,600
SP06	8.585.499,660	321.452,170	306,159
SP08	8.585.585,070	321.523,100	309,436
SP09	8.585.693,830	321.599,920	310,221
SP10	8.585.793,240	321.521,200	309,805
SP11	8.585.932,940	321.499,740	309,919
SP13	8.585.990,980	321.600,440	298,678
SP16	8.586.020,570	321.716,220	291,271

6. ESTUDOS HIDROMETEOROLÓGICOS

Este capítulo tem por objetivo consolidar os estudos hidrometeorológicos realizados para o projeto básico da PCH SU-93, localizada no rio Sauê-Uiná, afluente do rio Papagaio, que por sua vez é afluente do rio Juruena, sub-bacia 17, bacia do rio Amazonas, no Estado do Mato Grosso.

Estão apresentados neste item a caracterização fisiográfica e climatológica da bacia, os estudos hidrológicos que abrangeram a coleta, análise e tratamento de dados pluviométricos e fluviométricos na região de interesse, geração da série de vazões médias mensais e permanência de vazões, vazões extremas, vazões mínimas, curvas cota-área-volume, determinação da evaporação líquida nos reservatórios, tempos de enchimento, assoreamento e estimativa de vida útil.

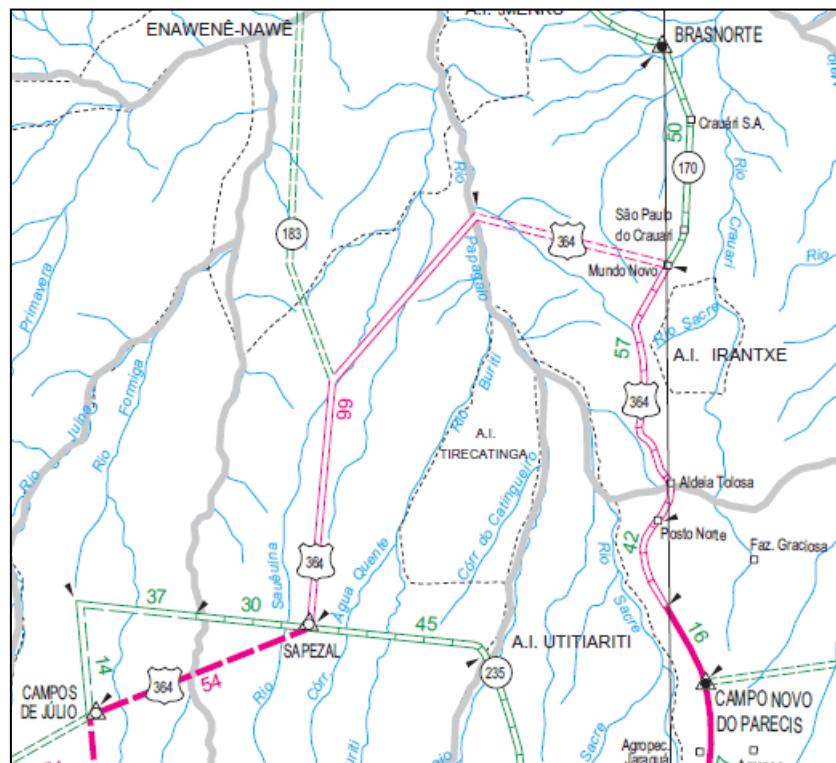
6.1. Caracterização Fisiográfica da Bacia

As principais características fisiográficas da bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná, no local da PCH SU-93, são analisadas neste capítulo, de modo a identificar as suas influências e relações com o comportamento do escoamento fluvial.

6.1.1. Localização e Hidrografia

A bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná está localizada na porção Oeste do estado do Mato Grosso, situando-se, aproximadamente, entre os paralelos 12° e 14° Sul e entre os meridianos 58° e 59° Oeste.

A bacia do rio Sauê-Uiná está localizada entre os municípios de Campos de Júlio e Sapezal, estando mais próximo deste último, sendo cortado pela rodovia federal BR-364, uma das principais vias de ligação do Estado, em seu trecho alto. A Figura 6-1 é apresentada a localização da bacia.



FONTE: DNIT – 2002

Figura 6-1: Rio Sauê-Uiná – Localização

A bacia do rio Sauê-Uiná limita-se ao Norte com a bacia do rio Papagaio, do qual é afluente. Ao Sul com a bacia do rio Buriti, a Leste com a bacia deste último (trecho alto) e com a bacia do rio Papagaio (trecho baixo). A Oeste com a bacia do rio Juruena, estando muito próximo a este rio.

O rio Sauê-Uiná pertence à bacia hidrográfica do rio Amazonas, bacia 1, de acordo com a classificação usual utilizada no Setor Elétrico. Desenvolve-se, no eixo Sul-Norte, com pequeno desvio para a direção Noroeste. Apresenta forma alongado em todo o seu percurso.

O rio Sauê-Uiná nasce a uma altitude de 570 m, na Chapada dos Parecis, e deságua no rio Papagaio a uma altitude de 247 m, sendo que em seu curso percorre uma extensão total de 256 km. Pela margem direita, o seu principal afluente é o rio do Calor com 120 km de extensão, e pela margem esquerda o Córrego Sapezal com 64 km de extensão. Os demais afluentes são pequenas drenagens, e perfazem o total de 77 km de extensão.

O rio do Calor, principal afluente do rio Sauê-Uiná, nasce a uma altitude de 510 m, na Chapada dos Parecis, e deságua no rio Sauê-Uiná a uma altitude de 255 m, sendo que em seu curso percorre uma extensão total de 120 km. Apresenta duas drenagens mais significativas, uma pela margem esquerda, com 6,5 km de extensão, e outra pela direita, com 8,8 km de extensão, ambas inominadas.

6.1.2. Área de Drenagem e Perímetro

Para a determinação da área da bacia hidrográfica da PCH SU-93, no rio Sauê-Uiná, foi utilizada metodologia similar àquela preconizada pela ANA na revisão das áreas de drenagem dos postos de sua rede básica.

A delimitação das bacias hidrográficas foi realizada com base em dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), com resolução espacial de 90m, a partir dos quais foi possível gerar um modelo digital do terreno (MDT) da área estudada. Os dados da região de interesse foram baixados no site do projeto “Brasil em Relevo”, de iniciativa da Embrapa, o qual recuperou e tratou os arquivos brutos do projeto SRTM e disponibiliza os produtos consistidos de acordo com a divisão do IBGE de cartas na escala 1:250.000.

Para a aferição da área de drenagem da PCH foram utilizadas a carta SD-21-V-A, SD-21-V-B, SD-21-V-C e SD-21-V-D.

Com o auxílio o pacote de ferramentas hidrológicas da extensão Spatial Analyst Tools e o software ArcGIS, foi possível delimitar de forma automática os divisores topográficos naturais das bacias hidrográficas nos exutórios de interesse.

Além do método descrito, as áreas obtidas também contaram com verificação por meio das seguintes cartas na escala 1:100.000 e 1:250.000, detalhadas na Tabela 6-1.

Tabela 6-1: Cartas utilizadas nos levantamentos de áreas de drenagem de locais na bacia

Codificação	Nome	Escala	Voo		Apoio Suplementar		Restituição		
			Data	Executora	Data	Executora	Data	Executora	
SD.21-V-A	MI-337	Aldeia Espirito	1:250.000	1967	AST-10-USAFA	1979	DSG - 2ª DL	1981	DSG - 5ª DL Em aparelho de 2ª ordem
SD.21-V-B	MI-338	Rio Treze de Maio	1:250.000	1967	AST-10-USAFA	1979	DSG - 2ª DL	1980	DSG - 5ª DL Em aparelho de 2ª ordem
SD.21-V-C-VI	MI-2016	Cabeceira do Sauê-Uiná	1:100.000	1974	SACS	1974	DSG	1975	DSG - 5ª DL Em aparelho de 2ª ordem

Codificação		Nome	Escala	Voo		Apoio Suplementar		Restituição	
				Data	Executora	Data	Executora	Data	Executora
SD.21-V-C-III	MI-1969	Rio do Calor	1:100.000	1974	SACS	1974	DSG	1975	DSG - 5ª DL Em aparelho de 2ª ordem

Estas cartas foram escaneadas, digitalizadas e trabalhadas no *software* AutoCad.

As áreas de drenagem nos locais de interesse aos estudos hidrológicos foram determinadas com base na delimitação dos divisores topográficos.

Na bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná não foram identificados, com base nas suas características geológicas, pontos de fuga de água que possam comprometer negativamente valores de vazão que serviram de base para a determinação das séries de descargas nos aproveitamentos.

O critério básico para a determinação das áreas de drenagem nos locais de interesse considerou que o escoamento superficial ocorre sempre perpendicularmente às curvas de nível, de um ponto de maior energia potencial para outro de menor, e em direção aos talwegues. Com isso, foram delimitadas as áreas que contribuem com escoamento superficial para os locais de interesse.

Com os divisores estabelecidos, as áreas foram determinadas automaticamente usando o *software* citado. Ressalta-se que todos os demais parâmetros apresentados em itens posteriores, relacionados às bacias hidrográficas, como perímetros, foram também fixados por este procedimento.

A bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná tem, até a sua foz, área de drenagem igual a 3.410 km², e perímetro de 485 km. Especificamente no local da usina, a bacia apresenta área de 1.525 km² e perímetro igual a 308 km.

6.1.3. Índice de Compacidade

O Índice de Compacidade é definido como a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. Relacionando-se este com a superfície da bacia hidrográfica obtém-se:

$$K_c = 0,28 \times \left(\frac{P}{A^{0,5}} \right)$$

onde P = perímetro da bacia, e A = área de drenagem.

O Índice de Compacidade é uma medida do grau de irregularidade da bacia, já que para uma bacia circular ideal ele é igual a 1. Desde que outros fatores não interfiram, quanto mais próximo da unidade for o índice de compacidade maior será a propensão à ocorrência de picos elevados de enchentes. Para a bacia da PCH SU-93 tem-se $K_c = 2,21$, o que reflete a sua forma alongada.

6.1.4. Fator de Forma

O Índice de Conformação ou Fator de Forma (K_f) é a relação entre a área de drenagem da bacia hidrográfica e o quadrado de seu comprimento axial, medido ao longo do curso d'água principal, desde a foz até a cabeceira (nascente) mais distante, próxima do divisor de águas (topográfico) da bacia, ou seja:

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

O Índice de Conformação relaciona a forma da bacia com um retângulo. Numa bacia estreita e longa, a possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo, ao mesmo tempo, toda sua extensão, é menor que em bacias largas e curtas. Desta forma, para bacias de mesmo tamanho, será menos sujeita às enchentes aquela que possuir menor fator de forma.

Para a bacia do rio Sauê-Uiná no local da PCH SU-93, $K_f = 0,06$, o que indica uma menor propensão à enchentes.

6.1.5. Declividade Média

A velocidade do escoamento em um rio depende da declividade dos canais fluviais. Quanto maior a declividade, maior será a velocidade de escoamento e mais pronunciados e estreitos serão os hidrogramas das enchentes. Declividade Média (S), em m/km, é dada pela seguinte expressão:

$$S = \frac{H}{L}$$

Onde, H é a diferença entre cotas do ponto mais afastado e a foz (desnível, em metros) e L o comprimento total do curso d'água principal, em (km).

No caso do trecho em estudo do rio Sauê-Uiná, a declividade média é igual a 1,80 m/km.

6.1.6. Densidade de Drenagem

A densidade de drenagem (D_d) é a relação entre o comprimento total dos cursos d'água de uma bacia e sua área total. Este índice fornece uma indicação da eficiência da drenagem, ou seja, da maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica. É obtida pela seguinte equação:

$$D_d = \frac{L_t}{A}$$

D_d maior ou igual a 3,5 km/km² - bacias bem drenadas

D_d da ordem de 0,5 km/km² - drenagem pobre

A bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná possui uma densidade de drenagem pobre, uma vez que $D_d = 0,14$ km/km².

6.1.7. Tempo de Concentração

O Tempo de Concentração (t_c) mede o tempo necessário para que toda a bacia contribua para o escoamento superficial numa seção considerada, ou seja, é o tempo em que a gota que se precipita no ponto mais distante da seção considerada, leva para atingir essa seção. Pela Fórmula de Kirpich, o tempo de concentração de uma bacia, em minutos, é dado pela seguinte equação:

$$t_c = 57 \left(\frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0,385}$$

Sendo:

t_c : tempo de concentração (min);

L : comprimento total da bacia, medido ao longo do talvegue principal até o divisor de águas (km);

ΔH : diferença de nível entre o ponto mais a montante da bacia e seu exutório na foz, em (m).

Para a bacia da PCH SU-93, o tempo de concentração pela fórmula de Kirpich é igual a 37 horas. Pelo valor calculado, pode-se considerar que a bacia do rio Sauê-Uiná, no ponto de interesse, possui hidrograma de cheia pouco acentuado, com pico sendo atingido mais lentamente.

6.1.8. Geologia

Conforme já constatado nos Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Juruena, a região na qual bacia do rio Sauê-Uiná insere-se está posicionada em terrenos predominantemente sedimentares, sendo formados por arenitos de alta porosidade e que constituem aquíferos de elevada capacidade de armazenamento, fazendo com que as descargas dos cursos d'água sejam pouco variáveis ao longo do ciclo anual.

Assim, a produção hídrica de superfície na região apresenta variabilidade espacial e sazonal fortemente associada ao regime das chuvas e às características dos solos e da vegetação presentes nas sub-bacias dos seus principais formadores. Na época das chuvas, a maior parcela da água que atinge a superfície do terreno se infiltra e sofre um movimento descendente, até atingir uma zona onde fica armazenada nos vazios, poros e fraturas, passando assim a integrar o lençol d'água subterrâneo e contribuindo para a elevação da superfície freática.

A característica fundamental dos arenitos, do ponto de vista hidrogeológico, é que eles constituem um aquífero em exudação permanente, em função de sua disposição fisiográfica. Nos períodos de estiagem, a superfície freática sofre um rebaixamento, quando então a água passa gradativamente à superfície, indo contribuir para a vazão de córregos e rios da região.

Este comportamento exerce um processo natural de regularização das vazões, reduzindo-se os picos na época de chuvas e aumentando-se as descargas do rio no período de estiagem. Em muitas das sub-bacias dessa área as vazões mínimas correspondem a cerca de 90% da média de longo período.

A Figura 6-2 mostra a geologia presente na bacia do rio Sauê-Uiná.

A seguir é apresentada a descrição das unidades geológicas predominantes encontradas na área de interesse.

- **Coberturas Detritos-Lateríticas Ferruginosas (NQdl):** laterita com concreções ferruginosas, níveis de cascalho e horizontes mosqueados;
- **Formação Utiriti (K2ut):** arenito fino a médio, de cores vermelha, amarela e branca, com estratificação cruzada de pequeno porte, localmente com seixos esparsos.

O rio em estudo corre paralelo ao rio Juruena e está inserido em uma região hidrogeológica bem homogênea.

O rio Sauê-Uiná drena áreas com predominância das litologias *K2ut* (na calha do rio) e *NQdl* (no restante da área drenada). A primeira litologia, Formação Utiriti do Grupo Parecis, representa um arenito conhecido por possuir alta capacidade de armazenamento de água, devido a sua elevada porosidade, o que resulta em um regime de vazões com alta capacidade de regularização natural, com elevada produção hídrica superficial, o que foi confirmado em medições de vazões realizadas na etapa de inventário, as quais indicaram vazões específicas da ordem de 28 l/s/km² no trecho a montante da foz do rio do Calor (Sauê-Uiná Montante – Régua 02). No trecho a jusante da foz do rio do Calor (Sauê-Uiná Jusante – Régua 01) foi verificada vazão específica da ordem de 23 l/s/km². Em ambos os trechos foi verificado um padrão de escoamento bem regularizado, cujo comportamento se assemelha às bacias do trecho alto.

É importante frisar que na porção mais ao norte da bacia do rio Arinos, onde se situa seu afluente Rio dos Peixes, e nas bacias dos contribuintes do baixo e do médio curso do rio Juruena, predominam os terrenos do embasamento cristalino, com baixa capacidade de retenção das águas precipitadas, dando origem a elevados escoamentos no período das chuvas e vazões de estiagem muito baixas.

operada pelo INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, sendo a estação mais próxima da bacia do rio Sauê-Uiná.

6.2.1. Aspectos Gerais da Climatologia

A disposição latitudinal e a localização geográfica da bacia do rio Sauê-Uiná lhe dão uma característica predominante de clima tropical de natureza continental de verão úmido e período de estiagem no inverno. Apresenta época sazonal seca e fria bem definida, que é equilibrada em suas necessidades hídricas, por meses chuvosos de uma época sazonal mais úmida e quente.

O grande afastamento em relação à borda ocidental do Oceano Atlântico reduz muito as influências marítimas na região Centro-Oeste.

A região Centro-Oeste como um todo, apresenta grande diversificação térmica, em função da disparidade entre suas vastas superfícies baixas, as extensas chapadas sedimentares e as elevadas superfícies cristalinas, somadas a uma grande extensão latitudinal.

Enquanto os fatores geográficos - relevo e altitude - levam à diversificação climática, o mecanismo atmosférico atua no sentido de criar uma uniformidade regional, determinando uma marcha estacional das chuvas, com máximas no verão e mínimas no inverno. Assim, através do setor oriental da região sopram, durante todo o ano, ventos geralmente de NE a E, oriundos do anticiclone subtropical semi-estacionário do Atlântico Sul.

Estes ventos são responsáveis pela manutenção do tempo estável, em virtude da movimentação vertical de subsidência superior, que é o movimento descendente de uma massa de ar na atmosfera, implicando geralmente a transferência de suas características para uma área mais ampla, trazendo como consequência a formação da inversão de temperatura na baixa atmosfera que ocorre durante os meses resultantes dos pequenos vórtices móveis dos núcleos de altas pressões destacadas no anticiclone subtropical.

A região Centro-Oeste como um todo apresenta grande diversificação térmica, em função da disparidade entre suas vastas superfícies baixas, das extensas chapadas sedimentares e das elevadas superfícies cristalinas, somadas a uma grande extensão latitudinal.

O aspecto meteorológico da bacia do rio Sauê-Uiná e da região que a envolve, pode, entretanto, ser considerado estável e homogêneo. Ele praticamente acompanha o próprio aspecto climatológico em suas características tropicais continentais, livre da ocorrência e dos efeitos de ventos ciclônicos, generalizados, intensos e persistentes.

Fenômenos meteorológicos de atividades generalizadas e de natureza migratória, que são originários de latitudes diferentes, cruzam e afetam diretamente a bacia do rio Sauê-Uiná, em escala sinótica. Eles são mostrados na Figura 6-3 e definidos a seguir:

- Sistemas de correntes perturbadas de Oeste, associado à formação das linhas de instabilidade tropicais (IT);
- Sistema de correntes perturbadas de Norte, formada pela presença da zona de convergência intertropical (CIT);
- Sistemas de correntes perturbadas do Sul, formadas pela presença do sistema anticiclônico e polar e da frente polar (FP).

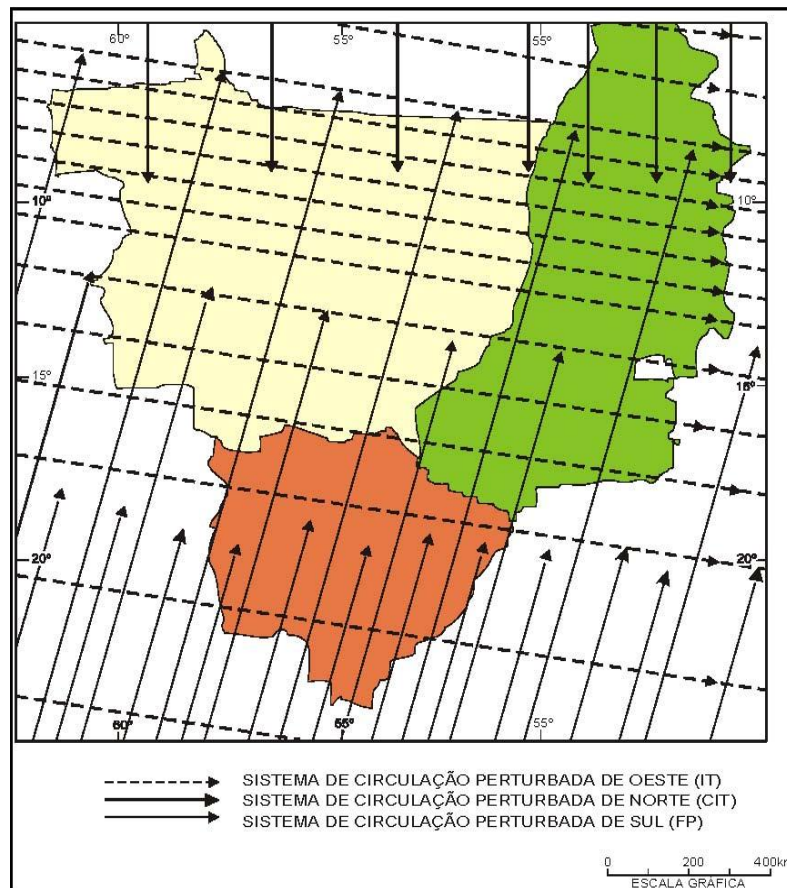


Figura 6-3: Sistema de circulação atmosférica na região Centro-Oeste

Entre o final da primavera e o início de outubro a região centro-oeste é constantemente invadida por ventos de W a NW trazidos por linhas de instabilidade tropicais (IT). Trata-se de alongadas depressões barométricas, induzidas em pequenas dorsais ou altas. Tais fenômenos, muito comuns no interior do Brasil, especialmente no verão, têm suas origens ligadas ao movimento ondulatório que se verifica na Frente Polar Atlântica (FPA) ao contato com o ar quente da zona tropical.

A partir dessas ondulações formam-se ao norte da FPA uma ou mais IT sobre o continente. Depois de formadas elas se propagam com extrema mobilidade e à medida que a FPA caminha para o equador as IT's se deslocam para leste, ou mais comumente para sudeste, anunciando, com nuvens e chuvas tropicais do tipo monção, e com antecedência de 24 horas, a chegada da FPA. Portanto o Sistema de Circulação Perturbada de Oeste, representado pela passagem das IT's, define não somente as situações de instabilidade do tempo no verão, mas também as características mais notáveis desta estação na região Centro-Oeste.

O sistema de correntes perturbadas de N acarreta, além das chuvas de verão, precipitações no inverno e outono, principalmente nessa última estação quando a CIT atinge sua penetração máxima no Hemisfério Sul. Na primavera, estando a CIT situada bem ao norte do Equador, sua influência é praticamente nula sobre a formação das chuvas na região.

O sistema de correntes perturbadas do Sul representado pela invasão do anticiclone polar possui comportamento bem distinto conforme seja verão ou inverno. Durante o verão, o aprofundamento e expansão do centro de baixa do interior do continente - Baixa do Chaco – não permitem que a FP vença a barreira imposta por ela, fazendo com que se dissipe ou recue, e só raramente conseguindo vencê-la. Deste

modo, no verão, as chuvas frontais ficam praticamente ausentes do centro e do norte da região Centro-Oeste.

No inverno, os anticiclones de origem polar, por serem mais poderosos, invadem com mais frequência a região, após se deslocarem sobre o Oceano Pacífico e transporem a Cordilheira dos Andes nas latitudes médias. Nessas situações a baixa do interior abandona a região do Chaco, deslocando – se para a Bolívia e Estado do Acre, e a FP pode atingir apenas o estado do Mato Grosso com orientação NO – SE. Com esta orientação ela avança para NE, provocando, com sua passagem chuvas frontais durante 1 a 3 dias, geralmente.

Após sua passagem, fica-se sob a ação direta do anticiclone polar, com céu limpo, pouca umidade específica e forte declínio de temperatura durante geralmente 2 dias. Finalmente retornam os ventos moderadamente quentes das massas de ar tropical.

A baixa do Chaco, embora não seja uma massa de ar caracteristicamente asseguradora de tempo bom, como são os centros anticiclônicos do Atlântico e do Pacífico, é, no entanto, um fator de resistência às invasões de sistemas frontogênicos causadores de tempo instável com chuva na região Centro-Oeste.

Deste modo, pode-se concluir que, apesar do setor setentrional da região Centro-Oeste ser atingido no verão, outono e inverno pelas chuvas acarretadas pelo sistema de corrente perturbada de norte (CIT), estas são pouco frequentes e não chegam a ter papel importante no regime térmico. Os sistemas de circulação que determinam as condições de tempo e de clima na região Centro-Oeste são as correntes perturbadas de W a NW das IT's e de S a SW da FPA, sucedida, geralmente, pelo anticiclone polar, com tempo bom, seco e temperaturas amenas a frias.

O clima reinante em toda a bacia é essencialmente homogêneo, porque persiste sempre com as mesmas características de temperatura, pressão e umidade, que variam pouco de um ano para outro ano. Essa homogeneidade climatológica impede, por outro lado, a incidência na bacia de fenômenos ciclônicos dinâmicos e intensos em escala sinótica

Fenômenos meteorológicos localizados, de curta duração a intensos, provocados pelo aquecimento e pela instabilidade da época quente e úmida, ocorrem também com bastante frequência.

Eles surgem generalizados na bacia e na região em torno. São as trovoadas convectivas e as orográfico convectivas, que concorrem de alguma forma para o maior índice pluviométrico da referida época quente, porque são responsáveis por índices elevados de precipitações pontuais.

Na bacia do rio Sauê-Uiná, as trovoadas são mais frequentes na época quente e úmida (novembro a março) e bem menos frequentes nos meses de transição e praticamente desaparecem na época fria e seca (junho a agosto). A frequência máxima diária ocorre nos dias de menor nebulosidade, logo após a dissipação de alguma frente fria ou então antecedendo a aproximação de uma linha de instabilidade.

O padrão circulatório em grande escala das massas de ar é o fator determinante para o estabelecimento, na região, da distribuição mais ou menos homogênea e regular das temperaturas, pressões e umidade, que predomina na bacia e na região em torno.

Esse padrão circulatório é caracterizado por ventos que variam de calmos a relativamente fracos. Não há condições geofísicas para a incidência de ventos generalizados, intensos a persistentes. Ventos de rajadas muito intensas, associados a trovoadas em geral, ocorrem, com relativa frequência, na época úmida a quente, mas são muito localizados e não são persistentes, atuando sobre áreas muito reduzidas.

A distribuição anual das temperaturas na bacia acompanha o deslocamento aparente do sol através das latitudes tropicais e equatoriais e também o da faixa do calor latente máximo de vaporização. As médias anuais de temperatura ocorrem, por isso, dentro de limites pouco significativos.

A época do ano considerada seca e fria na bacia predomina de maio até setembro. Ela é definida pela atividade de uma única massa de ar de natureza tropical continental, mais estável e menos aquecida devido às pressões sazonalmente mais elevadas, que predomina sobre todo o interior continental brasileiro.

A época do ano considerada úmida e mais quente tem o seu início meteorológico em outubro e se prolonga até março ou abril, dependendo do ano, com um ápice ocorrendo no período dezembro/janeiro. Ela é caracterizada pelo predomínio de uma única massa de ar de natureza equatorial continental, que tem como região de origem a vasta faixa equatorial amazônica. Essa massa de ar expande continuamente para o sul, impulsionada pela ocorrência do inverno do hemisfério norte. Essa expansão para o sul é facilitada, não só pelas pressões baixas e temperaturas normalmente elevadas do verão do hemisfério sul, como também pela descida da Zona de Convergência Intertropical (CIT). Esta é empurrada pelo inverno do hemisfério norte, e associada a uma convergência circulatória, que se processa no interior continental brasileiro, entre a circulação anticiclônica do Anticiclone Subtropical Semipermanente do Atlântico Sul e a circulação ciclônica da Baixa Termal do Chaco, intensificada sazonalmente no verão.

Na região predominam temperaturas elevadas na primavera e no verão. O inverno, embora sujeito a máximas diárias elevadas, é uma estação mais caracterizada por temperaturas amenas e frias, pelo efeito da latitude, altitude e maior participação de massa polar.

Os meses de abril e maio constituem os meses de transição na bacia para a época seca e fria. O mês de abril é mais chuvoso porque representa o fim meteorológico da época chuvosa. É nele que o sol começa a atingir a vertical das latitudes equatoriais do hemisfério norte, após ter cruzado o equador terrestre. O mês de maio é normalmente mais seco, porque representa o início meteorológico da época seca e fria.

Os meses de setembro e outubro fazem a transição para a época chuvosa. Outubro é mais chuvoso porque precede o início da época chuvosa, com o sol posicionado na vertical das latitudes equatoriais do hemisfério sul.

A distribuição anual das temperaturas na bacia acompanha o deslocamento aparente do sol através das latitudes tropicais e equatoriais e também o da faixa do calor latente máximo de vaporização. As médias anuais de temperatura ocorrem, por isso, dentro de limites pouco significativos.

A distribuição mais ou menos homogênea e regular das temperaturas, pressões e umidade, determina o padrão circulatório, predominante na bacia e na região em torno.

Esse padrão circulatório é caracterizado por ventos de calmos a relativamente fracos. Não há condições geofísicas para a incidência de ventos generalizados, intensos e persistentes. Ventos de rajadas muito intensas, associados a trovoadas em geral, ocorrem com relativa frequência na época úmida e quente, mas são muito localizados e não são persistentes, atuando sobre áreas muito reduzidas.

As características regionais descritas permitem classificar a região como pertencente ao clima tipo Aw, tropical chuvoso, caracterizado por apresentar inverno seco bem definido.

Nos climas do grupo "A", a temperatura do ar apresenta variações muito baixas, no tempo e no espaço. A amplitude anual é pequena, não se notando a existência de inverno, uma vez que a temperatura do mês mais frio é superior a 18°C e a oscilação anual de temperatura, de modo geral, é sempre inferior a 5°C. Trata-se de um clima quente, sem verão ou inverno sazonal.

No subtipo climático "w" (clima de monção), as precipitações são excessivas durante alguns meses, o que é compensado com um ou dois meses com precipitação mais amenas, o que permite a manutenção de florestas densas. O regime pluviométrico anual define uma estação relativamente seca e outra com maior intensidade de chuvas.

Em função dos valores totais anuais de precipitação, o clima tipo Aw é classificado de acordo com os totais anuais de chuva, onde são consideradas as seguintes subdivisões:

- Clima Tipo Aw1: precipitação média anual superior a 3.000 mm;
- Clima Tipo Aw2: precipitação média anual varia entre 2.500 mm e 3.000 mm;
- Clima Tipo Aw3: precipitação média anual varia entre 2.000 mm a 2.500 mm;
- Clima Tipo Aw4: precipitação média anual varia de 1500 mm a 2.000 mm.

Nestas condições, a bacia do rio Sauê-Uiná pode ser caracterizada como do subtipo climático Aw4.

6.2.2. Características Climatológicas Locais

Para subsidiar os estudos climatológicos, que consistiram da análise dos fenômenos responsáveis pela definição e comportamento dos diversos parâmetros climáticos, considerou-se a estação Diamantino (código INMET 83309), que se situa no estado do Mato Grosso, na área de interesse dos estudos, na latitude 14° 24' Sul, longitude 56° 27' Oeste, e altitude 287,00 m.

Os seus dados, a nível médio mensal, abrangendo o período de 1961 a 1990, constam das “Normais Climatológicas (1961-1990)”, publicadas em 1992 pelo INMET.

Os valores médios mensais registrados nessa estação constam na Tabela 6-2.

Tabela 6-2: Características climatológicas – Estação Diamantino

Mês	Temperatura (°C)					Evaporação (mm)	Umidade Relativa (%)	Inso-lação (horas)	Nebulosidade (0-10)	Pressão Atmosférica (hPa)
	Média	Máxima		Mínima						
		Média	Absoluta	Média	Absoluta					
Jan	24,0	32,3	37,8	20,4	18,8	64,3	80,3	147,3	7,0	976,6
Fev	27,0	31,6	38,0	21,2	17,8	59,7	83,0	142,2	8,0	978,2
Mar	24,3	31,4	36,4	20,4	14,4	64,7	79,9	164,1	7,5	979,2
Abr	27,7	33,6	36,8	20,4	11,6	73,4	80,1	187,6	6,6	979,4
Mai	24,4	31,5	36,7	19,1	6,2	89,9	77,5	217,0	5,8	981,0
Jun	25,4	32,1	37,5	15,1	4,4	120,7	70,1	223,9	4,3	992,5
Jul	24,5	32,8	36,3	16,4	4,0	146,7	67,8	263,5	3,2	982,7
Ago	24,7	34,9	41,0	19,1	1,2	180,5	60,7	218,6	3,5	981,1
Set	25,3	32,5	39,9	19,5	6,3	140,1	64,5	267,3	5,1	980,0
Out	24,5	32,2	40,0	20,8	14,2	111,8	69,0	189,6	6,6	977,7
Nov	25,0	32,9	38,9	21,8	14,2	91,2	74,2	152,6	7,3	977,9
Dez	25,5	32,9	38,7	19,9	7,6	70,8	72,2	137,2	7,6	977,6
Anual	25,2	32,5	41,0	19,5	1,2	1213,8	73,2	2310,9	6,0	976,1

O total pluviométrico anual fica em torno de 2.000 mm, conforme será demonstrado em item específico deste trabalho.

O índice evaporimétrico na região acompanha as variações da insolação. Os dados disponíveis permitem verificar que o referido índice é muito mais elevado no período de agosto até setembro e bem mais baixo na época chuvosa. A distribuição da umidade do ar na região acompanha a faixa do calor latente máximo de vaporização, sendo mais representativa na época quente e sem representatividade na época seca.

A umidade do ar na região começa a adquirir características significativas, a partir de novembro de cada ano, quando a umidade equatorial começa a chegar, dando início às chuvas sazonais. A nebulosidade vai aumentando pouco a pouco até formar uma cobertura máxima entre dezembro e fevereiro. Essa cobertura reduz proporcionalmente a radiação solar, que atinge o seu mínimo entre dezembro e janeiro.

O número médio anual de horas de insolação fica em torno de 2.300 horas, sendo que os meses de junho a setembro apresentam os maiores valores mensais, em decorrência da menor nebulosidade.

A distribuição das pressões na bacia mostra também uma grande homogeneidade nas massas de ar predominantes.

O ano hidrológico inicia em outubro de um ano e vai até setembro do ano seguinte.

6.3. Dados Básicos

A seguir são apresentados os dados básicos utilizados neste estudo, incluindo a análise e consistência.

6.3.1. Dados Pluviométricos

Os totais de chuva observados nos postos pluviométricos foram utilizados para a definição da chuva média na bacia do rio Sauê-Uiná.

A Tabela 6-3 apresenta os postos selecionados para realização dos estudos.

Tabela 6-3: Postos pluviométricos de interesse do rio Sauê-Uiná

Código	Nome	Município	Localização		Altitude (m)	Entidade	Período de Dados
			Latitude	Longitude			
01257000	Brasnorte	Brasnorte	12°06'59" S	58°00'01" W	321	ANA	09/84 – 01/19
01258001	Fazenda Floresta	Brasnorte	12°52'03" S	58°04'13" W	478	ANA	10/00 – 01/19
01358001	Bacaval	Campo Novo do Parecis	13°38'29" S	58°17'21" W	547	ANA	04/83 – 12/18
01358002	Fazenda Tucunaré	Sapezal	13°28'00" S	58°58'30" W	547	ANA	04/83 – 02/19
01358005	Speráfico	Sapezal	13°54'36" S	58°53'53" W	661	ANA	10/99 – 02/19

Dispõe-se de um período considerável de dados pluviométricos nos postos selecionados, que são suficientes para a caracterização da chuva média na bacia em estudo. Em função disso, não foram adotadas metodologias para a extensão e preenchimentos das séries.

As tabelas seguintes apresentam os totais pluviométricos (mm) observados em cada estação.

Tabela 6-4: Posto pluviométrico Brasnorte (01257000) – Totais pluviométricos (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1984									13,5	248,5	169,2	369,5	
1985	469,5	270,4	211,8	149,3	8,0	0,0	0,0	3,9	22,3	194,3	163,6	130,4	1.623,5
1986	440,2	246,6	251,6	107,4	88,2	0,0	0,0	47,4	95,9	137,2	299,1	317,3	2.030,9
1987	310,5	317,4	284,3	118,9	71,5	0,0	0,0	2,0	18,3	73,0	302,5	275,0	1.773,4
1988	367,5	400,8	194,6	189,8	76,5	0,0	0,0	0,0	33,4	88,8	246,8	393,4	1.991,6
1989	489,0	339,0	317,4	177,6	19,4	0,0	3,6	16,4	8,6	214,0	164,0	210,0	1.959,0
1990	282,4	165,2	237,0	129,4	19,4	0,0	0,0	27,0	132,0	173,8	158,2	355,0	1.679,4

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1991	377,4	297,4	665,7	166,6	125,0	0,0	0,0	0,0	69,0	134,0	190,0	188,0	2.213,1
1992	410,0	375,0	241,0	75,1	6,0	0,0	0,0	25,4	105,8	103,3	200,3	299,0	1.840,9
1993	161,0	346,0	172,0	127,0	3,5	5,6	7,4	6,1	39,0	185,5	236,5	355,6	1.645,2
1994	299,9	246,8	378,2	133,7	17,9	33,7	19,8	0,0	61,1	129,6	126,3	434,1	1.881,1
1995	342,7	678,3	250,2	315,7	68,7	0,0	0,0	0,0	26,0	144,4	317,2	317,0	2.460,2
1996	306,0	282,0	298,5	189,5	37,1	25,3	0,0	33,0	73,3	86,9	445,4	294,9	2.071,9
1997	534,0	291,1	373,0	202,6	16,0	34,2	0,0	0,0	22,6	107,2	132,0	196,7	1.909,4
1998	143,3	388,3	322,3	72,5	53,3	0,0	0,0	10,5	28,2	288,6	304,0	299,6	1.910,6
1999	269,9	213,9	292,2	126,2	36,9	0,0	1,1	0,0	68,5	53,5	305,3	387,8	1.755,3
2000	195,9	302,7	233,7	142,9	0,0	0,0	0,0	0,0	59,4	66,8	296,1	219,2	1.516,7
2001	203,3	169,3	213,9	105,7	75,7	4,2	0,0	0,0	61,8	140,5	207,7	327,6	1.509,7
2002	346,4	263,1	141,5	62,1	21,4	0,0	17,3	0,0	125,2	187,4	102,9	114,1	1.381,4
2003	194,6	169,4	493,4	167,2	38,0	0,0	0,0	2,5	23,7	307,6	131,0	182,2	1.709,6
2004	338,9	344,6	226,7	145,9	43,4	0,0	0,0	0,0	36,9	82,8	112,8	259,3	1.591,3
2005	368,5	242,9	266,6	77,5	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	147,5	217,9	344,1	1.667,0
2006	243,0	245,1	277,5	127,0	34,1	0,0	0,0	4,3	80,0	252,6	107,7	307,8	1.679,1
2007	418,3	345,8	251,7	122,3	44,6	0,0	5,0		46,7	163,2	196,7	417,8	
2008	441,8		233,6	116,8	17,3	0,0	0,0	0,0	30,8	154,2	271,2	467,0	
2009	373,9	229,4		97,0	79,7	10,5	0,0	18,8	53,5	139,7	188,7	242,3	
2010	493,4	306,8	353,1	88,0	10,2	0,0	22,5	0,0	0,7	105,9	253,4	391,3	2.025,3
2011	1056,5	1030,1	232,8	136,7	1,4	0,0	0,0	5,1	17,6	64,9	148,8	339,0	3.032,9
2012	378,5	200,4	317,3	69,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	66,8	130,3	212,2	1.375,4
2013	367,5	390,6	298,0	168,6	2,9	6,5	2,0		36,1	158,1	137,2	411,2	
2014	374,3	356,5	262,5	89,1	13,8	0,0	0,0	0,0	55,6	124,3	150,5	351,5	1.778,1
2015	209,4	274,9	194,9	150,5	139,8	8,6	3,2	13,0	0,0				
2016		272,5	267,6	40,0	10,3	3,4	0,0	9,7	56,3	149,5	129,4	354,9	
2017	211,3	437,9	200,9	121,5	58,0	0,0	0,0	0,0	10,4	84,6	213,4	264,9	1.602,9
2018	249,9	349,0	394,3	154,3	31,7	3,2	0,0	5,4	93,3	150,5	385,1	349,3	2.166,0
2019	244,3												
Média	350,4	326,9	283,3	131,3	37,3	4,0	2,4	7,2	45,9	144,4	210,0	305,3	1.849,3

Tabela 6-5: Posto pluviométrico Fazenda Floresta (01258001) – Totais pluviométricos (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2000										100,8	184,5	239,4	
2001	394,0	137,9	173,2	86,1	61,2	0,0	0,0	0,0	54,6	136,3	170,0	202,5	1.415,8
2002	275,3	417,3	131,2	37,1	30,8	0,0	1,5	0,0	82,9	205,4	88,3	334,3	1.604,1
2003	311,9	206,2	207,0	148,2	127,6	0,0	0,0	2,5	57,1	171,3	263,7	111,8	1.607,3
2004	391,2	334,6	320,3	180,3	0,0	0,0	0,0	17,3	25,7	147,8	254,5	295,8	1.967,5
2005	699,7	396,2	396,2	107,4	19,1	0,0	0,0	0,0	38,3	196,8	124,8	437,8	2.416,3

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2006	468,3	303,2	511,6	239,0	73,1	0,0	0,0	0,0	83,7	239,5	168,3	541,2	2.627,9
2007	453,0	275,6	321,7	152,2	56,2	0,0	0,0	4,0	51,9	165,4	194,3	304,7	1.979,0
2008		138,4	169,7	274,1	0,0	0,0	0,0	5,5		166,5	228,1		
2009	423,5	459,3	459,3	102,8	73,0	0,0	0,0	11,3	70,5	122,6	223,5	578,3	2.524,1
2010	456,9	285,9	340,6	43,6	21,8	10,0	0,0	0,0	12,9	134,7	134,1	158,3	1.598,8
2011	285,7	353,5	163,4	177,7	0,0	4,2	0,0	24,4	60,0	150,5	277,3	189,6	1.686,3
2012	271,1	415,5	145,5	96,6	57,4	3,9	0,0	0,0	29,8	98,7	291,0	318,3	1.727,8
2013	338,4	408,8	282,1	295,1	10,4	21,3	2,8	0,5	24,0	141,5	363,6	445,1	2.333,6
2014	283,9	307,0	485,8	95,2	128,5	14,5	0,0	8,7	96,8	111,2	233,3	267,4	2.032,3
2015	180,7	310,6	269,7	136,7	67,5	27,4	0,0	40,7	24,9				
2016		323,8	196,8	4,5	34,1	18,9	0,0	125,6	41,1	144,1	208,1	495,1	
2017	445,7	435,8	368,2	105,9	63,1	0,0	0,0	11,0	38,5	132,5	212,7	301,6	2.115,0
2018	221,3	362,4	273,8	411,1	0,0	3,5	0,0	0,0	57,4	180,5	388,3	312,1	2.210,4
2019	258,7												
Média	362,3	326,2	289,8	149,6	45,8	5,8	0,2	14,0	50,0	152,6	222,7	325,5	1.989,7

Tabela 6-6: Posto pluviométrico Bacaval (01358001) – Totais pluviométricos (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1983				132,5	40,7	12,4	0,0	0,0	27,5	332,9	254,6	320,7	
1984	388,4	248,3	268,3	172,4	86,1	0,0	0,0	67,4	89,6	393,5	240,7	255,5	2.210,2
1985	395,5	249,6	240,9	115,8	11,6	3,1	12,0	23,0	84,7	282,5	129,2	174,2	1.722,1
1986	340,5	112,3	267,6	83,9	78,0	1,4	0,0	32,6	72,2	149,4	106,5	232,6	1.477,0
1987	478,8	138,0	261,8	133,3	9,4	44,3	0,0	0,0	12,8	93,7	281,9	367,9	1.821,9
1988	297,0	449,8	465,1	332,8	3,0	0,0	0,0	0,0	36,8	122,8	124,3	324,3	2.155,9
1989	430,0	335,7	294,9	281,2	0,0	54,0	33,0	180,4	18,0	111,6	125,7	390,6	2.255,1
1990	291,5	206,3	221,0	91,0	70,0	0,0	0,0	21,0	214,9	168,5	128,0	150,1	1.562,3
1991	335,0												
1992	270,3	308,5	174,3	236,0	0,4	1,3	15,2	49,0	189,7	103,5	227,1	352,0	1.927,3
1993	245,0	424,0	225,0	135,0	23,4	76,0	0,0	12,3	30,3	147,8	222,0	367,2	1.908,0
1994	449,8	284,6	291,3	115,9	46,9	19,1	23,4	58,0	34,0	185,0	125,2	297,5	1.930,7
1995	374,2	252,5	242,1	125,3	100,6	0,0	0,0	67,1	34,9	162,6	190,7	349,7	1.899,7
1996	374,0	266,0	490,8	170,0	39,1	0,0	0,0	65,3	64,6	155,5	423,1	249,7	2.298,1
1997	420,3	193,1	456,6	271,0	62,1	44,3	0,0	0,0	56,9	125,8	195,4	337,7	2.163,2
1998	291,3	259,5	346,5	154,5	25,7	0,0	0,0	45,4	55,3	289,8	195,3	251,4	1.914,7
1999	227,2	225,8	256,8	73,6	51,3	13,9	0,0	0,0	67,9	97,9	171,5	324,8	1.510,7
2000	328,0	272,3	376,9	108,3	0,0	0,0	0,0	17,0	127,8	83,8	162,6	141,8	1.618,5
2001	281,9	197,5	234,5	122,5	52,7	0,0	6,3	18,5	87,3	123,6	267,8	263,5	1.656,1
2002	289,4	421,3	184,5	146,5	14,8	0,0	91,6	13,3	15,6	124,5	93,9	225,4	1.620,8
2003	361,8	261,1	249,6	235,3	29,8	0,0	0,0	21,8	56,0	82,5	142,4	249,9	1.690,2

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2004	259,9	288,9	180,7	82,2	33,0	0,0	31,6	0,0	53,5	79,8	282,4	263,6	1.555,6
2005	294,9	187,0	221,6	86,9	22,2	0,0	0,0	14,2	138,4	136,6	204,6	223,2	1.529,6
2006	261,2	291,0	304,8	334,8	36,2	0,0	0,0	24,2	39,5	205,3	76,6	175,1	1.748,7
2007	177,3	255,6	216,6	71,3	1,6	1,7	10,8	0,0	4,7	186,7	261,5	309,8	1.497,6
2008	467,2	277,6	232,4	192,7	6,5	0,0	0,0	0,0	19,7	154,0	235,2	225,2	1.810,5
2009	234,2	313,9	424,3	104,3	0,0	13,6	0,0	46,8	50,5	29,8	221,3	349,4	1.788,1
2010	381,2	242,1	278,6	54,9	17,6	0,7	0,0	0,1	2,1	165,7	153,4	238,6	1.535,0
2011	253,1	270,9	408,6	166,6	6,8	19,5	0,0	15,0	21,2	80,2	177,2	220,8	1.639,9
2012	319,3	225,3	190,5	113,3	44,2	47,5	0,0	0,0	75,9	48,5	263,8	181,2	1.509,5
2013	483,2	436,0	244,8	61,6	20,6	17,9	21,6	0,4	52,6	111,8	289,8	173,1	1.913,4
2014	287,8	337,0	235,9	62,4	153,8	42,7	2,3	0,0	47,2	65,6	254,6	287,4	1.776,7
2015	91,7	306,8	176,5	344,6	78,4	7,3	0,0	29,1	45,8	109,7	178,3	152,8	1.521,0
2016	350,3	207,0	347,1	140,9	87,7	1,0	0,0	62,9	86,0	115,6	323,8	399,0	2.121,3
2017	381,5	513,9	235,6	144,6	77,4	5,4	0,0	0,0	17,0	124,5	302,5	208,2	2.010,6
2018	372,5	535,4	373,1	160,2	29,2	0,0	0,0	9,6	36,6	229,7	234,3	140,8	2.121,4
Média	328,1	288,1	282,9	153,1	38,9	12,2	7,1	25,6	59,1	148,0	207,6	262,1	1.806,5

Tabela 6-7: Posto pluviométrico Fazenda Tucunará (01358002) – Totais pluviométricos (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1983				93,6	15,4	3,0	0,0	0,0	22,8	177,4	269,7	321,5	
1984	147,5	205,5	166,9	206,0	46,1	0,0	0,8	116,4	93,3	311,9	172,0	179,1	1.645,5
1985	347,4	188,1	242,3	82,1	42,4	8,1	8,5	7,0	90,0	270,0	291,0	187,0	1.763,9
1986	655,7	285,9	248,0	217,8	128,2	11,0	2,0	83,0	174,6	108,6	74,9	340,0	2.329,7
1987													
1988										127,1	183,6	288,1	
1989	282,9	362,7	526,1	430,4	0,0	112,9	26,6	100,9	33,6	218,8	82,7	396,7	2.574,3
1990	485,1	170,4	61,4	71,9	49,0	0,0	8,8	18,1	157,2	160,0	253,5	324,2	1.759,6
1991	416,6	340,5	347,6	120,9	81,2	0,0	0,0	0,0	35,4	244,5	149,8	277,8	2.014,3
1992	381,7	318,5	295,7	273,9	49,3	0,0	14,8	54,6	128,6	173,0	260,6	543,3	2.494,0
1993	215,6	237,6	222,0	305,7	70,2	13,7	3,5	16,1	91,3	174,3	101,5	463,0	1.914,5
1994	323,9	231,0	272,8	179,0	57,8	79,3	29,7	0,0	62,8	179,6	71,6	315,2	1.802,7
1995	413,9	502,6	280,1	220,0	158,6	4,2	0,0	16,6	31,9	79,6	238,6	292,6	2.238,7
1996	190,5	216,2	481,5	99,1	93,3	0,0	0,0	64,5	49,1	57,1	308,6	249,3	1.809,2
1997	327,2	191,6	585,3	105,3	101,9	15,0	0,0	0,0	75,0	211,0	138,2	224,3	1.974,8
1998	357,0	229,1	339,2	80,2	24,0	0,0	0,0	72,5	45,1	171,3	270,1	324,2	1.912,7
1999	387,1	182,3	213,0	83,5	4,4	29,1	2,2	0,0	77,7	73,4	238,2	343,6	1.634,5
2000	164,1	282,2	399,9	194,5	0,0	12,0	3,5	11,9	94,8	147,5	257,6	183,8	1.751,8
2001	350,4	335,5	201,1	142,5	67,0	16,6	34,6	0,0	133,8	167,0	288,7	215,7	1.952,9
2002	170,0	630,4	372,9	56,1	61,9	0,0	2,4	17,4	86,8	64,7	126,8	198,1	1.787,5

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2003	426,8	144,0	195,7	161,8	69,6	0,0	0,6	32,3	72,9	118,3	218,5	370,8	1.811,3
2004	656,3	470,0	241,9	199,1	24,3	0,0	24,9	13,6	61,1	183,6	280,8	348,8	2.504,4
2005	656,6	272,5	299,1	76,3	32,7	12,8	0,0	0,0	157,7	209,0	348,8	443,4	2.508,9
2006	387,3	504,7	265,3	449,3	90,7	18,5	0,0	29,2	58,1	246,3	273,6	474,6	2.797,6
2007	600,1	700,4	413,9	186,7	0,0	16,7	7,8	11,7	114,3	281,6	312,0	313,7	2.958,9
2008	671,8	578,1	546,1	226,3	93,4	0,0	0,0	54,1	107,3	314,7	286,9	404,5	3.283,2
2009	446,7	495,6	826,8	456,2	100,7	16,3	36,3	69,4	210,6	266,8	258,6	553,0	3.737,0
2010	470,7	666,9	145,4	297,5	46,6	0,0	0,0	0,0	51,0	221,0	464,0	294,4	2.657,5
2011	534,3	575,4	545,4	244,8	0,0	26,3	0,0	19,6	37,5	237,4	279,1	375,8	2.875,6
2012	428,5	414,0	271,5	288,7	119,7	21,6	0,0	21,0	91,9	80,2	299,9	220,5	2.257,5
2013	263,3	336,9	262,7	238,3	251,6	36,7	0,0	49,4	105,4	84,9	53,5	126,2	1.808,9
2014	200,3	312,3	757,8	116,2	537,2	38,3	0,0	0,0	100,6	70,5	38,6	134,2	2.306,0
2015	200,1	303,4	241,8	272,1	224,8	38,1	0,0	21,6	52,6	123,0	157,6	224,5	1.859,6
2016	357,7	206,3	293,8	158,5	136,4	27,5	0,0	48,0	98,9		74,9	177,0	
2017	365,7	594,0	95,9	130,8	90,7	63,3	0,0	32,9	0,0	104,5	178,2	323,7	1.979,7
2018	433,5	402,5	169,8	222,5	50,9	75,6	31,6		60,1	78,4	310,2	338,2	
2019	200,4	560,0											
Média	379,9	366,1	328,1	199,8	88,0	21,0	7,2	30,7	86,1	168,5	216,0	307,9	2.216,3

Tabela 6-8: Posto pluviométrico Speráfico (01358005) – Totais pluviométricos (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1999										103,3	273,1	356,4	
2000	205,3	245,2	402,7	89,3	0,0	0,0	28,8	12,8	112,9	164,0	147,5	128,9	1.537,4
2001	338,1	250,4	159,0	81,4	20,7	0,2	85,7	18,2	30,5	147,9	264,3	231,2	1.627,6
2002	97,7	370,5	158,5	82,3	23,8	0,0	20,7	27,2	34,0	56,1	98,3	474,5	1.443,6
2003	542,3	181,7	344,2	229,8	52,0	1,9	0,0	25,4	46,3	191,7	204,0	286,3	2.105,6
2004	333,9	412,1	64,7	111,3	143,9	13,7	0,0	45,5	92,0	114,0	151,5	252,0	1.734,6
2005	434,6	240,3	281,7	200,1	22,8	5,9	0,0	0,0	86,6	151,7	170,4	254,8	1.848,9
2006	205,8	324,5	255,4	223,4	52,9	0,0	0,0	0,0	89,4	191,3	99,1	205,0	1.646,8
2007	534,6	196,8	257,0	148,2	1,5	0,0	10,4	0,0	28,0	110,6	331,6	313,4	1.932,1
2008	379,4	270,2	435,6	130,6	31,8	4,0	9,8	0,0	37,2	58,7	71,8	160,0	1.589,1
2009	400,1	328,3	297,4	157,4	90,0	2,1	86,5	51,5	127,8	111,9	360,4	339,8	2.353,2
2010	479,1	715,4	464,0	68,0	15,4	0,0	0,0	0,0	20,4	198,1	208,7	168,1	2.337,2
2011	595,4	270,0	447,9	157,8	32,5	4,5	0,0	22,1	18,2	47,6	194,9	293,0	2.083,9
2012	444,9	399,8	384,7	121,5	53,9	36,1	0,0	0,0	40,5	78,4	266,2	244,9	2.070,9
2013	681,8	712,7	283,8	98,9	0,4	18,2	0,0	0,0	155,5	240,3	97,2	272,7	2.561,5
2014	296,6	416,7	456,3	142,8		0,0	23,0	3,5	19,8	112,2	191,5	495,4	
2015	241,6	288,1	166,9	338,2	140,2	28,7	0,0	31,4	55,0	93,6	205,4	215,6	1.804,7
2016		427,9	223,0	62,3	27,8	7,9	3,5	40,9	137,5		132,6	557,5	

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2017		440,3	323,3	147,1	22,4	0,0	0,0	63,1	1,5	151,6	180,3	327,5	
2018	328,6	477,3	355,2	179,5	49,5	8,5	0,0	11,5	121,1	280,4	359,1	280,3	2.451,0
2019	337,1	288,8											
Média	382,1	362,9	303,2	145,8	43,4	6,9	14,1	18,6	66,0	137,0	200,4	292,9	1.945,5

A Tabela 6-9 e a Figura 6-4 apresentam os totais mensais médios observados nas estações.

Tabela 6-9: Postos pluviométricos – Precipitações médias mensais

Código	Nome	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
01257000	Brasnorte	350,4	326,9	283,3	131,3	37,3	4,0	2,4	7,2	45,9	144,4	210,0	305,3	1.849
01258001	Fazenda Floresta	362,3	326,2	289,8	149,6	45,8	5,8	0,2	14,0	50,0	152,6	222,7	325,5	1.944
01358001	Bacaval	328,1	288,1	282,9	153,1	38,9	12,2	7,1	25,6	59,1	148,0	207,6	262,1	1.813
01358005	Speráfico	398,8	362,4	311,3	149,3	44,6	7,3	13,8	18,1	67,8	141,5	205,8	283,3	2.004
01358002	Fazenda Tucunaré	386,3	358,1	326,7	204,3	88,8	21,7	7,4	31,1	86,1	171,7	218,7	311,2	2.212

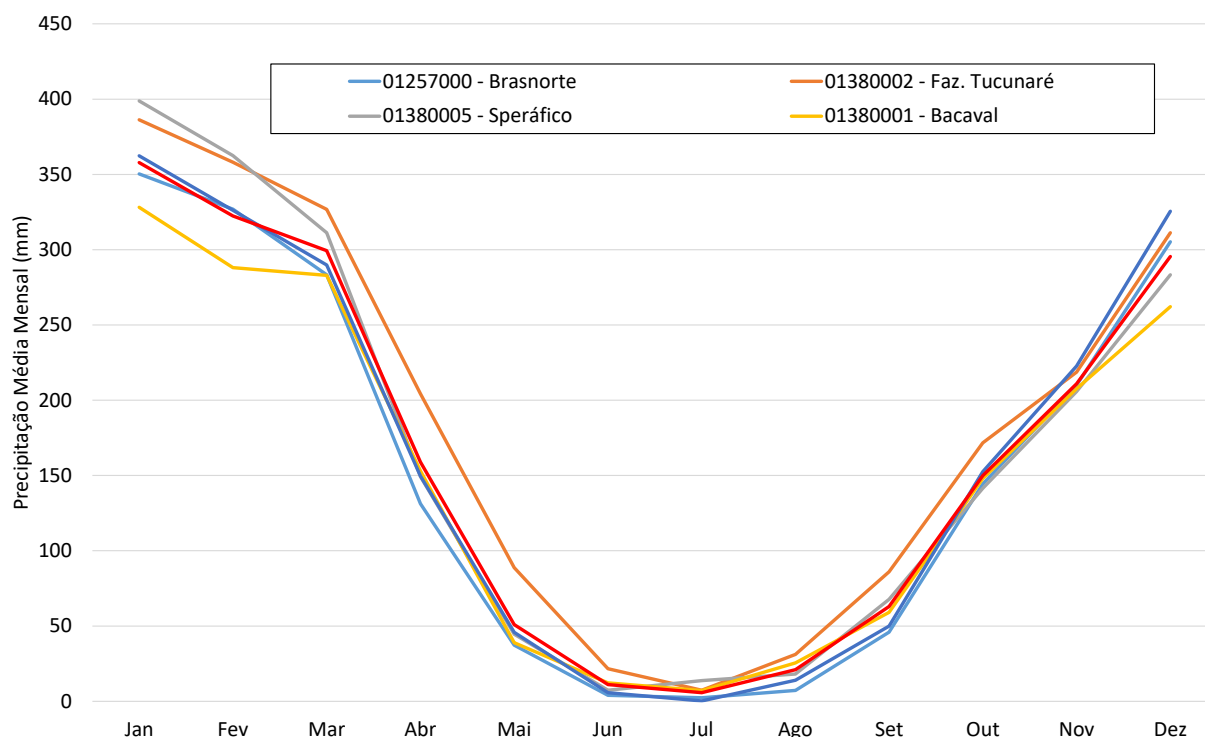


Figura 6-4: Precipitações médias mensais observadas nas estações pluviométricas selecionadas

Os valores observados no posto 01380002 – Fazenda Tucunaré são levemente superiores aos observados nas demais estações. No entanto, pode-se observar um comportamento característico na região, com volumes baixos de chuva entre os meses de maio e setembro. A precipitação média total anual é de 1.964 mm.

Tendo em vista a pequena variabilidade pluviométrica identificada nos postos pluviométricos nas bacias estudadas, utilizou-se como critério, para definição da chuva média na bacia, a média aritmética simples dos postos pluviométricos. Conforme apresentado, as séries pluviométricas apresentam diferentes períodos de disponibilidade de observações, com falhas pontuais. Apesar disso, há pelo menos em um dos postos dados disponíveis para cada mês do período de janeiro de 1984 a dezembro de 2018, possibilitando assim o cálculo de uma série ininterrupta de totais mensais, conforme apresentado na Tabela 6-10.

Tabela 6-10: Chuva média na bacia do Rio Sauê-Uiná – Totais pluviométricos (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1984	335,1	241,4	215,7	175,9	46,7	0,0	0,3	62,6	68,4	299,9	192,1	188,3	1.826,4
1985	394,4	228,1	244,9	101,8	47,4	3,7	6,8	25,8	90,2	229,9	239,8	226,2	1.839,0
1986	435,6	238,5	266,6	140,2	92,6	4,1	0,7	39,2	88,4	110,3	161,3	282,5	1.860,0
1987	423,1	269,4	228,2	161,6	42,9	22,1	0,0	0,0	23,1	91,3	264,3	380,6	1.906,7
1988	393,0	394,4	391,3	255,2	11,2	0,0	1,8	8,2	22,7	154,6	157,3	274,1	2.063,8
1989	331,8	287,9	352,7	280,3	6,5	55,6	19,9	102,8	61,2	168,1	122,2	380,8	2.169,6
1990	384,7	224,7	316,0	109,8	81,3	0,0	2,9	13,0	147,0	154,2	190,5	220,8	1.845,0
1991	387,2	357,8	294,3	98,0	43,6	0,0	0,0	12,7	70,6	173,9	175,1	288,4	1.901,5
1992	271,0	324,3	214,0	212,3	17,7	2,3	12,5	36,6	119,1	154,0	241,4	417,0	2.022,2
1993	253,5	302,8	275,1	191,5	37,2	41,1	7,8	9,5	60,9	150,6	149,9	421,4	1.901,2
1994	372,1	398,0	271,4	203,5	57,8	32,8	17,7	19,3	40,9	169,7	171,3	309,9	2.064,5
1995	364,7	345,7	273,6	178,3	98,8	9,8	0,0	38,9	46,7	109,7	291,6	312,4	2.070,1
1996	366,2	257,8	448,4	157,2	49,5	11,4	0,0	43,3	45,4	106,6	287,9	231,9	2.005,6
1997	296,9	257,7	454,7	149,6	72,4	19,8	0,0	3,5	53,4	208,5	212,5	287,2	2.016,2
1998	306,1	234,2	326,0	120,3	28,9	0,0	0,4	39,3	56,3	171,5	256,9	321,1	1.860,9
1999	270,1	236,9	234,5	100,0	18,6	14,3	0,7	0,0	68,3	85,4	244,7	311,0	1.584,5
2000	223,3	275,6	353,3	133,8	0,0	3,0	8,1	10,4	98,7	112,6	209,7	182,6	1.611,1
2001	313,5	218,1	196,3	107,6	55,5	4,2	25,3	7,3	73,6	143,1	239,7	248,1	1.632,4
2002	235,8	420,5	197,7	76,8	30,5	0,0	26,7	11,6	68,9	127,6	102,0	269,3	1.567,5
2003	367,5	192,5	298,0	188,5	63,4	0,4	0,1	16,9	51,2	174,3	191,9	240,2	1.784,8
2004	396,0	370,0	206,9	143,8	48,9	2,7	11,3	15,3	53,8	121,6	216,4	283,9	1.870,7
2005	490,9	267,8	293,0	109,6	19,4	3,7	0,0	2,8	84,6	168,3	213,3	340,7	1.994,1
2006	313,1	333,7	322,9	274,7	57,4	3,7	0,0	11,5	70,1	227,0	145,1	340,7	2.100,0
2007	436,7	354,8	292,2	136,1	20,8	3,7	6,8	3,9	49,1	181,5	259,2	331,9	2.076,7
2008	490,0	316,1	323,5	188,1	29,8	0,8	2,0	11,9	48,8	169,6	218,6	314,2	2.113,4
2009	375,7	365,3	501,9	183,5	68,7	8,5	24,6	39,6	102,6	134,2	250,5	412,6	2.467,6
2010	456,3	443,4	316,3	110,4	22,3	2,1	4,5	0,0	17,4	165,1	242,7	250,1	2.030,8
2011	545,0	500,0	359,6	176,7	8,1	10,9	0,0	17,2	30,9	116,1	215,5	283,6	2.263,7
2012	368,5	331,0	261,9	138,0	55,0	21,8	0,0	4,2	47,6	74,5	250,2	235,4	1.788,2
2013	426,8	457,0	274,3	172,5	57,2	20,1	5,3	12,6	74,7	147,3	188,3	285,7	2.121,7
2014	288,6	345,9	439,7	101,1	208,3	19,1	5,1	2,4	64,0	96,8	173,7	307,2	2.051,8
2015	184,7	296,8	210,0	248,4	130,1	22,0	0,6	27,2	35,7	108,8	180,4	197,6	1.642,3
2016	354,0	287,5	265,7	81,2	59,3	11,7	0,7	57,4	84,0	136,4	173,8	396,7	1.908,3
2017	351,1	484,4	244,8	130,0	62,3	13,7	0,0	21,4	13,5	119,5	217,4	285,2	1.943,3

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2018	321,2	425,3	313,2	225,5	32,3	18,2	6,3	6,6	73,7	183,9	335,4	284,1	2.225,7
Média	357,8	322,4	299,4	158,9	50,9	11,1	5,7	21,0	63,0	149,9	210,9	295,5	1.946,6

6.3.2. Dados Fluviométricos

O levantamento dos postos fluviométricos foi realizado no banco de dados da Agência Nacional de Águas – ANA, no portal Hidroweb.

Selecionou-se postos fluviométricos instalados na região, uma vez que o rio Sauê-Uiná não possui postos em sua calha principal. Tais postos possuem séries razoavelmente longas e com qualidade suficiente para caracterizar o regime fluvial na região, com dados disponíveis a partir do ano de 1973.

Tabela 6-11: Postos fluviométricos – Rio Sauê-Uiná

Código	Nome	Rio	Município	Área de Drenagem (km ²)	Localização		Entidade	Período de Dados
17091000	Fazenda Tucunaré	Rio Juruena	Sapezal	4.360	13°27'39"	59°00'28"	ANA	04/83 – 08/20
17092800	Aldeia Sacre II	Rio Sacre	Campo Novo Do Parecis	6.770	13°01'35"	58°11'07"	ANA	11/04 - 04/20
17093000	Fontanilhas	Rio Juruena	Juína	55.900	11°21'30"	58°20'34"	ANA	02/78 – 04/20
17120000	Porto dos Gaúchos	Rio Arinos	Porto Dos Gaúchos	37.100	11°32'12"	57°25'25"	ANA	10/73 – 04/20

Os postos fluviométricos 17092900 - Utariti, 17092950 - Fazenda Satélite, 17097000 - Gleba Agrosan, 17098000 - Fazenda Vale do Tucuna, 17100000 - Fazenda Tauá, 17124000 - Núcleo Ariel e 17125000 - Porto da Balsa não foram utilizados nesse estudo por estarem desativadas, além de também possuírem histórico disponível curto e com falhas.

Cabe ressaltar que o posto fluviométrico 17091000 - Fazenda Tucunaré, localizado no rio Juruena, foi utilizado como base para geração das séries de vazões na usina, tendo em conta sua proximidade e semelhança hidrogeológica com o rio Sauê-Uiná, conforme será demonstrado neste estudo. Cabe informar que as vazões deste posto foram geradas somente a partir de 01/1993, tendo em conta a inexistência de medições de vazões anteriores a este período para subsidiar a curva-chave.

Os demais postos constantes na tabela foram utilizados para análise do comportamento hidrológico da região a partir de regionalização vazões médias de longo termo, bem como preenchimento e extensão do posto base.

As áreas de drenagem utilizadas são as constantes na base de dados da ANA, que realizou recente revisão em toda sua rede hidrométrica. Para o local da PCH SU-93 obteve-se o valor de 1.525 km² no presente estudo.

6.3.2.1. Análise e Consistência de Cotas e Curvas-Chaves

No presente estudo todos os postos fluviométricos utilizados (postos base e postos usados na regionalização de vazões) tiveram seus dados consistidos.

Cotas Médias Diárias: As séries de cotas médias diárias dos postos fluviométricos passaram por uma análise visual, com a finalidade de determinar leituras absurdas, variações bruscas dos seus valores e erros de

“metro inteiro”. Foram efetuadas correções dos valores incoerentes e as falhas em curtos períodos preenchidas, quando necessário, respeitando a tendência do comportamento do fluviograma, resultando em séries finais consistidas e de maior confiabilidade. Os longos períodos contínuos em que há falhas de observações não tiveram seus dados preenchidos nesta fase inicial de consistência dos dados. O número de medições, bem como o intervalo de cotas em que elas ocorreram, são perfeitamente adequados para o estabelecimento das curvas-chaves dos postos fluviométricos.

Resumos de Medições: Foram realizadas consistências dos resumos de medições a partir de análise gráfica do comportamento das grandezas vazão-cota, área-cota, largura-cota, velocidade-cota e profundidade-cota, conjuntamente com os perfis transversais dos respectivos postos, de forma a se identificar padrões temporais e ocorrência de eventos, como modificação de níveis de referência, queda da régua, etc.

Curvas- Chaves: As curvas-chaves de cada posto fluviométrico foram obtidas a partir da plotagem dos resumos de medições respectivos, buscando-se o melhor ajuste possível no tramo inferior e superior (extrapolado) das curvas. Observou-se pequenos índices de extrapolações para as curvas-chaves, com valores máximos de 2 vezes (cotas extrapoladas em relação às cotas medidas).

Ressalta-se que os dados resultantes da análise e consistência realizadas neste estudo aproximaram-se bastante aos constantes na base de dados da ANA (Hidroweb).

Da Figura 6-5 à Figura 6-8 são apresentadas as curvas-chaves obtidas.

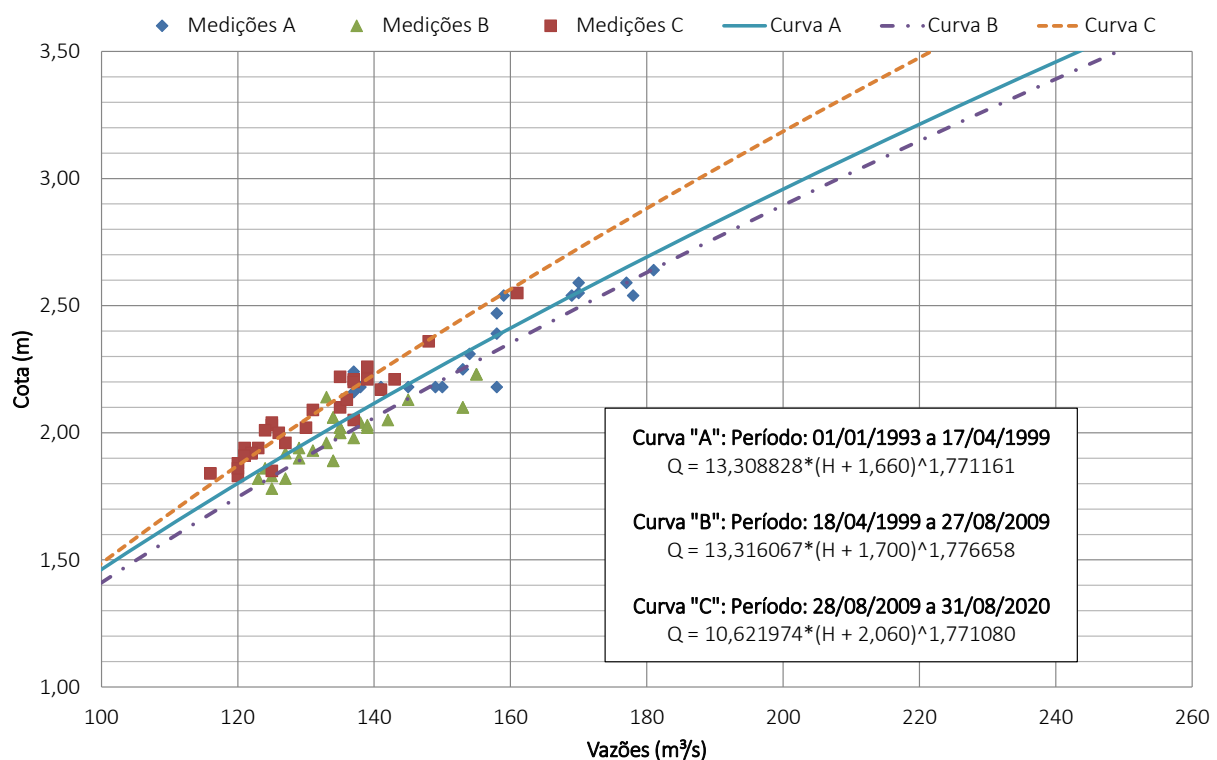


Figura 6-5: Curva-chave – Fazenda Tucunará (17091000)

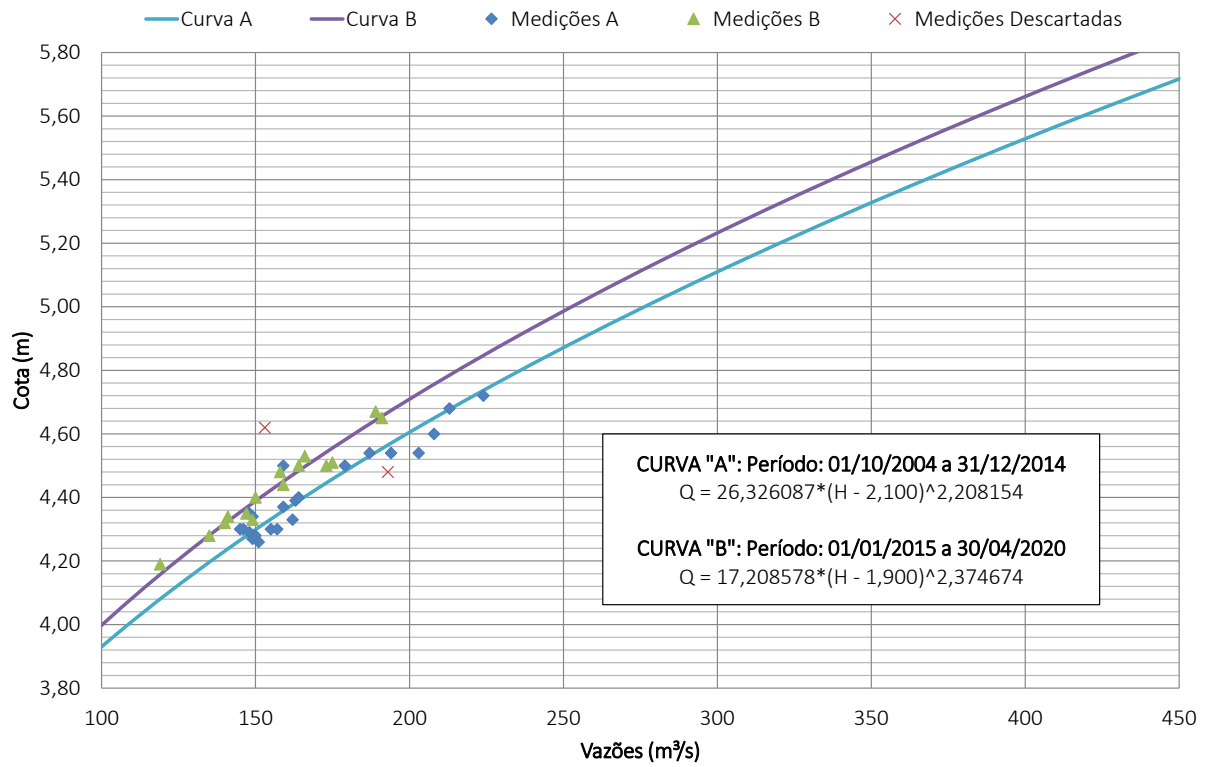


Figura 6-6: Curva-chave - Aldeia Sacre II (17092800)

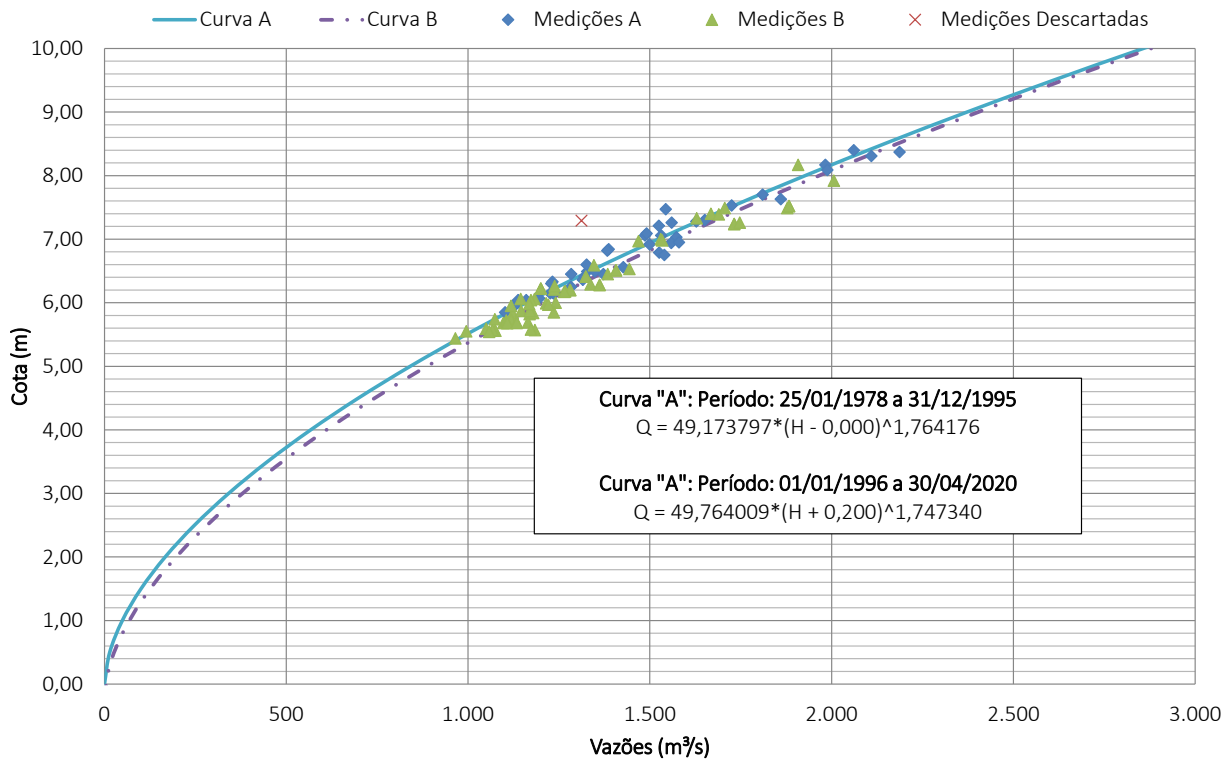


Figura 6-7: Curva-chave - Fontanilhas (17093000)

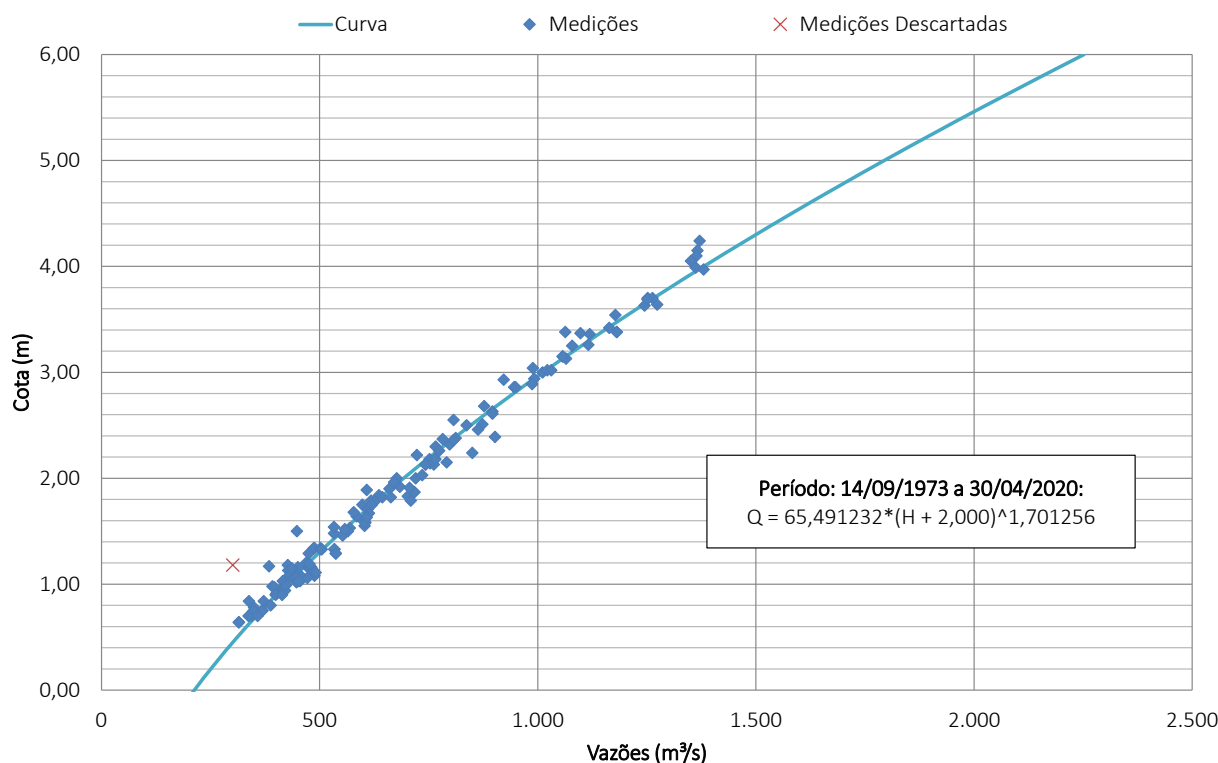


Figura 6-8: Curva-chave - Porto dos Gaúchos (17120000)

6.3.2.2. Séries Observadas nos Postos Fluviométricos

A partir das séries de cotas observadas nas estações e as respectivas curvas-chave, pode-se calcular as séries de vazões observadas nos postos fluviométricos selecionados, conforme apresentado nas tabelas seguintes.

Tabela 6-12: Série de vazões observadas – Fazenda Tucunaré (17091000)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1993	168,0	178,0	186,0	181,0	164,0	155,0	145,0	134,0	130,0	132,0	132,0	142,0	154,0
1994	166,0	183,0	185,0	186,0	155,0	143,0	136,0	128,0	122,0	124,0	126,0	142,0	150,0
1995	176,0	190,0	198,0	193,0	174,0	160,0	154,0	150,0	147,0	151,0	157,0	175,0	169,0
1996	167,0	164,0	177,0	170,0	160,0	152,0	147,0	147,0	143,0	146,0	158,0	152,0	157,0
1997	153,0	166,0	178,0	177,0	169,0	159,0	149,0	146,0	146,0	145,0	145,0	148,0	157,0
1998	151,0	165,0	174,0	168,0	154,0	149,0	143,0	141,0	138,0	144,0	152,0	151,0	153,0
1999	152,0	151,0	157,0	152,0	149,0	142,0	139,0	136,0	137,0	137,0	142,0	147,0	145,0
2000	143,0	150,0	168,0	161,0	149,0	142,0	138,0	136,0	135,0	137,0	143,0	141,0	145,0
2001	149,0	149,0	158,0	152,0	143,0	140,0	136,0	135,0	134,0	136,0	141,0	146,0	143,0
2002	144,0	156,0	153,0	147,0	141,0	135,0	132,0	130,0	130,0	129,0	131,0	136,0	139,0
2003	144,0	149,0	149,0	158,0	142,0	144,0	134,0	130,0	130,0	133,0	136,0	136,0	140,0
2004	143,0	149,0	148,0	143,0	139,0	133,0	130,0	126,0	126,0	129,0	132,0	131,0	136,0
2005	145,0	141,0	147,0	142,0	135,0	132,0	128,0	125,0	131,0	128,0	130,0	135,0	135,0

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
2006	143,0	146,0	148,0	153,0	140,0	135,0	132,0	128,0	128,0	137,0	132,0	143,0	139,0
2007	152,0	156,0	155,0	148,0	139,0	134,0	131,0	128,0	127,0	132,0	136,0	137,0	140,0
2008	139,0	147,0	148,0	148,0	139,0	134,0	130,0	127,0	126,0	129,0	133,0	140,0	137,0
2009	139,0	143,0	155,0	144,0	138,0	131,0	127,0	126,0	121,0	122,0	125,0	125,0	133,0
2010	131,0	146,0	136,0	126,0	122,0	125,0	123,0	121,0	121,0	123,0	123,0	130,0	127,0
2011	144,0	142,0	145,0	146,0	132,0	127,0	124,0	122,0	119,0	122,0	125,0	126,0	131,0
2012	133,0	139,0	144,0	136,0	127,0	127,0	125,0	118,0	121,0	127,0	123,0	130,0	129,0
2013	140,0	147,0	141,0	136,0	129,0	127,0	123,0	121,0	119,0	121,0	123,0	125,0	129,0
2014	129,0	143,0	158,0	156,0	163,0	147,0	132,0	127,0	127,0	128,0	134,0	135,0	140,0
2015	139,0	140,0	141,0	144,0	143,0	136,0	131,0	131,0	128,0	127,0	132,0	128,0	135,0
2016	134,0	144,0	146,0	146,0	135,0	128,0	122,0	121,0	123,0	121,0	122,0	133,0	131,0
2017	131,0	141,0	142,0	139,0	133,0	127,0	126,0	122,0	116,0	116,0	126,0	132,0	129,0
2018	138,0	144,0	146,0	149,0	142,0	133,0	129,0	127,0	126,0	131,0	136,0	142,0	137,0
2019	138,0	136,0	155,0	150,0	148,0	137,0	132,0	131,0	129,0	135,0	138,0	139,0	139,0
2020	139,0	154,0				129	126	122					
Média	145,4	152,1	157,0	153,7	144,6	138,0	133,0	129,9	128,9	131,2	134,6	138,8	140,7

Tabela 6-13: Série de vazões observadas – Aldeia Sacre II (17092800)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
2004											197,0	201,0	
2005	223,0	217,0	227,0	202,0	203,0	191,0	189,0	180,0	235,0	242,0	248,0	280,0	220,0
2006	297,0	327,0	336,0	362,0	319,0	318,0	318,0	251,0	186,0	178,0	170,0	195,0	271,0
2007	211,0	243,0	212,0	188,0	173,0	163,0	158,0	151,0	138,0	153,0	165,0	175,0	177,0
2008	201,0	226,0	219,0	193,0	172,0	161,0	151,0	146,0	145,0	151,0	159,0	170,0	174,0
2009	165,0	180,0	191,0	188,0	168,0	158,0	151,0	145,0	150,0	157,0	166,0	172,0	166,0
2010	205,0	200,0	188,0	183,0	163,0	155,0	149,0	145,0	145,0	149,0	160,0	160,0	167,0
2011	184,0	186,0	203,0	204,0	173,0	163,0	150,0	154,0	157,0	151,0	157,0	184,0	172,0
2012	199,0	195,0	193,0	189,0	179,0	173,0	151,0	143,0	141,0	144,0	160,0	156,0	169,0
2013	177,0	204,0	211,0	176,0	170,0	159,0	150,0	145,0	147,0	162,0	176,0	173,0	171,0
2014	184,0	210,0	242,0	213,0	186,0	167,0	161,0	158,0	154,0	160,0	164,0	187,0	182,0
2015	157,0	163,0	175,0	175,0	169,0	153,0	147,0	138,0	136,0	146,0	146,0	142,0	154,0
2016	158,0	155,0	173,0	150,0	142,0	132,0	125,0	126,0	132,0	138,0	143,0	172,0	146,0
2017	164,0	192,0	219,0	198,0	171,0	163,0	152,0	141,0	139,0	143,0	152,0	155,0	166,0
2018	169,0	198,0	190,0	197,0	172,0	162,0	153,0	140,0	139,0	149,0	180,0	184,0	169,0
2019	181,0	201,0	203,0	192,0	174,0	161,0	154,0	147,0	148,0	152,0	153,0	156,0	168,0
2020	160,0	167,0	165,0	166,0									
Média	189,7	204,0	209,2	198,5	182,3	171,9	163,9	154,0	152,8	158,3	168,5	178,9	178,1

Tabela 6-14: Série de vazões observadas – Fontanilhas (17093000)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1978		1.597	1.882	1.768	1.574	1.424	1.290	1.189	1.176	1.279	1.331	1.616	1.466
1979	1.857	1.989	2.144	2.024	1.696	1.534	1.405	1.319	1.356	1.293	1.444	1.448	1.626
1980	1.684	1.889	2.052	1.940	1.619	1.377		1.291	1.253	1.219	1.346	1.613	1.571
1981	1.777	1.855	1.921	1.912	1.547	1.364	1.271	1.206	1.161	1.278	1.512	1.550	1.530
1982	1.866	1.990	2.124	1.799	1.312	1.144	1.038	1.049	1.329	1.382	1.418	1.480	1.494
1983	1.700	1.761	1.863	1.749	1.562	1.442	1.298	1.227	1.186	1.271	1.358	1.705	1.510
1984	1.630	1.652	1.766	1.751	1.608	1.386	1.274	1.225	1.223	1.252	1.370	1.464	1.467
1985	1.672	1.653	1.778	1.749	1.552	1.358	1.284	1.229	1.225	1.291	1.392	1.422	1.467
1986	1.817	1.910	1.873	1.794	1.604	1.427	1.305	1.265	1.256	1.272	1.298	1.447	1.522
1987	1.516	1.684	1.686	1.555	1.414	1.272	1.189	1.119	1.102	1.132	1.353	1.511	1.378
1988	1.706	1.831	1.988	1.927	1.635	1.480	1.349	1.262	1.225	1.231	1.364	1.547	1.545
1989	1.764	2.060	2.085	1.914	1.768	1.521	1.432	1.361	1.286	1.311	1.336		1.622
1990	1.650	1.838	1.819	1.717	1.474	1.323	1.239	1.187					1.531
1991										1.264	1.357	1.426	1.349
1992	1.591	1.719	1.718	1.733	1.471	1.313	1.229	1.179	1.274	1.265	1.332	1.542	1.447
1993	1.535	1.794	1.741	1.694	1.490	1.354	1.270	1.167	1.154	1.156	1.174	1.284	1.401
1994	1.622	1.757	1.789	1.750	1.472	1.389	1.325	1.247	1.200	1.222	1.229	1.420	1.452
1995	1.712	1.878	1.858	1.847	1.620	1.403	1.301	1.229	1.177	1.234	1.338	1.764	1.530
1996	1.840	1.781	1.944	1.785	1.557	1.411	1.322	1.275	1.233	1.291	1.447	1.469	1.530
1997	1.653	1.770	1.952	1.990	1.714	1.532	1.367	1.282	1.240	1.270	1.322	1.383	1.540
1998	1.457	1.702	1.822	1.589	1.396	1.293	1.200	1.178	1.127	1.221	1.410	1.521	1.410
1999	1.589	1.494	1.697	1.464	1.359	1.219	1.180	1.096	1.110	1.103	1.302	1.443	1.338
2000	1.577	1.656	1.765	1.582	1.348	1.224	1.167	1.120	1.105	1.131	1.333	1.404	1.368
2001	1.578	1.599	1.774	1.562	1.387	1.265	1.175	1.097	1.103	1.165	1.281	1.567	1.379
2002	1.607	1.679	1.623	1.484	1.293	1.184	1.126	1.088	1.082	1.072	1.130	1.264	1.303
2003	1.464	1.593	1.573	1.789	1.417	1.276	1.165	1.104	1.098	1.141	1.228	1.261	1.342
2004	1.548	1.944	1.719	1.593	1.406	1.272	1.193	1.115	1.097	1.119	1.216	1.314	1.378
2005	1.515	1.581	1.797	1.557	1.333	1.208	1.129	1.068	1.066	1.117	1.160	1.474	1.334
2006	1.693	1.820	1.902	1.887	1.541	1.388	1.267	1.179	1.178	1.312	1.297	1.536	1.500
2007	1.648	1.933	1.693	1.518	1.347	1.234	1.165	1.099	1.073	1.143	1.260	1.400	1.376
2008	1.562	1.797	1.748	1.614	1.434	1.280	1.182	1.112	1.093	1.142	1.247	1.364	1.381
2009	1.397	1.575	1.596	1.610	1.364	1.230	1.148	1.087	1.083	1.114	1.232	1.378	1.318
2010	1.658	1.789	1.782	1.664	1.355	1.250	1.165	1.097	1.066	1.105	1.214	1.260	1.367
2011	1.509	1.676	1.816	1.794	1.407	1.266	1.175	1.104	1.070	1.148	1.231	1.416	1.384
2012	1.579	1.785	1.708	1.563	1.418	1.277	1.167	1.080	1.049	1.093	1.203	1.335	1.355
2013	1.526	1.893	1.752	1.699	1.435	1.314	1.214	1.115	1.107	1.211	1.341	1.456	1.422
2014	1.601	1.723	1.979	1.818	1.597	1.407	1.287	1.193	1.172	1.158	1.308	1.598	1.487
2015	1.430	1.632	1.814	1.748	1.661	1.404	1.274	1.173	1.122	1.142	1.198	1.190	1.399

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
2016	1.420	1.494	1.570	1.402	1.223	1.137	1.051	1.007	1.035	1.051	1.159	1.432	1.248
2017	1.543	1.789	1.774	1.659	1.454	1.307	1.180	1.121	1.061	1.122	1.271	1.396	1.390
2018	1.510	1.715	1.735	1.904	1.513	1.350	1.229	1.158	1.143	1.237	1.392	1.529	1.451
2019	1.655	1.820	1.888	1.804	1.551	1.355	1.252	1.172	1.130	1.239	1.300	1.440	1.467
2020	1.554	1.628	1.851	1.575									
Média	1.615	1.755	1.818	1.721	1.486	1.332	1.232	1.168	1.156	1.200	1.303	1.452	1.438

Tabela 6-15: Série de vazões observadas – Porto dos Gaúchos (17120000)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1973										594	945	1.160	900
1974	1.226	1.381	1.487	1.424	1.233	941	557	415	393	479	535	698	897
1975	912	1.169	1.011	1.067	781	489	460	404	371	389	527	765	695
1976	759	887	1.009	833	740	549	439	392	379	485	520	653	637
1977	916	1.106	940	891	774	667	503	434	449	549	708	891	736
1978	1.327	1.118	1.404	1.024	993			509	490			881	968
1979	1.319			1.591	1.335	992	630	575	542	577	663	705	893
1980	1.161	1.623	1.759	1.267	860	701	601	509	508	543	609	948	924
1981	1.364	1.351	1.398	1.291	864	694	567	497	453	529	802	814	885
1982	1.179	1.331		1.176	822	662	552	494	548	566	592	675	782
1983	948	1.098			626	555	446	410	395	511	696	827	651
1984	752	730	891	955	736	574	444	404	433	460	561	504	620
1985	975	1.072	1.183	1.052	792	563	484	423	427	503	574	634	724
1986	895	1.198	1.202	985	994	645	426	433	470	524	481	613	739
1987	786	845	872	844	626	476	409	375	354	357	534	865	612
1988	1.123	1.115	1.307	1.112	782	610	490	433	406	438	561	809	766
1989	514	599	1.117	1.123	926	651	573	499	425	491	596	950	705
1990	1.252	1.207	1.404	975	725	562	502	437	491	512	604	705	781
1991	1.051	1.266	1.364	1.442	966	632	539	466	490	560	694	771	853
1992	942	1.276	1.424	1.149	785	619	513	428	342	454	677	943	796
1993	1.001	1.099	1.094	932	639	504	458	401	369	465	599	727	691
1994	768	692	1.159	1.014	657	501	416	363	344	350	396	661	610
1995	1.241	1.480	1.454	1.175	891	619	525	460	428	496	561	850	848
1996	989	972	1.143	952	689	556	478	447	424	453	628	702	703
1997	1.144	1.296	1.136	1.102	781	631	502	443	422	426	512	658	754
1998	646	914	1.119	762	527	447	393	377	352	389	566	635	594
1999	1.109	946	1.074	694	564	442	405	354	361	360	531	726	631
2000	821	1.153	1.154	854	591	476	426	382	380	397	528	698	655
2001	755	773	911	723	539	458	400	349	343	433	533	836	588
2002	1.003	1.114	1.178	943	620	491	433	391	389	398	472	629	672

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
2003	1.030	1.031	1.226	1.337	784	579	483	419	425	473	568	699	755
2004	1.000	1.733	1.293	926	719	582	520	439	421	473	593	665	780
2005	960	1.035	1.181	880	640	508	444	392	390	430	472	765	675
2006	1.062	1.062	1.081	1.227	740	587	487	415	408	636	620	837	764
2007	947	1.465	1.034	847	673	538	439	403	378	445	600	799	714
2008	955	1.370	1.391	1.151	780	612	498	425	405	456	663	843	796
2009	868	989	1.037	1.027	696	573	467	410	422	446	557	812	692
2010	1.109	1.294	1.134	1.088	664	549	461	405	377	427	544	589	720
2011	995	1.064	1.195	1.164	682	547	467	410	372	476	574	748	725
2012	1.011	1.092	1.109	880	688	582	465	396	377	423	505	599	677
2013	809	1.196	1.126	1.095	692	573	476	407	393	476	696	958	741
2014	1.121	1.326	1.685	1.216	827	654	537	455	458	451	587	926	854
2015	763		1.064	964	833		490	419	390	404	458	487	627
2016	815	929	1.125	816	571	476	402	366	392	419	537	819	639
2017	927	1.300	1.287	1.100	799	602	481	424	371	417	551	846	759
2018	883	1.334	1.212	1.307	865	656	529	459	448	521	691	956	822
2019	984	1.199	1.272	1.188	870	638	528	455	414	556	592	716	784
2020	740	976	1.083	872									
Média	976	1.138	1.198	1.053	769	590	483	426	414	470	587	766	741

6.3.2.3. Levantamentos Hidrométricos Realizados pelo Empreendedor

No âmbito do desenvolvimento do projeto básico da PCH SU-93 (A.D.= 1.525 km²), foram realizadas no período de 30/03/2019 a 16/04/2021 medições de vazões, leituras horárias de régua (*datalogger*) e medições sedimentométricas. A estação está instalada em local próximo e é denominada Estação PCH Sauê-Uiná (1.700 km²).

No local de instalação das régua foram materializados os marcos topográficos georeferenciados próximos à margem, porém fora da influência das cheias, destinados ao nivelamento dos lances de régua e à amarração a RN's oficiais, o que permitiu a determinação da cota do "zero" da régua limnimétrica.

A Tabela 6-16 apresenta os dados deste local.

Tabela 6-16: Local das medições realizadas – Posto Sauê-Uiná

Local	Coordenadas		A. D. (km ²)	"Zero" da Régua (m)*	Tipo de Medição
	Coord. Norte	Coord. Este	(km ²)	(m)	(-)
Estação Sauê-Uiná	12° 43' 19,05" S	58° 37' 22,80" W	1.700	-	Leitura de cotas e medição de vazões

* Corresponde ao zero da régua para efeito de nivelamento topográfico. Não coincide com o "zero" da régua, obtido no ajuste da curva-chave.

A Tabela 6-17 apresenta o resumo das medições realizadas na Estação Sauê-Uiná.

Tabela 6-17: Medições de vazões realizadas – Estação Sauê-Uiná

Medição	Data	Início (hora)	Fim (hora)	Cota (cm)	Vazão (m³/s)	Área	Largura (m)	Prof.	Veloc.
						(m²)		(m)	(m³/s)
1	29/03/2019	15:20	16:15	200	45,56	41,03	27,30	1,50	1,110
2	18/04/2019	11:15	11:58	194	45,93	38,85	27,20	1,43	1,182
3	05/05/2019	16:10	17:01	192	47,83	37,91	26,40	1,44	1,262
4	19/06/2019	10:39	11:18	170	42,14	33,08	26,50	1,25	1,274
5	12/07/2019	11:02	11:50	165	39,84	32,36	26,30	1,23	1,231
6	11/08/2019	14:00	14:40	162	40,43	30,98	26,10	1,19	1,305
7	21/09/2019	10:08	10:55	159	40,59	30,55	26,10	1,17	1,329
8	24/10/2019	10:30	11:22	165	36,23	29,47	27,00	1,09	1,230
9	25/11/2019	17:12	17:49	159	38,59	31,55	26,30	1,20	1,223
10	22/12/2019	12:41	13:32	165	42,46	35,12	27,10	1,30	1,209
11	24/01/2020	13:48	14:41	161	36,27	32,36	26,40	1,23	1,121
12	11/02/2020	16:49	16:56	183	46,10	36,10	27,00	1,34	1,280
13	13/03/2020	15:47	16:35	195	42,16	40,02	27,70	1,44	1,053
14	16/04/2020	09:48	10:30	181	42,35	37,71	27,30	1,38	1,123
15	10/05/2020	13:16	14:00	171	38,89	33,50	27,30	1,23	1,161
16	12/06/2020	16:47	17:20	163	39,84	31,38	26,90	1,17	1,270
17	21/07/2020	15:30	16:00	152	34,25	27,62	26,40	1,05	1,240
18	23/08/2020	10:07	10:40	150	36,81	28,66	26,10	1,10	1,284
19	01/10/2020	09:55	10:30	145	36,20	29,93	26,90	1,11	1,210
20	15/10/2020	14:15	14:50	155	37,21	29,06	26,90	1,08	1,280
21	12/11/2020	17:17	17:56	152	34,69	31,33	26,80	1,17	1,107
22	05/12/2020	10:20	10:58	150	35,73	28,79	26,80	1,07	1,241
23	25/01/2021	11:38	12:20	154	39,03	30,00	27,00	1,11	1,301
24	19/02/2021	17:30	18:20	168	40,83	34,27	27,50	1,25	1,191
25	10/03/2021	17:16	17:50	191	48,68	40,66	27,50	1,48	1,197
26	16/04/2021	10:10	10:40	186	44,61	36,13	27,40	1,32	1,235

A Figura 6-9 segue a curva-chave obtida para a Estação Sauê-Uiná. Alguns pontos foram descartados para o cálculo da equação, porém sem comprometimento do resultado final.

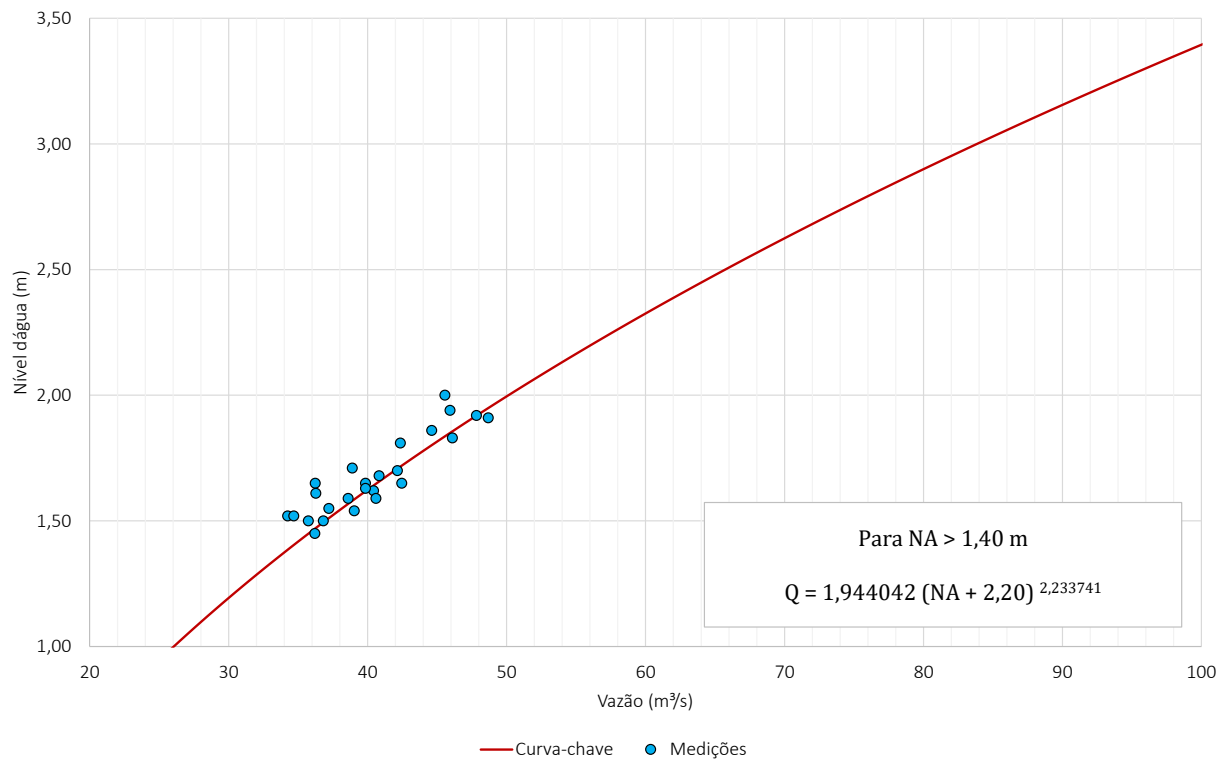


Figura 6-9: Curva-chave – Estação Sauê-Uiná

A partir da curva-chave elaborada para a seção da estação e as observações horárias armazenadas no *datalogger*, foram calculadas vazões médias diárias (Figura 6-10) e as vazões médias mensais, apresentadas na Tabela 6-18.

Tabela 6-18: Vazões médias mensais na Estação Sauê-Uiná

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2019				53,21	46,20	42,65	40,97	39,69	38,87	41,57	42,64	41,57
2020	41,77	48,05	50,07	44,14	41,92	39,20	37,89	36,72	36,15	37,43	37,47	38,43
2021	38,94	46,10	48,00	44,81								
Média	40,35	47,07	49,04	47,39	44,06	40,92	39,43	38,20	37,51	39,50	40,06	40,00

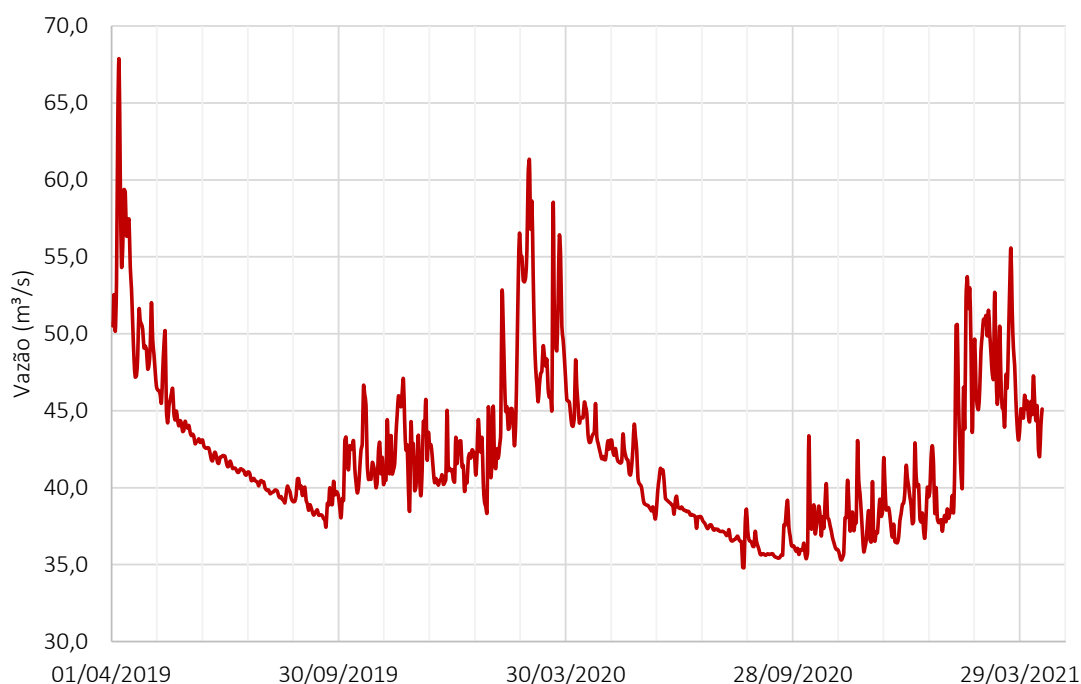


Figura 6-10: Hidrograma das vazões diárias na Estação Sauê-Uiná

6.3.2.4. Análise do Comportamento Hidrológico da Bacia

O regime fluvial da bacia do rio Sauê-Uiná acompanha o regime pluviométrico dominante na região, tendo um período de águas altas entre novembro e abril, e o período de estiagem compreendido entre maio e outubro.

Os estudos de vazões, médias mensais e máximas, foram conduzidos, desde a seleção das estações fluviométricas até a escolha da metodologia mais adequada para analisá-las, considerando as características fisiográficas e climáticas da bacia do rio Sauê-Uiná e de seu afluente, rio Calor, também objeto deste estudo.

Nos Estudos de Inventário Hidrelétrico, foi constatado que a região na qual bacia do rio Sauê-Uiná insere-se está posicionada em terrenos predominantemente sedimentares, sendo formados por arenitos de alta porosidade e que constituem aquíferos de elevada capacidade de armazenamento, fazendo com que as descargas dos cursos d'água sejam pouco variáveis ao longo do ciclo anual. As campanhas de medições de vazões líquidas realizados naquele momento indicaram vazões específicas de 28,5 l/s/km² no trecho a montante da foz do rio do Calor (Sauê-Uiná Montante – Régua 02), região onde se localiza a PCH SU-93, cabendo salientar que tal produção hídrica foi constatada com base em medições pontuais. Restou também evidenciado a semelhança hidrogeológica existente entre a bacia do rio Sauê-Uiná e o rio Juruena, tendo-se utilizado o posto 17091000 - Fazenda Tucunará como base para geração das séries de séries de vazões.

Nesta etapa de projeto, conforme demonstrado, a partir da leitura horária de régua (datalogger), obteve-se uma produção hídrica de 24,7 l/s/km², pouco inferior daquela obtida nos Estudos de Inventário.

O rio Sauê-Uiná não possui postos fluviométricos com séries suficientemente longas para caracterizar o regime de vazões na bacia. Assim, no presente estudo utilizou-se do processo de regionalização de vazões médias de longo termo para promover uma estimativa de vazões no local do eixo estudado.

A Tabela 6-19 mostra os postos existentes na região, com as respectivas áreas de drenagens, vazões médias e específicas, bem como das medições realizadas na presente etapa de Projeto Básico, que apresenta série contínua para 25 meses (30/03/2019 a 16/04/2021).

Tabela 6-19: Postos fluviométricos de interesse ao estudo de inventário do rio Sauê-Uiná

Código	Posto	Rio	A.D. (km ²)	Q _{MLT} (m ³ /s)	q _{ESP} (l/s/km ²)
17091000	Fazenda Tucunaré	Juruena	4.360	140,7	32,3
17092800	Aldeia Sacre II	Sacre	6.770	178,1	26,3
17093000	Fontanilhas	Juruena	55.900	1.437,5	25,7
17120000	Porto dos Gaúchos	Arinos	37.100	741,1	20,0
	Estação Sauê-Uiná	Sauê-Uiná	1.700	42,0	24,7

A Tabela 6-20 apresenta as vazões médias mensais de longo termo dos postos da região.

Tabela 6-20: Postos fluviométricos – Vazões médias mensais

Posto	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd.
Fazenda Tucunaré	145	152	157	154	145	138	133	130	129	131	135	139	141
Aldeia Sacre II	190	204	209	199	182	172	164	154	153	158	169	179	178
Fontanilhas	1615	1755	1818	1721	1486	1332	1232	1168	1156	1200	1303	1452	1437
Porto dos Gaúchos	976	1138	1198	1053	769	590	483	426	413	470	587	766	741
Estação PCH Sauê-Uiná	40,4	47,1	49,0	47,4	44,1	40,9	39,4	38,2	37,5	39,5	40,1	40,0	42,0

A Figura 6-11 apresenta os hidrogramas comparativos de vazões médias mensais adimensionais (divididas pela média de longo termo) e curva de regionalização de vazões médias de longo termo e específicas em função da área de drenagem para a região.

Em termos de regime hidrológico, é possível constatar que as medições realizadas nesta etapa de Projeto Básico no rio Sauê-Uiná, apesar do curto período de 25 meses (04/2019 a 04/2021), apresentam semelhança com o comportamento do posto 17091000 - Fazenda Tucunaré no rio Juruena, o qual será utilizado com base no presente estudo.

No que toca à produção hídrica, a curva de regionalização estima uma vazão para o local da estação Sauê-Uiná, com 1.700 km², de 33 l/s/km², valor superior ao indicado nas medições ora realizadas, de 24,7 l/s/km², que será utilizado nesta oportunidade, em coerência aos Estudos de Inventário aprovados.

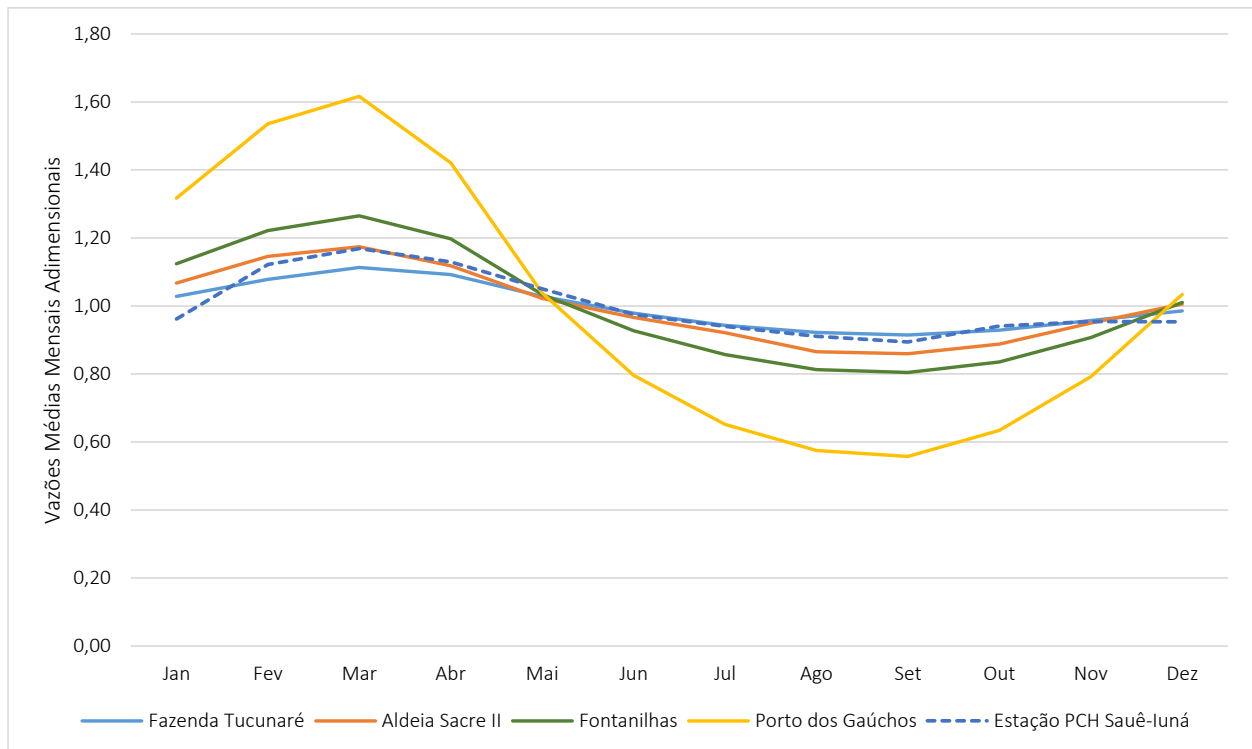


Figura 6-11: Hidrogramas médias mensais adimensionais

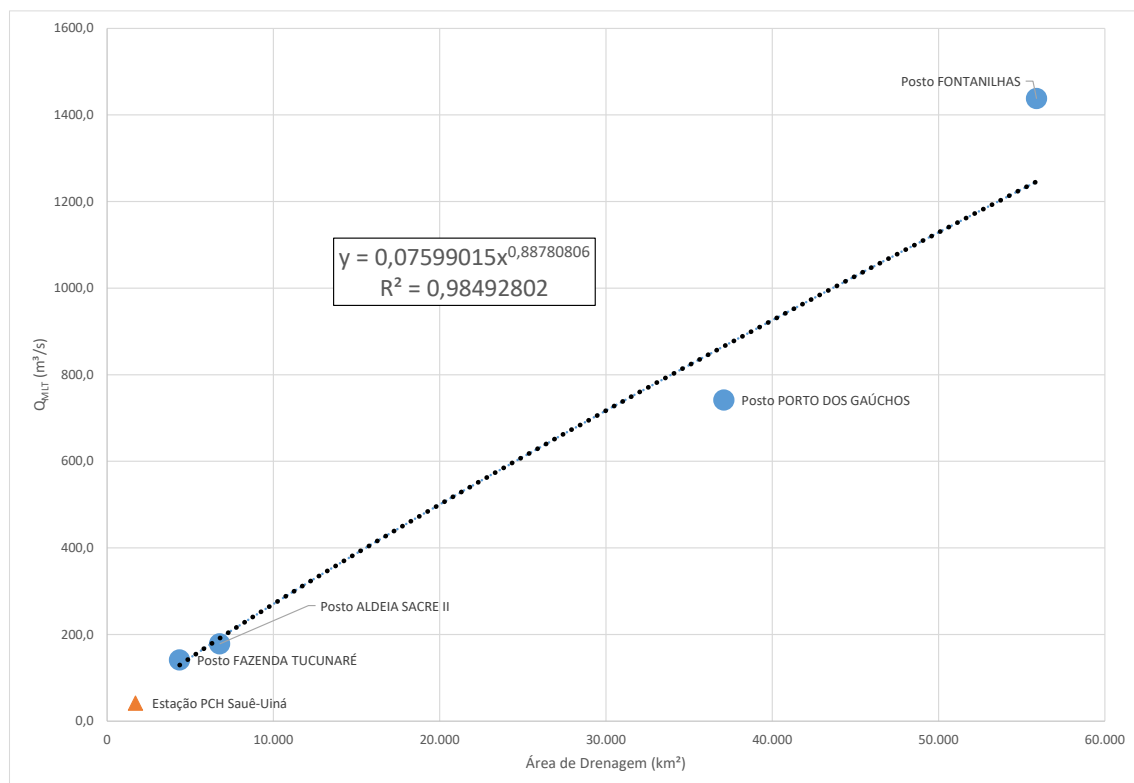


Figura 6-12: Curva de regionalização (Médias de Longo Termo)

6.3.2.5. Preenchimento das Séries dos Postos Fluviométricos

As falhas dos postos base 17091000 - Fazenda Tucunaré foram preenchidos com base nas correlações estatísticas apresentadas nas figuras seguintes.

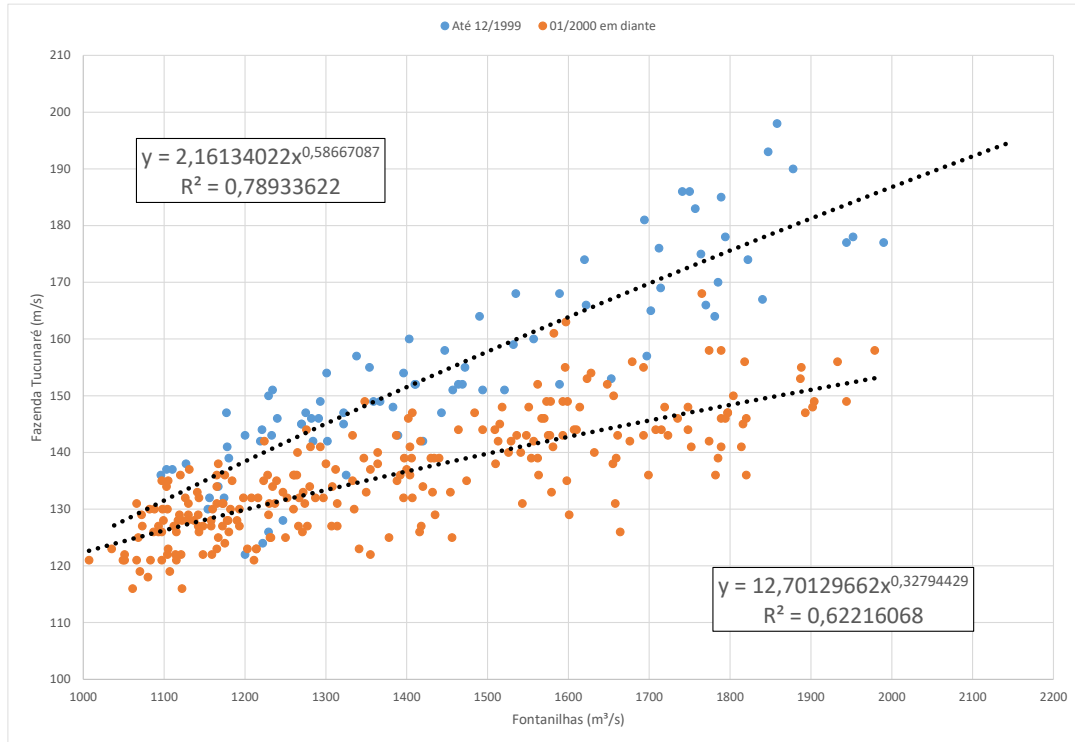


Figura 6-13: Correlação – Fontanilhas x Fazenda Tucunaré

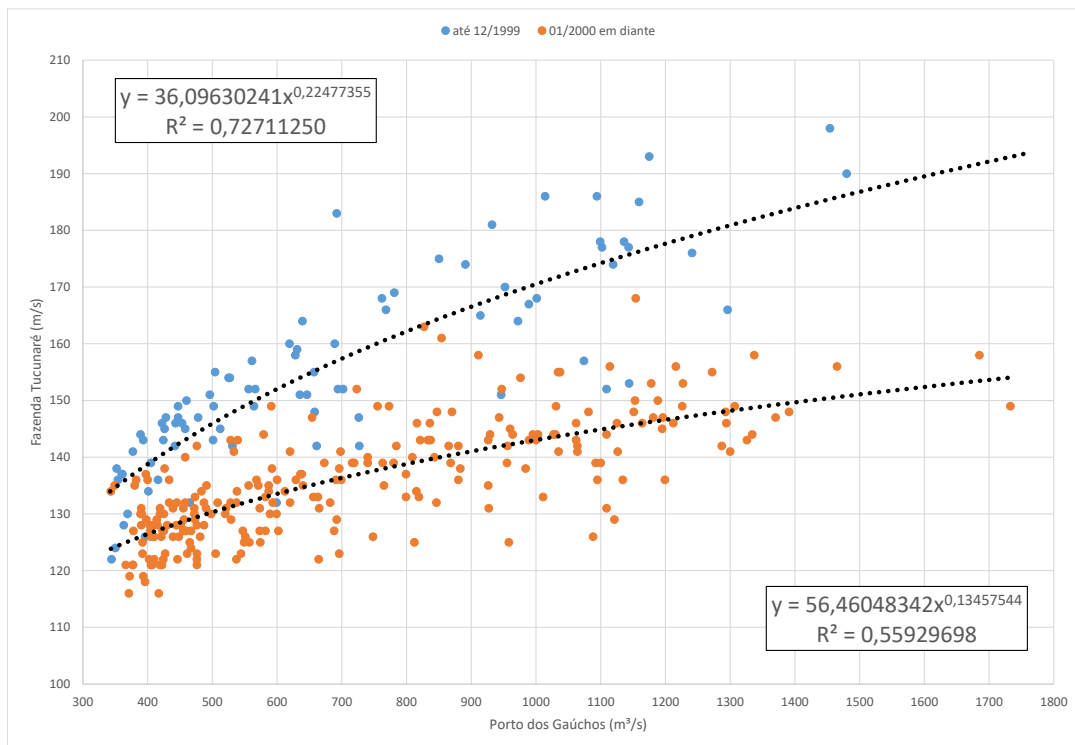


Figura 6-14: Correlação – Porto dos Gaúchos x Fazenda Tucunaré

A Tabela 6-21 apresenta a série preenchida para o posto base, sendo os dados em vermelho e azul preenchidos, respectivamente pelos postos 17093000 - Fontanilhas e 17120000 - Porto dos Gaúchos. Para o mês de maio de 2020 (destacado em verde) não se dispunha de informações nos postos selecionados. Por se tratar de uma falha pontual, esse mês foi preenchido com a média dos demais meses de maio da série.

Tabela 6-21: Série de Vazões Preenchida – Posto Fazenda Tucunaré (17091000) – m³/s

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1974	178,5	183,4	186,4	184,6	178,7	168,2	149,5	139,9	138,2	144,5	148,2	157,3	163,1
1975	167,0	176,6	170,9	173,0	161,3	145,2	143,2	139,1	136,5	137,9	147,7	160,6	154,9
1976	160,3	166,0	170,9	163,7	159,4	149,0	141,7	138,2	137,1	144,9	147,2	154,9	152,8
1977	167,2	174,4	168,2	166,2	161,0	155,7	146,1	141,4	142,4	149,0	157,8	166,2	158,0
1978	181,7	174,9	184,0	171,4	170,3	153,0	144,4	146,5	145,3	143,7	147,1	165,7	160,7
1979	178,8	186,2	194,6	188,1	169,6	159,9	151,8	146,3	148,7	144,6	154,3	154,5	164,8
1980	168,9	180,6	189,6	183,5	165,0	150,1	152,1	144,5	142,0	139,7	148,1	164,6	160,7
1981	174,3	178,7	182,4	181,9	160,7	149,2	143,2	138,8	135,8	143,6	158,5	160,8	159,0
1982	179,3	186,2	193,5	175,5	145,9	134,6	127,1	127,9	147,0	150,4	152,7	156,5	156,4
1983	169,8	173,3	179,2	172,7	161,6	154,2	144,9	140,2	137,5	143,2	148,8	170,1	158,0
1984	165,7	167,0	173,6	172,8	164,3	150,6	143,4	140,1	140,0	141,9	149,6	155,5	155,4
1985	168,2	167,0	174,3	172,7	161,0	148,8	144,0	140,4	140,1	144,5	151,0	152,9	155,4
1986	176,6	181,8	179,7	175,2	164,1	153,2	145,4	142,8	142,2	143,2	144,9	154,5	158,6
1987	158,8	168,9	169,0	161,1	152,4	143,2	137,7	132,9	131,7	133,8	148,5	158,5	149,7
1988	170,1	177,4	186,1	182,8	166,0	156,5	148,3	142,6	140,1	140,5	149,2	160,7	160,0
1989	173,5	190,1	191,4	182,0	173,8	159,1	153,5	149,0	144,2	145,8	147,4	168,6	164,9
1990	166,9	177,8	176,7	170,8	156,2	146,6	141,0	137,5	145,3	146,7	152,3	157,6	156,3
1991	172,4	179,8	182,8	185,1	169,2	153,8	148,4	143,6	145,3	142,7	148,8	153,2	160,4
1992	163,3	170,9	170,9	171,7	156,0	145,9	140,4	137,0	143,4	142,8	147,2	160,4	154,1
1993	168,0	178,0	186,0	181,0	164,0	155,0	145,0	134,0	130,0	132,0	132,0	142,0	153,9
1994	166,0	183,0	185,0	186,0	155,0	143,0	136,0	128,0	122,0	124,0	126,0	142,0	149,7
1995	176,0	190,0	198,0	193,0	174,0	160,0	154,0	150,0	147,0	151,0	157,0	175,0	168,8
1996	167,0	164,0	177,0	170,0	160,0	152,0	147,0	147,0	143,0	146,0	158,0	152,0	156,9
1997	153,0	166,0	178,0	177,0	169,0	159,0	149,0	146,0	146,0	145,0	145,0	148,0	156,8
1998	151,0	165,0	174,0	168,0	154,0	149,0	143,0	141,0	138,0	144,0	152,0	151,0	152,5
1999	152,0	151,0	157,0	152,0	149,0	142,0	139,0	136,0	137,0	137,0	142,0	147,0	145,1
2000	143,0	150,0	168,0	161,0	149,0	142,0	138,0	136,0	135,0	137,0	143,0	141,0	145,3
2001	149,0	149,0	158,0	152,0	143,0	140,0	136,0	135,0	134,0	136,0	141,0	146,0	143,3
2002	144,0	156,0	153,0	147,0	141,0	135,0	132,0	130,0	130,0	129,0	131,0	136,0	138,7
2003	144,0	149,0	149,0	158,0	142,0	144,0	134,0	130,0	130,0	133,0	136,0	136,0	140,4
2004	143,0	149,0	148,0	143,0	139,0	133,0	130,0	126,0	126,0	129,0	132,0	131,0	135,8
2005	145,0	141,0	147,0	142,0	135,0	132,0	128,0	125,0	131,0	128,0	130,0	135,0	134,9
2006	143,0	146,0	148,0	153,0	140,0	135,0	132,0	128,0	128,0	137,0	132,0	143,0	138,8
2007	152,0	156,0	155,0	148,0	139,0	134,0	131,0	128,0	127,0	132,0	136,0	137,0	139,6

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
2008	139,0	147,0	148,0	148,0	139,0	134,0	130,0	127,0	126,0	129,0	133,0	140,0	136,7
2009	139,0	143,0	155,0	144,0	138,0	131,0	127,0	126,0	121,0	122,0	125,0	125,0	133,0
2010	131,0	146,0	136,0	126,0	122,0	125,0	123,0	121,0	121,0	123,0	123,0	130,0	127,3
2011	144,0	142,0	145,0	146,0	132,0	127,0	124,0	122,0	119,0	122,0	125,0	126,0	131,2
2012	133,0	139,0	144,0	136,0	127,0	127,0	125,0	118,0	121,0	127,0	123,0	130,0	129,2
2013	140,0	147,0	141,0	136,0	129,0	127,0	123,0	121,0	119,0	121,0	123,0	125,0	129,3
2014	129,0	143,0	158,0	156,0	163,0	147,0	132,0	127,0	127,0	128,0	134,0	135,0	139,9
2015	139,0	140,0	141,0	144,0	143,0	136,0	131,0	131,0	128,0	127,0	132,0	128,0	135,0
2016	134,0	144,0	146,0	146,0	135,0	128,0	122,0	121,0	123,0	121,0	122,0	133,0	131,3
2017	131,0	141,0	142,0	139,0	133,0	127,0	126,0	122,0	116,0	116,0	126,0	132,0	129,3
2018	138,0	144,0	146,0	149,0	142,0	133,0	129,0	127,0	126,0	131,0	136,0	142,0	136,9
2019	138,0	136,0	155,0	150,0	148,0	137,0	132,0	131,0	129,0	135,0	138,0	139,0	139,0
2020	139,0	154,0	149,8	142,0	152,2	129,0	126,0	122,0					
Mínima	129,0	136,0	136,0	126,0	122,0	125,0	122,0	118,0	116,0	116,0	122,0	125,0	127,3
Média	155,6	162,1	166,2	162,3	152,2	143,4	137,7	134,1	134,0	136,2	140,9	147,4	147,9
Máxima	181,7	190,1	198,0	193,0	178,7	168,2	154,0	150,0	148,7	151,0	158,5	175,0	168,8

6.4. Cálculo das Vazões Médias Mensais na Usina

Este item apresenta a metodologia utilizada para o cálculo da série de vazões médias na PCH SU-93, bem como a série propriamente dita.

6.4.1. Metodologia de Geração da Série de Vazões

Para a geração das séries de vazões no local da PCH SU-93, o modelo de regionalização para o rio Sauê-Uiná (Figura 6-12) obtido no presente estudo não se mostrou adequado, uma vez que superestimou a produção hídrica local. Julgou-se então mais adequado calcular as vazões no sítio por meio de relação direta de área de drenagem com o posto base, com posterior aplicação de fator de correção das vazões específicas. Esta metodologia, apresentada a seguir e utilizada nos Estudos de Inventário, foi objeto de análise da equipe técnica da SCG/ANEEL, a qual se posicionou favorável à sua utilização para a estimativa das séries de vazões médias mensais na bacia do rio Sauê-Uiná, conforme Nota Técnica nº 398/2015-SCG/ANEEL.

Em relação à escolha do posto base, a análise do comportamento dos postos fluviométricos selecionados indicou que o posto 17095000 – Fazenda Tucunaré é o que apresenta variação sazonal mais parecida à observada na estação instalada no rio Sauê-Uiná. A série do posto base foi preenchida e apresentada em item anterior.

Conforme já apresentado anteriormente, na estação hidrométrica Sauê-Uiná foram realizadas medições de vazões que subsidiaram a elaboração da curva-chave da seção medidora. Com esta curva e as leituras horárias de cota realizadas no período de 30/03/2019 a 16/04/2021, foi possível calcular as vazões médias da estação Sauê-Uiná, apresentadas na Tabela 6-18.

Ao comparar as vazões médias mensais do período em que se dispõe de dados tanto no posto base quanto no posto instalado pelo empreendedor, notou-se que a vazão específica média observada no rio Sauê-Uiná é inferior à produção observada no posto base Fazenda Tucunaré, conforme apresentado na Tabela 6-22.

Tabela 6-22: Vazões médias mensais na estação hidrométrica Sauê-Uiná e no posto base Fazenda Tucunaré

Estação	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Qesp (l/s.km²)
Fazenda Tucunaré	2019				150	148	137	132	131	129	135	138	139	31,55
	2020	139	154	150	142	*	129	126	122					
Sauê-Uiná	2019				53,2	46,2	42,7	41,0	39,7	38,9	41,6	42,6	41,6	25,19
	2020	41,8	48,0	50,1	44,1	*	39,2	37,9	36,7					

* Mês de maio/2020 não considerado nas avaliações pois a série do posto base foi preenchida com a média histórica do mês de maio.

Portanto, a simples aplicação de relação direta por área de drenagem para o cálculo das vazões na PCH SU-93 resultaria em uma superestimativa do potencial hídrico, assim como foi observado no cálculo pela curva de regionalização da Figura 6-12.

Diante disso, além da relação direta pela área de drenagem, foi aplicado um fator de correção, representado pela relação entre as vazões específicas médias observadas nos postos apresentadas na Tabela 6-22.

$$\text{Fator de Correção (FC)} = \left(\frac{Q_{ESP. SAUE-UINA}}{Q_{ESP. POSTO BASE}} \right)$$

A equação de transferência para obtenção das séries é apresentada a seguir.

$$Q_{PCH} = \left(\frac{A_{PCH}}{A_{POSTO BASE}} \right) \times FC \times Q_{POSTO BASE}$$

$$Q_{PCH} = 0,279303 \times Q_{POSTO BASE}$$

Onde:

Q_{PCH} – vazão média mensal no eixo;

A_{PCH} – área de drenagem no eixo, igual à 1.525 km²;

$A_{POSTO BASE}$ – área de drenagem no posto base, igual a 4.360 km²;

$q_{ESP. ESTAÇÃO SAUÊ}$ – vazão específica observada na estação Sauê-Uiná – 25,19 l/s/km²;

$q_{ESPECÍFICA - POSTO BASE}$ – vazão específica observada no posto base (Fazenda Tucunaré – 31,55 l/s/km²);

$Q_{POSTO BASE}$ – série de vazões no posto base.

A título de validação, as vazões médias mensais da estação hidrométrica Sauê-Uiná foram levadas para o local do eixo da PCH por relação de área de drenagem. Posteriormente, essas vazões foram comparadas às vazões estimadas a partir da metodologia proposta para o cálculo da série histórica da usina. A Figura 6-15 ilustra essa comparação.

Verifica-se, também, grande aderência das medições mensais para o período concomitante com série (04/2019 a 08/2020), cujo coeficiente de correlação resultou em 0,848.

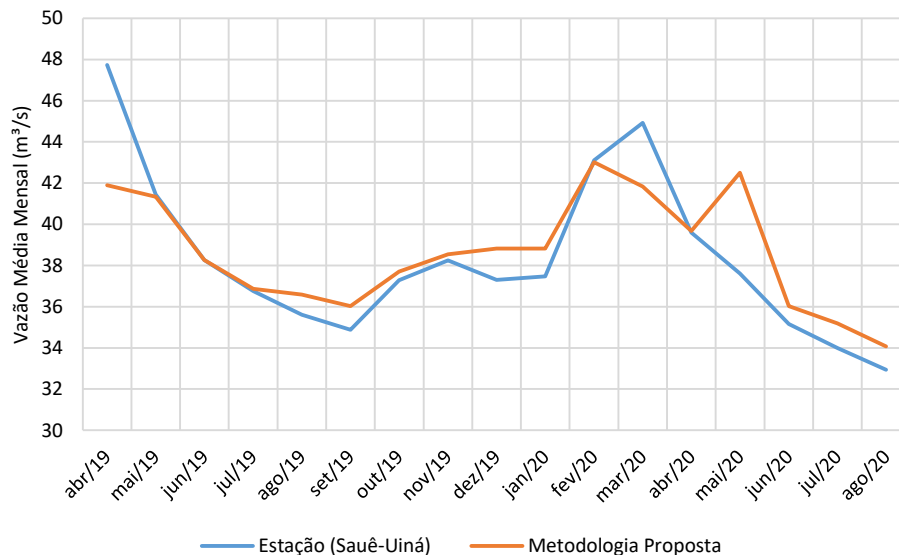


Figura 6-15: Comparação dos valores da série de vazões médias mensais com as medições mensais realizadas – PCH SU-93 (m³/s)

Para o período de 04/2019 a 12/2020, no qual se dispõe de dados da estação instalada no próprio rio Sauê-Uiná, foram adotadas as vazões médias mensais da estação hidrométrica Sauê-Uiná levadas para o local do eixo da PCH SU-93 por relação de área de drenagem.

6.4.2. Série de Vazões Médias Mensais na PCH SU-93

A Tabela 6-23 apresenta a série de vazões médias mensais da SU-93, calculada a partir da metodologia apresentada anteriormente.

Tabela 6-23: Série de vazões médias mensais – PCH SU-93 – A.D. = 1.525 km²

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1974	49,9	51,2	52,1	51,6	49,9	47,0	41,8	39,1	38,6	40,4	41,4	43,9	45,6
1975	46,7	49,3	47,7	48,3	45,1	40,6	40,0	38,8	38,1	38,5	41,2	44,8	43,3
1976	44,8	46,4	47,7	45,7	44,5	41,6	39,6	38,6	38,3	40,5	41,1	43,3	42,7
1977	46,7	48,7	47,0	46,4	45,0	43,5	40,8	39,5	39,8	41,6	44,1	46,4	44,1
1978	50,8	48,8	51,4	47,9	47,6	42,7	40,3	40,9	40,6	40,1	41,1	46,3	44,9
1979	49,9	52,0	54,3	52,5	47,4	44,7	42,4	40,9	41,5	40,4	43,1	43,2	46,0
1980	47,2	50,5	53,0	51,2	46,1	41,9	42,5	40,4	39,7	39,0	41,4	46,0	44,9
1981	48,7	49,9	51,0	50,8	44,9	41,7	40,0	38,8	37,9	40,1	44,3	44,9	44,4
1982	50,1	52,0	54,0	49,0	40,7	37,6	35,5	35,7	41,0	42,0	42,6	43,7	43,7

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1983	47,4	48,4	50,0	48,2	45,1	43,1	40,5	39,2	38,4	40,0	41,6	47,5	44,1
1984	46,3	46,6	48,5	48,3	45,9	42,1	40,0	39,1	39,1	39,6	41,8	43,4	43,4
1985	47,0	46,7	48,7	48,2	45,0	41,6	40,2	39,2	39,1	40,4	42,2	42,7	43,4
1986	49,3	50,8	50,2	48,9	45,8	42,8	40,6	39,9	39,7	40,0	40,5	43,1	44,3
1987	44,3	47,2	47,2	45,0	42,6	40,0	38,5	37,1	36,8	37,4	41,5	44,3	41,8
1988	47,5	49,5	52,0	51,0	46,4	43,7	41,4	39,8	39,1	39,2	41,7	44,9	44,7
1989	48,5	53,1	53,5	50,8	48,5	44,4	42,9	41,6	40,3	40,7	41,2	47,1	46,0
1990	46,6	49,6	49,3	47,7	43,6	40,9	39,4	38,4	40,6	41,0	42,5	44,0	43,6
1991	48,2	50,2	51,1	51,7	47,3	43,0	41,5	40,1	40,6	39,9	41,6	42,8	44,8
1992	45,6	47,7	47,7	48,0	43,6	40,8	39,2	38,3	40,0	39,9	41,1	44,8	43,1
1993	46,9	49,7	52,0	50,6	45,8	43,3	40,5	37,4	36,3	36,9	36,9	39,7	43,0
1994	46,4	51,1	51,7	52,0	43,3	39,9	38,0	35,8	34,1	34,6	35,2	39,7	41,8
1995	49,2	53,1	55,3	53,9	48,6	44,7	43,0	41,9	41,1	42,2	43,9	48,9	47,1
1996	46,6	45,8	49,4	47,5	44,7	42,5	41,1	41,1	39,9	40,8	44,1	42,5	43,8
1997	42,7	46,4	49,7	49,4	47,2	44,4	41,6	40,8	40,8	40,5	40,5	41,3	43,8
1998	42,2	46,1	48,6	46,9	43,0	41,6	39,9	39,4	38,5	40,2	42,5	42,2	42,6
1999	42,5	42,2	43,9	42,5	41,6	39,7	38,8	38,0	38,3	38,3	39,7	41,1	40,5
2000	39,9	41,9	46,9	45,0	41,6	39,7	38,5	38,0	37,7	38,3	39,9	39,4	40,6
2001	41,6	41,6	44,1	42,5	39,9	39,1	38,0	37,7	37,4	38,0	39,4	40,8	40,0
2002	40,2	43,6	42,7	41,1	39,4	37,7	36,9	36,3	36,3	36,0	36,6	38,0	38,7
2003	40,2	41,6	41,6	44,1	39,7	40,2	37,4	36,3	36,3	37,1	38,0	38,0	39,2
2004	39,9	41,6	41,3	39,9	38,8	37,1	36,3	35,2	35,2	36,0	36,9	36,6	37,9
2005	40,5	39,4	41,1	39,7	37,7	36,9	35,8	34,9	36,6	35,8	36,3	37,7	37,7
2006	39,9	40,8	41,3	42,7	39,1	37,7	36,9	35,8	35,8	38,3	36,9	39,9	38,8
2007	42,5	43,6	43,3	41,3	38,8	37,4	36,6	35,8	35,5	36,9	38,0	38,3	39,0
2008	38,8	41,1	41,3	41,3	38,8	37,4	36,3	35,5	35,2	36,0	37,1	39,1	38,2
2009	38,8	39,9	43,3	40,2	38,5	36,6	35,5	35,2	33,8	34,1	34,9	34,9	37,1
2010	36,6	40,8	38,0	35,2	34,1	34,9	34,4	33,8	33,8	34,4	34,4	36,3	35,5
2011	40,2	39,7	40,5	40,8	36,9	35,5	34,6	34,1	33,2	34,1	34,9	35,2	36,6
2012	37,1	38,8	40,2	38,0	35,5	35,5	34,9	33,0	33,8	35,5	34,4	36,3	36,1
2013	39,1	41,1	39,4	38,0	36,0	35,5	34,4	33,8	33,2	33,8	34,4	34,9	36,1
2014	36,0	39,9	44,1	43,6	45,5	41,1	36,9	35,5	35,5	35,8	37,4	37,7	39,1
2015	38,8	39,1	39,4	40,2	39,9	38,0	36,6	36,6	35,8	35,5	36,9	35,8	37,7
2016	37,4	40,2	40,8	40,8	37,7	35,8	34,1	33,8	34,4	33,8	34,1	37,1	36,7
2017	36,6	39,4	39,7	38,8	37,1	35,5	35,2	34,1	32,4	32,4	35,2	36,9	36,1
2018	38,5	40,2	40,8	41,6	39,7	37,1	36,0	35,5	35,2	36,6	38,0	39,7	38,2
2019	38,5	38,0	43,3	47,7	41,4	38,3	36,8	35,6	34,9	37,3	38,3	37,3	38,9
2020	37,5	43,1	44,9	39,6	37,6	35,2	34,0	32,9	32,4	33,6	33,6	34,5	36,6
Mínima	36,0	38,0	38,0	35,2	34,1	34,9	34,0	32,9	32,4	32,4	33,6	34,5	35,5
Média	43,4	45,3	46,5	45,5	42,4	40,0	38,4	37,4	37,3	37,9	39,2	41,0	41,2
Máxima	50,8	53,1	55,3	53,9	49,9	47,0	43,0	41,9	41,5	42,2	44,3	48,9	47,1

6.5. Permanências das Vazões Médias Mensais

A curva de permanência ou de duração representa a porcentagem de tempo em que as vazões médias mensais no local da seção fluvial permaneceram com valores maiores ou iguais aos indicados no gráfico respectivo. Ela representa o complemento da função distribuição acumulativa de probabilidade de vazões ou a probabilidade de excedência das vazões.

Para a determinação da curva de permanência, a série é disposta em ordem decrescente e a probabilidade de ocorrência de cada vazão $P(X \geq x)$ calculada por:

$$P(X \geq x) = \frac{i}{n}$$

onde i é a ordem da vazão, e n o número total de vazões.

Na Tabela 6-24 e na Figura 6-16 apresenta-se a curva de permanências de vazões médias mensais para o local da PCH SU-93, em formato de tabela e gráfico, respectivamente.

Tabela 6-24: Permanência de vazões médias mensais – PCH SU-93 (m^3/s)

Permanência	Vazão (m^3/s)	Permanência	Vazão (m^3/s)
0%	55,3	50%	40,4
1%	53,1	55%	39,9
5%	50,7	60%	39,6
10%	48,6	65%	38,9
15%	47,2	70%	38,3
20%	45,8	75%	37,6
25%	44,1	80%	36,9
30%	43,0	85%	36,0
35%	42,0	90%	35,5
40%	41,4	95%	34,4
45%	40,8	100%	32,4

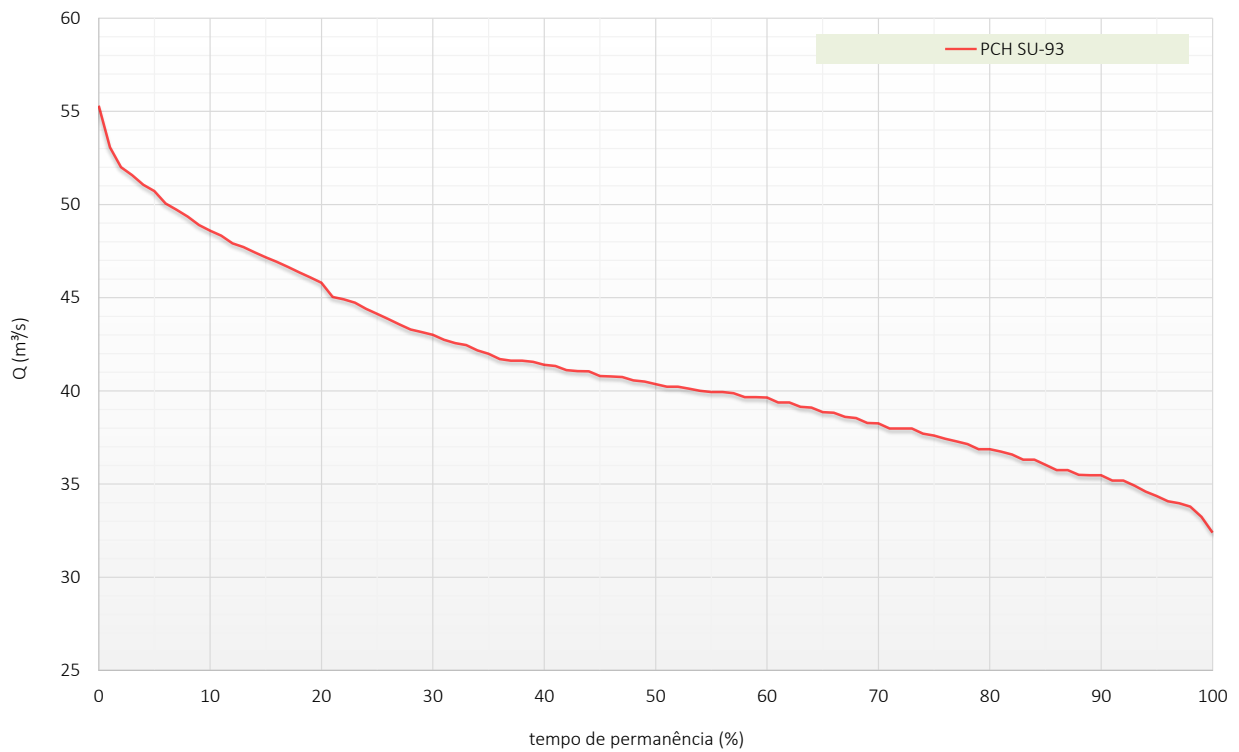


Figura 6-16: Curva de permanência – Vazões médias mensais – PCH SU-93 (m³/s)

6.6. Validação da Série de Vazões da Usina

A partir das medições e observações realizadas na estação hidrométrica, para o período de 30/03/2019 a 31/08/2020, pode-se constatar a aderência do modelo proposto às medições realizadas, utilizando-se como base o posto Base Fazenda Tucunaré (17091000), no rio Juruena.

A Figura 6-17 apresenta a plotagem das medições realizadas comparativamente com as envoltórias (mínimas, médias e máximas) da série obtida, bem como os valores mensais das medições e da série obtida.

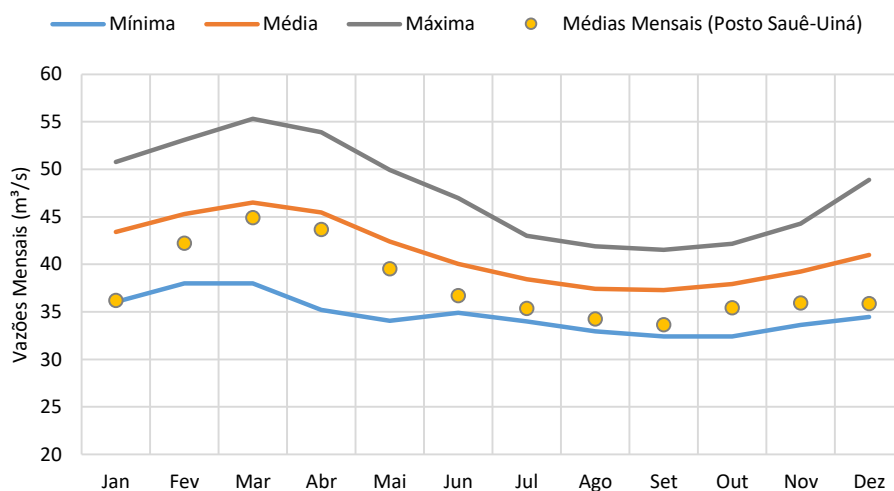


Figura 6-17: Envoltória da série de vazões médias mensais com as medições mensais realizadas – PCH SU-93 (m³/s)

Observa-se que a estimativa desta série representa adequadamente o comportamento hidrológico do rio, tendo as medições situadas dentro da envoltória da série, que acompanha o regime anual de vazões.

6.7. Vazões Extremas

As séries dos postos da região apresentam alto grau de regularização natural. Disso resulta uma oscilação moderada ao longo do ano. Nesses casos, apesar de haver períodos seco e chuvoso bem definidos, não se verifica diferença significativa na aplicação das distribuições para cheias anuais e cheias na estiagem. Em alguns casos, verifica-se que os valores das cheias na estiagem superam os valores das cheias anuais para períodos de recorrência mais baixos.

Assim, nos estudos de vazões máximas considerou-se apenas as cheias anuais para definição das vazões de dimensionamento dos órgãos extravasores, bem como para o dimensionamento das estruturas de desvio do rio no local da usina. O ano hidrológico na região inicia-se em outubro e vai até setembro.

Para realização dos estudos de cheias foi utilizada metodologia de regionalização das vazões máximas diárias anuais em função das áreas de drenagens dos seguintes postos fluviométricos selecionados para os estudos. Vale ressaltar que os postos utilizados apresentam séries com mais de 35 anos completos de medição, o que agrega confiabilidade ao estudo.

6.7.1. Dados Básicos

As séries observadas de vazões máximas diárias para cheias anuais são apresentadas na Tabela 6-25.

Tabela 6-25: Vazões máximas observadas anuais – Ano hidrológico (m^3/s)

Ano	Fazenda Tucunaré (17091000)	Porto dos Gaúchos (17092000)	Fazenda Tombador (17095000)	Fontanilhas (17093000)
1973 - 1974	-	-	1661	-
1975 - 1976	-	-	1239	-
1976 - 1977	-	-	1205	-
1977 - 1978	-	-	1315	-
1978 - 1979	-	-	-	-
1979 - 1980	-	-	-	2349
1980 - 1981	-	-	2195	2149
1981 - 1982	-	-	1768	2096
1982 - 1983	-	-	-	2190
1983 - 1984	-	-	-	2022
1984 - 1985	-	-	1054	1885
1985 - 1986	-	-	1338	1910
1986 - 1987	-	-	1303	1996
1987 - 1988	-	-	1114	1919
1988 - 1989	-	-	1400	2136
1989 - 1990	-	-	1373	2321
1990 - 1991	-	-	1569	-
1991 - 1992	-	-	1632	-
1992 - 1993	-	-	1524	1802

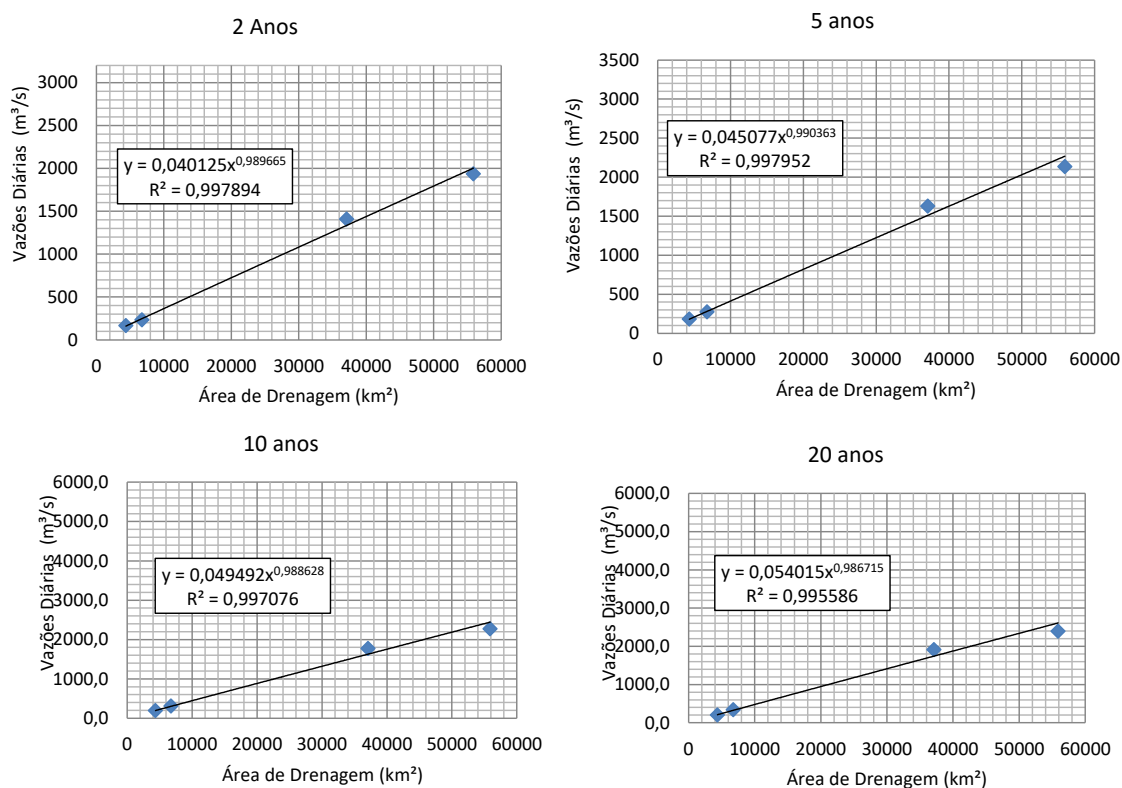
Ano	Fazenda Tucunaré (17091000)	Porto dos Gaúchos (17092000)	Fazenda Tombador (17095000)	Fontanilhas (17093000)
1993 - 1994	-	-	1165	2022
1994 - 1995	197	-	1369	1889
1995 - 1996	219	-	1586	2092
1996 - 1997	194	-	1273	2107
1997 - 1998	187	-	1500	2141
1998 - 1999	184	-	1373	1971
1999 - 2000	173	-	1295	1802
2000 - 2001	176	-	1392	1867
2001 - 2002	165	-	1061	1962
2002 - 2003	165	-	1326	1838
2003 - 2004	172	-	1569	1962
2004 - 2005	165	-	2092	2094
2005 - 2006	154	272	1284	1954
2006 - 2007	165	395	1420	2111
2007 - 2008	173	260	1623	2034
2008 - 2009	162	238	1537	1883
2009 - 2010	161	221	1295	1754
2010 - 2011	175	242	1607	1933
2011 - 2012	171	248	1432	2055
2012 - 2013	148	234	1250	1954
2013 - 2014	160	236	1380	2042
2014 - 2015	173	262	2018	2128
2015 - 2016	148	203	-	1738
2016 - 2017	153	192	1330	-
2017 - 2018	149	247	1545	-
2018 - 2019	164	234	1573	947
Nº de Anos	26	15	41	36
Mínima	148	192	1054	947
Média	170	247	1449	1974
Máxima	219	395	2195	2349
Desvio Pad.	16,3	46,1	248,8	226,6
Assimetria	1,14	2,50	1,18	-2,57

Para obtenção das cheias máximas anuais, foram aplicadas às vazões máximas diárias distribuições de probabilidades. Para seleção da distribuição de probabilidades a ser empregada seguiu-se a recomendação da ELETROBRÁS, constante no “Guia Para Cálculo de Cheia de Projeto de Vertedores” (1987), que preconiza a utilização da distribuição de Gumbel para séries com assimetria inferior a 1,5, e distribuição exponencial para assimetrias superiores a 1,5. A Tabela 6-26 apresenta os valores obtidos para cada um dos postos.

Tabela 6-26: Vazões máximas diárias anuais – Postos fluviométricos (m³/s)

Recorrência (anos)	Fazenda Tucunaré (4.360 km²)	Aldeia Sacre II (6.770 km²)	Porto dos Gaúchos (37.100 km²)	Fontanilhas (55.900 km²)
2	167	233	1.408	1.937
5	182	275	1.628	2.137
10	191	307	1.774	2.269
20	201	339	1.914	2.397
25	203	349	1.958	2.437
50	212	381	2.094	2.561
100	221	413	2.230	2.685
200	230	445	2.365	2.808
500	242	487	2.543	2.970
1.000	250	519	2.678	3.093
5.000	271	593	2.990	3.377
10.000	280	625	3.125	3.500

Foram regionalizadas as vazões máximas diárias em função das áreas de drenagens, para os postos fluviométricos. Na Figura 6-18 são apresentadas as curvas de regionalização obtidas para diversos tempos de recorrência.



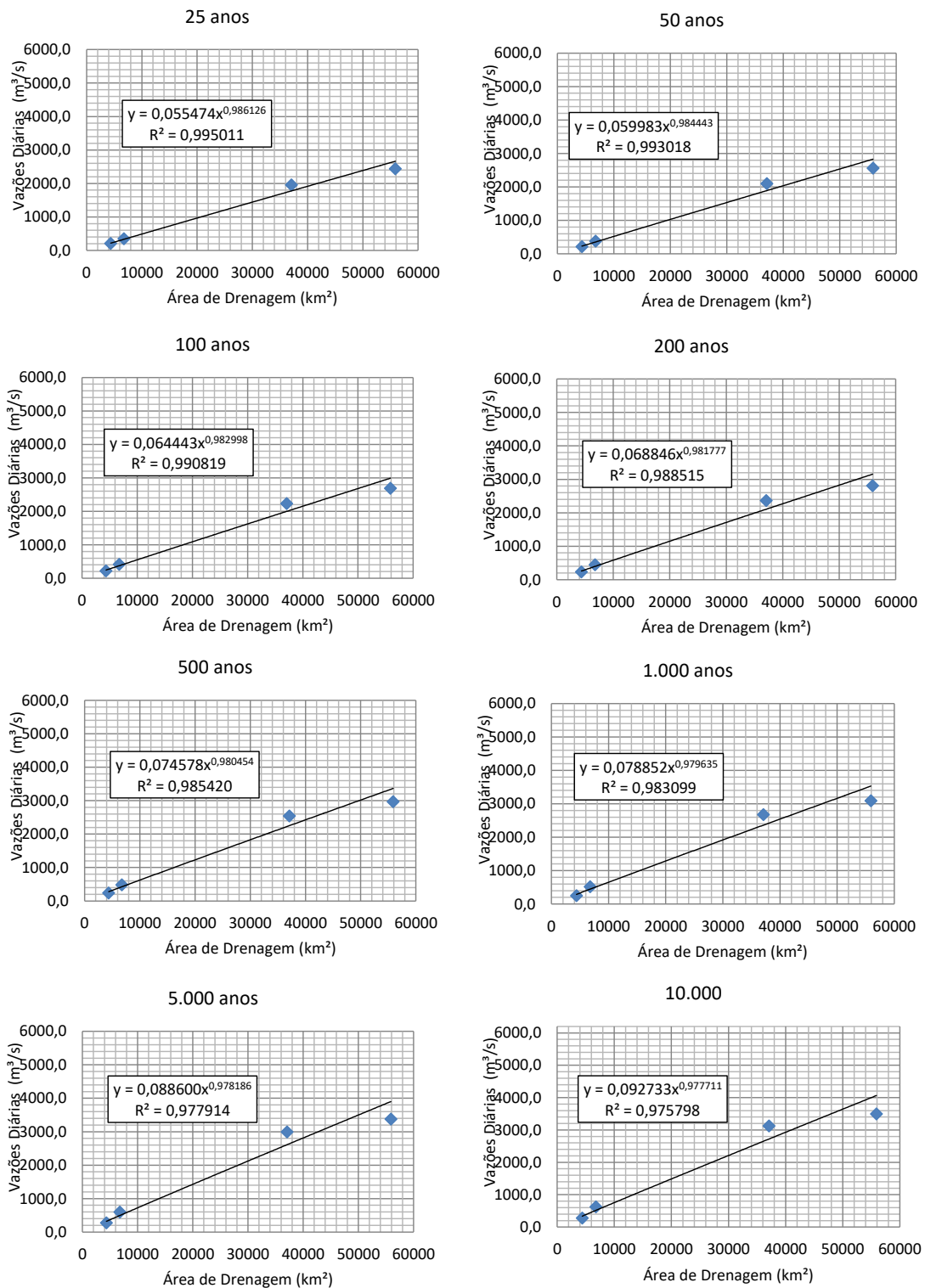


Figura 6-18: Regionalização de vazões máximas diárias – Ano hidrológico normal

Aos valores calculados aplicou-se o coeficiente de Füller, para considerar a ocorrência de cheia em horário do dia em que não há medição de nível d'água no rio, transformando as vazões máximas diárias em vazões instantâneas. O coeficiente é definido pela equação que se segue.

$$Füller = 1 + 2,66 \times A_{arenagem}^{-0,3}$$

A Tabela 6-27 mostra as vazões máximas instantâneas para o local da PCH SU-93.

Tabela 6-27: Vazões máximas diárias e instantâneas anuais – PCH SU-93

Recorrência (anos)	SU-93 (1.525 km²)	
	Diária	Instantânea
2	57	73
5	64	83
10	69	90
20	75	97
25	76	99
50	81	106
100	87	112
200	92	119
500	98	127
1.000	103	134
5.000	115	149
10.000	120	155

6.8. Estudo de Vazões Mínimas

O conhecimento das vazões mínimas tem importância para fixação da descarga remanescente em trechos ensecados, quando a adução ocorre através de canal lateral, e no momento de enchimento do reservatório.

A Secretaria de Estado do Meio Ambiente de Mato Grosso (SEMA/MT) definiu como vazão mínima em trechos de vazão reduzida o equivalente a 10% da vazão média de longo termo de cada mês, o que resulta em um vetor de vazões mínimas a serem mantidas para jusante em cada mês.

Essa vazão também pode ser utilizada como descarga mínima para enchimento dos reservatórios.

Ante ao exposto, julgou-se desnecessário realizar estudos de vazões mínimas a partir de outra metodologia, como a $Q_{7,10}$, por exemplo, por não ser aplicada no Estado do Mato Grosso.

Os valores das vazões mínimas são apresentados na Tabela 6-28.

Tabela 6-28: Vazões mínimas para jusante (m^3/s), segundo critério definido pela SEMA/MT (10% da Q_{mit} mensal)

Vazão	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Q_{RES} (m^3/s)	4,34	4,53	4,65	4,55	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10

6.9. Curva-chave no Barramento e Canal de Fuga da Usina

Para a elaboração das curvas-chave para o barramento e o canal de fuga da PCH SU-93, foi realizado um estudo de modelagem hidráulica do rio Sauê-Uiná, com base nos levantamentos de campo e características

inferidas de seções do rio e ferramentas computacionais como o software HEC-RAS 5.0.6, cuja fundamentação é brevemente descrita a seguir.

6.9.1. Fundamentação Teórica

O HEC-RAS é um modelo unidimensional (1D) e bidimensional (2D), de fundo fixo, capaz de efetuar os cálculos dos perfis de superfície da água em escoamento permanente e não permanente, em canais com superfície livre.

Esses perfis podem ser calculados em regimes subcríticos, supercrítico e misto, onde poderão ocorrer mudanças do regime supercrítico para subcrítico ou de subcrítico para supercrítico, tanto em regime permanente quanto transitórios.

Este modelo baseia-se no método iterativo denominado “Standard Step Method” que determina as mudanças no nível da linha d’água, de uma seção transversal para a outra, a partir da equação de conservação de energia.

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

Onde:

Y_1 e Y_2 são profundidades das seções transversais, em metro;

Z_1 e Z_2 são cotas do fundo do canal, em metro;

V_1 e V_2 são velocidades médias, em metro por segundo;

α_1 e α_2 são coeficientes adimensionais de velocidade;

g é a aceleração da gravidade, em metro por segundo ao quadrado e

h_e é a perda de energia entre as seções, em metro.

Essa metodologia pressupõe ainda as seguintes premissas simplificadoras: o regime de escoamento é permanente; o fluxo é unidimensional e o escoamento é gradualmente variado, com declividade constante da linha de energia, entre duas seções, exceto em estruturas como pontes, bueiros e vertedouros, onde o regime pode ser bruscamente variado e são utilizadas as equações do momento hidráulico e outras equações para o cálculo da linha d’água.

Ressalta-se que estas premissas simplificadoras são perfeitamente adequadas e compatíveis com a natureza de escoamento em canais naturais ou artificiais.

6.9.2. Resultados Obtidos

Para a região da PCH SU-93, os resultados da simulação hidráulica são apresentados na Tabela 6-29. As relações vazão x cota resultantes do modelo podem ser representadas em forma de gráficos e equações pelas curvas-chave apresentadas na Figura 6-19 e na Figura 6-22 para as seções do barramento e do canal de fuga, respectivamente.

Tabela 6-29: Resultados – Saídas HEC-RAS

Q (m³/s)	NA Barramento (m)	NA Canal de Fuga (m)
0,0	291,75	283,65
1,0	292,04	283,78

Q (m³/s)	NA Barramento (m)	NA Canal de Fuga (m)
2,0	292,17	283,89
3,0	292,28	283,99
4,0	292,38	284,08
5,0	292,46	284,17
7,5	292,64	284,39
10,0	292,79	284,60
12,5	292,93	284,83
15,0	293,06	285,04
20,0	293,29	285,39
25,0	293,45	285,69
30,0	293,59	285,96
35,0	293,72	286,19
40,0	293,84	286,40
45,0	293,96	286,60
50,0	294,06	286,78
60,0	294,26	287,11
70,0	294,44	287,41
80,0	294,60	287,68
90,0	294,76	287,93
100	294,90	288,15
110	295,04	288,37
120	295,17	288,57
130	295,29	288,76
140	295,41	288,94
150	295,53	289,12
160	295,64	289,28
170	295,74	289,44

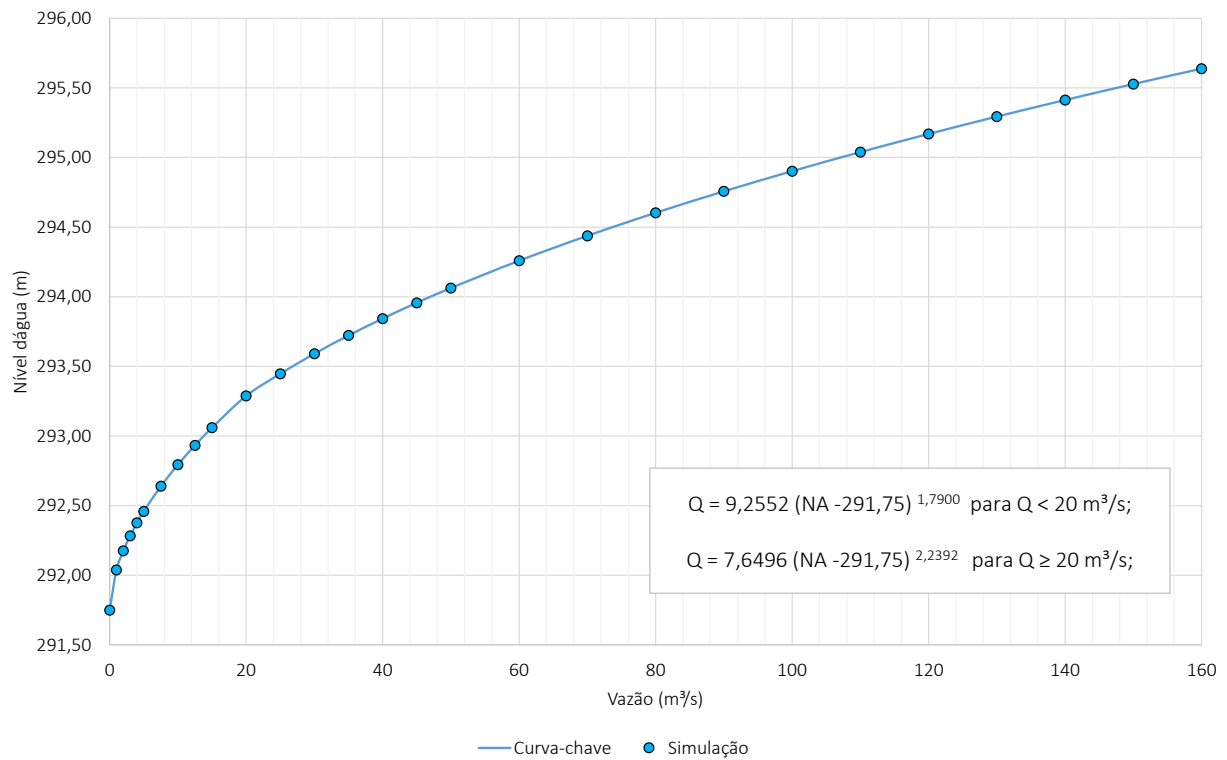


Figura 6-19: Curva-chave no barramento da PCH SU-93

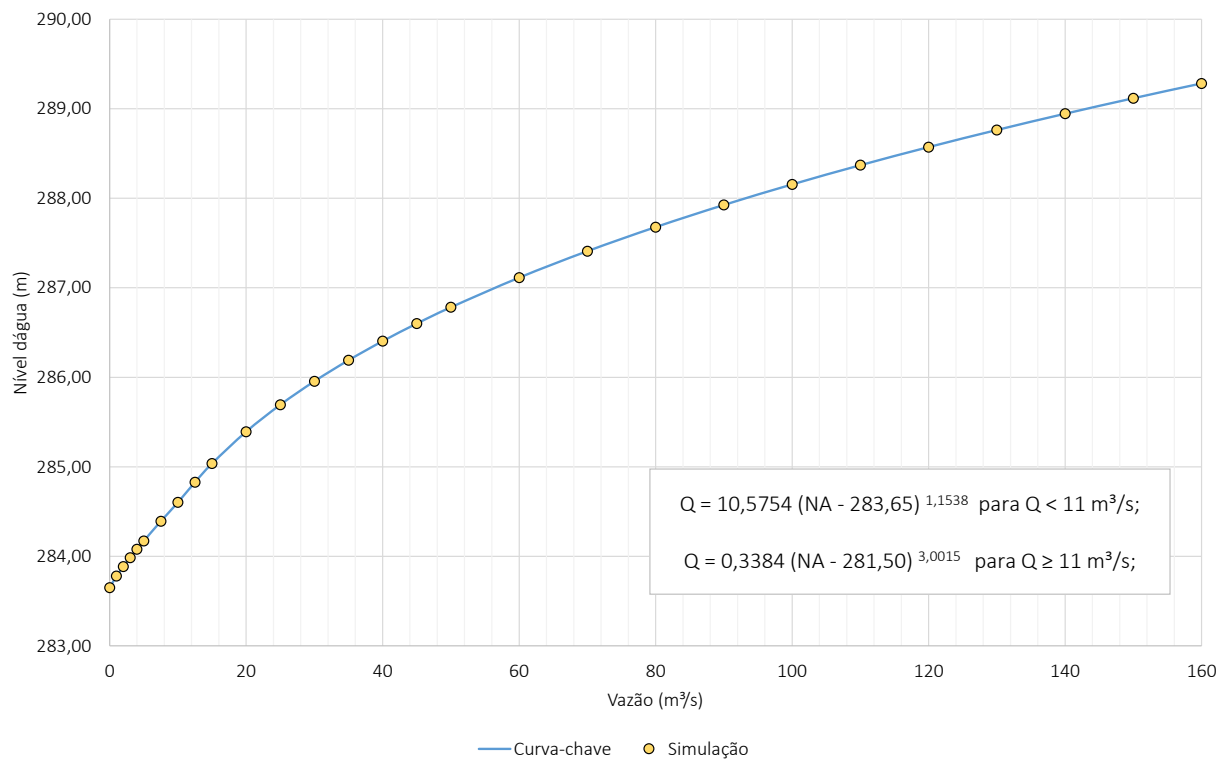


Figura 6-20: Curva-chave no canal de fuga da PCH SU-93

As curvas-chave proposta apresentam-se coerentes aos níveis d'água observados nas seções topobatimétricas (STB-21 e STB-20) que foram levantadas na região próximas aos locais previstos para o barramento e canal de fuga da usina.

Como as variações de níveis são muito pequenas ao longo do ano, em função da elevada regularização natural, as curvas-chave foram validadas.

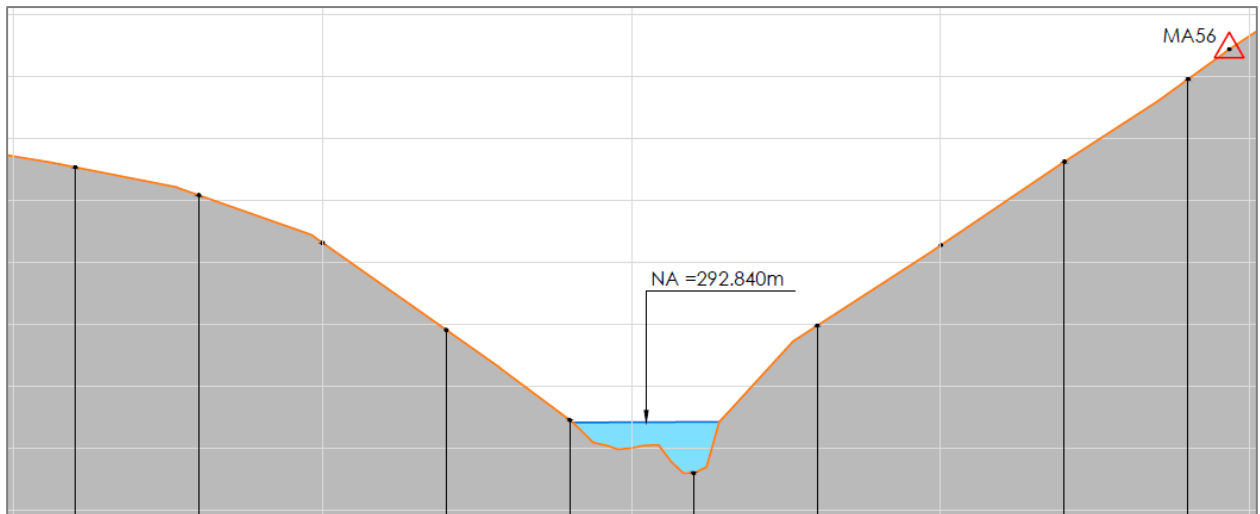


Figura 6-21: Seção topobatimétrica (STB 21) próxima ao barramento da PCH SU-93

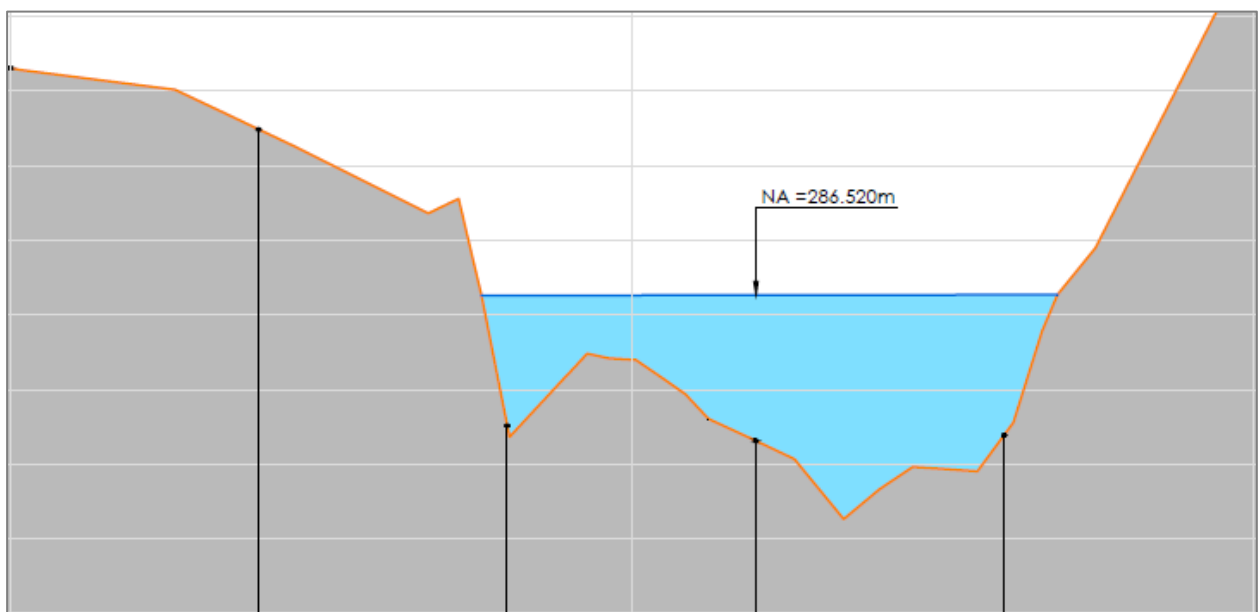


Figura 6-22: Seção topobatimétrica (STB 20) próxima ao canal de fuga da PCH SU-93

6.10. Curvas Cota x Área x Volume

Para a caracterização do reservatório da PCH SU-93 foram determinadas as curvas cota x área, a partir das áreas sob as curvas de nível de 1 em 1 m, estabelecidas a partir do levantamento cartográfico realizado por

meio de perfilamento a laser, referenciadas no item respectivo. As áreas em cada cota foram calculadas por medição automática, usando o software AutoCad.

A variação do volume ΔV entre duas cotas consecutivas, cuja diferença é ΔH , foi calculada por:

$$\Delta V = \frac{1}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2}) \Delta H$$

sendo A_i a área correspondente à cota i e ΔH a variação de cota.

Os valores calculados são apresentados na Tabela 6-30.

Tabela 6-30: Pontos da curva cota x área e curva cota x volume

Cota (m)	Área (km ²)	Volume Acumulado (hm ³)
294,00	0,01	0,00
295,00	0,02	0,01
296,00	0,06	0,06
297,00	0,10	0,13
298,00	0,17	0,27
299,00	0,23	0,47
300,00	0,30	0,73
301,00	0,39	1,07
302,00	0,47	1,51
303,00	0,56	2,02
304,00	0,66	2,63
305,00	0,79	3,35
306,00	0,93	4,21
307,00	1,08	5,21
308,00	1,25	6,37
309,00	1,51	7,75
310,00	1,79	9,39
311,00	2,05	11,31

Aos valores das áreas e volumes foram ajustados polinômios, para possibilitar a interpolação, apresentados na Figura 6-23 e na Figura 6-24.

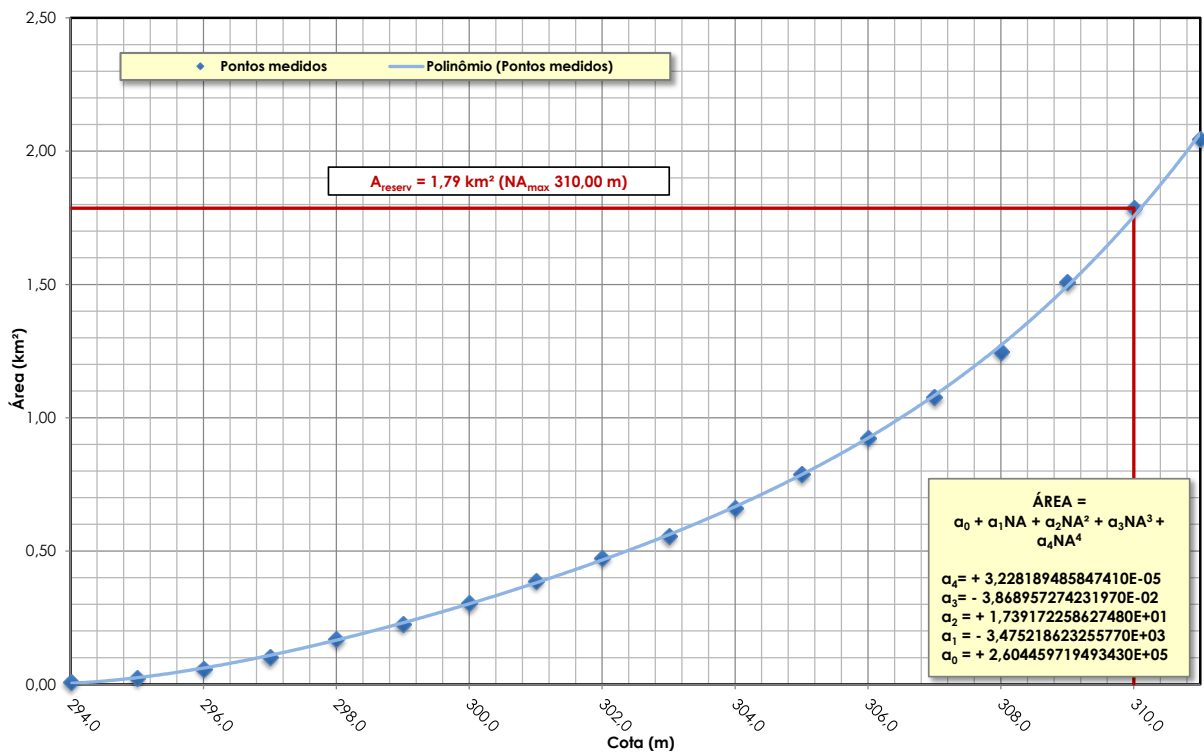


Figura 6-23: Curva cota x área do reservatório da PCH SU-93

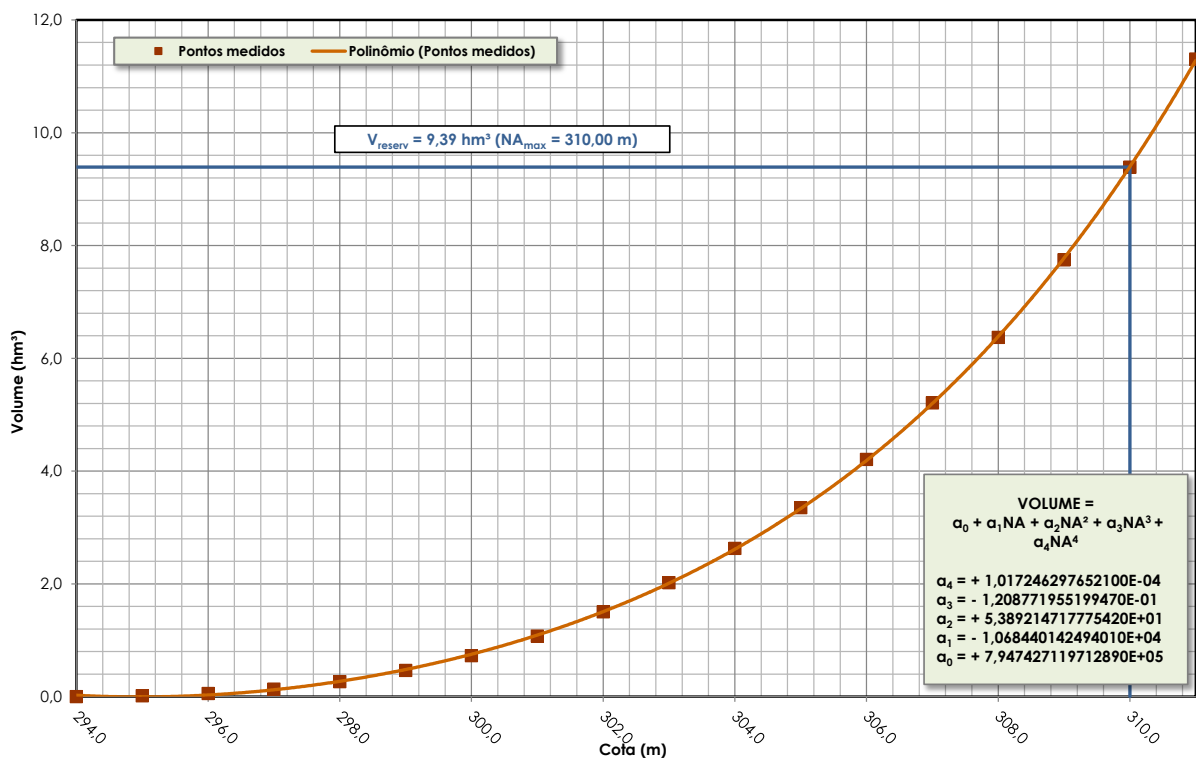


Figura 6-24: Curva cota x volume do reservatório da PCH SU-93

Como ilustrado nas figuras, tem-se para o reservatório da PCH SU-93, fixado na cota 310,00 metros, área igual a 1,79 km² e volume 9,39 hm³.

6.11. Enchimento do Reservatório

O estudo de enchimento do reservatório da PCH SU-93 foi realizado utilizando-se a série de vazões médias mensais, considerando o período de 01/1974 a 12/2020 e as curvas cota-volume apresentadas acima.

O tempo de enchimento corresponde ao tempo necessário para o reservatório atingir os níveis máximo de operação (NA máximo normal = 310,00 m).

Para o estudo de enchimento do reservatório, foram considerados as seguintes premissas:

- Vazões com 5% do tempo de permanência, médias mensais e com 95% do tempo de permanência;
- Início do enchimento em qualquer um dos doze meses do ano;
- Volume do reservatório no NA Máximo Normal, a partir do qual se admite que tenha início a geração, e o fluxo para jusante é restabelecido.
- Considerou-se, também, como vazão mínima a ser mantida para jusante, os valores definidos neste estudo, os quais foram descontados para efeito de enchimento;
- A vazão líquida armazenada no reservatório calculada por:

$$\text{Vazão Líquida} = Q_{\text{AFLUENTE}} - Q_{\text{REMANESCENTE}}$$

A Tabela 6-31 apresenta os tempos necessários para o enchimento do reservatório da PCH SU-93.

Tabela 6-31: Tempos de enchimento dos reservatórios – PCH SU-93

Mês	Vazões de enchimento (m ³ /s)			Tempo (h)			Tempo (dias)		
	Q _{5%}	Q _{MLT}	Q _{95%}	Q _{5%}	Q _{MLT}	Q _{95%}	Q _{5%}	Q _{MLT}	Q _{95%}
Janeiro	45,6	39,1	33,1	57	67	79	2,4	2,8	3,3
Fevereiro	47,5	40,8	35,0	55	64	74	2,3	2,7	3,1
Março	49,2	41,8	35,7	53	62	73	2,2	2,6	3,0
Abril	47,3	40,9	35,1	55	64	74	2,3	2,7	3,1
Maio	44,0	38,2	33,2	59	68	79	2,5	2,8	3,3
Junho	40,6	36,0	31,5	64	72	83	2,7	3,0	3,5
Julho	38,6	34,6	31,0	68	75	84	2,8	3,1	3,5
Agosto	37,3	33,7	30,2	70	77	86	2,9	3,2	3,6
Setembro	37,2	33,6	30,1	70	78	87	2,9	3,2	3,6
Outubro	37,6	34,1	30,3	69	76	86	2,9	3,2	3,6
Novembro	40,1	35,3	30,8	65	74	85	2,7	3,1	3,5
Dezembro	42,8	36,9	32,0	61	71	82	2,5	2,9	3,4

Os resultados mostram que o tempo para enchimento do reservatório da PCH SU-93 é de, no máximo, 3,6 dias, e de no mínimo de 2,3 dias. Em média, o reservatório deve atingir o nível d'água máximo normal em 3 dias, aproximadamente. Em função da alta regularidade sazonal do rio Sauê-Uiná, não são observadas grandes diferenças nos tempos de enchimento em diferentes meses do ano.

Diante do curto espaço de tempo para que o reservatório atinja o seu nível d'água máximo normal, na época do seu enchimento deverá ser realizada uma comparação das vazões prováveis de ocorrer naquela

época, com o valor da vazão a ser mantida para jusante, para que seja tomada uma decisão quanto a este parâmetro.

6.12. Tempo de Residência

O tempo de residência no reservatório é o número de dias que a água leva para sair do mesmo, contado desde o momento em que ela adentra no corpo d'água. Um reservatório tem regiões em que a velocidade do escoamento é maior, sendo os trechos ao longo dos talwegues aqueles em que o fluxo é preferencial. A massa de água que percorre estes trechos tem um tempo de residência sensivelmente menor do que a água que escoo pelas áreas marginais do reservatório.

A determinação do mapa bidimensional dos vetores de velocidade do fluxo no reservatório possibilita a determinação, com precisão, dos tempos de residência em cada compartimento do reservatório. Ela é feita por modelos matemáticos que resolvem as equações diferenciais de fluxo a superfície livre de Saint-Venant, através do processo de diferenças finitas. A aplicação desta metodologia é desejável quando o reservatório é grande, e há interesse em modelar as suas condições limnológicas, a fim de verificar a possibilidade de sua eutrofização. Mas, para determinar se é necessária à sua realização, faz-se inicialmente a determinação do tempo de residência em termos médios. O tempo de residência médio é, então, calculado por:

$$\text{Tempo de Residência} = \frac{\text{Volume do Reservatório}}{\text{Vazão Média}}$$

Para o reservatório da PCH SU-93, foi determinado o tempo médio de residência da água, usando a vazão média de longo termo da série de vazões afluentes, para o período 01/1974 a 12/2020. Os resultados são mostrados na Tabela 6-32.

Tabela 6-32: Tempo de residência – PCH SU-93

Local	Q _{MLT}	Volume	Tempo de Residência
	(m ³ /s)	(hm ³)	(horas)
PCH SU-93	41,2	9,39	63

Assim, o tempo de residência é de apenas 63 horas, ou menos de 3 dias, o que sinaliza a inexistência de qualquer problema de degradação da qualidade da água no reservatório, o que minimiza os impactos ambientais do empreendimento.

6.13. Evaporação Líquida no Reservatório

A avaliação das perdas de água, a título da evaporação, nos reservatórios de usinas hidrelétricas, tem papel fundamental, tanto nos estudos de planejamento como na operação dos sistemas existentes. Nos estudos de planejamento da operação e da expansão energética, os dados de evaporação são utilizados de duas formas principais: nos estudos de simulação de operação de reservatórios e nos estudos para obtenção das séries de vazões naturais nos locais de aproveitamentos hidrelétricos. Nestes processos, referentes à quantificação do valor perdido por evaporação e evapotranspiração nos reservatórios dos aproveitamentos hidrelétricos, este montante se traduz de forma linear em perda energética nas usinas hidrelétricas.

Antes do enchimento do reservatório ocorre, na sua área, a evapotranspiração, a qual já está computada nas vazões observadas e geradas. Após o início da operação do empreendimento essa evapotranspiração será substituída pela evaporação da superfície de água, alterando as vazões naturais afluentes ao barramento.

A evaporação líquida é a diferença entre a evaporação real do reservatório e a evapotranspiração real da bacia hidrográfica no local do reservatório antes da sua implantação. Ela é necessária para a reconstituição das séries de vazões naturais dos aproveitamentos hidrelétricos e para uso nas simulações energéticas. Isto significa que as séries de vazões devem, então, ser recalculadas, levando em conta esta evaporação líquida, de modo a se obter uma nova série.

Neste item apresentam-se os estudos realizados para a determinação da evaporação líquida no reservatório da PCH.

6.13.1. Metodologia de Cálculo

Os cálculos foram realizados usando metodologia e sistema desenvolvidos pelo CEHPAR - Centro de Hidráulica e Hidrologia Prof. Parigot de Souza, para o ONS, com o objetivo principal de calcular as grandezas evaporação de lago, evapotranspiração real e a evaporação líquida para as usinas que compõem o Sistema Interligado Nacional. O sistema utilizado é SISEVEVAPO, versão 1.0, utilizado no âmbito do Setor Elétrico Brasileiro para o cálculo de evaporações líquidas nos aproveitamentos hidrelétricos.

O método consiste em obter superfícies interpoladoras das grandezas temperatura média mensal, umidade relativa média mensal, número de horas de insolação mensal e da precipitação anual, necessárias na determinação das grandezas evaporação e evapotranspiração.

No trabalho do CEHPAR foi utilizado o método da interpolação multiquadrática para obtenção dos mapas de isolinhas das grandezas meteorológicas. Dos métodos de interpolação espacial, a interpolação quadrática é bastante utilizada por ser bastante eficiente e por apresentar uma formulação matemática bastante simples. É utilizado o método de Morton (CRAE e CRLE,) a partir dos dados meteorológicos das Normais Climatológicas de 1961-1990, publicados pelo INMET.

6.13.2. Critérios de Cálculo

O principal parâmetro para o cálculo da evaporação líquida é a série de dados contendo os parâmetros meteorológicos. Neste estudo utilizou-se as normais climatológicas regionais do período 1961-1990, padrão hoje utilizado no planejamento do setor elétrico.

Para o cálculo da evaporação líquida utilizou-se dados de localização do reservatório, definidos pelas suas coordenadas geográficas, latitude e longitude, dos níveis d'água máximo normal, mínimo e médio, e das suas profundidades características. A Tabela 6-33 apresenta os dados dos pontos de interesse.

Tabela 6-33: Dados de entrada do SISEVAPO

AHE	NA Máx. (m)	Área (km ²)	Volume (hm ³)	Prof. Média (m)
PCH SU-93	310,0	1,79	9,39	5,2

6.13.3. Resultados

Para o local da usina, os valores de evaporação e de evapotranspiração potencial e real, e de evaporação líquida, a qual é a diferença entre as duas anteriores, calculados pelo SISEVAPO são apresentados na Tabela 6-34.

Tabela 6-34: Evaporação líquida (mm) – SU km 93

Dados	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Evaporação Potencial	146	123	143	134	129	108	121	144	158	154	147	154	1660

Dados	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Evaporação Real	142	121	133	126	121	99	98	119	133	136	135	147	1510
Evapotranspiração Potencial	132	115	136	130	119	106	130	140	144	161	155	136	1604
Evapotranspiração Real	129	115	119	121	105	92	90	88	91	133	143	125	1351
Evaporação Líquida	13	6	14	5	16	7	8	31	42	3	-8	22	159

6.14. Assoreamento e Vida Útil do Reservatório

O objetivo deste item consiste em avaliar o aporte de sedimentos ao reservatório da PCH SU-93, visando estimar a sua vida útil e, também, estabelecer as ações preventivas a serem consideradas no controle de sedimentos.

A descarga sólida anual foi estabelecida com base em medições da produção de sedimentos realizadas na presente etapa de projeto, a partir das quais foi estimada a vida útil do reservatório.

Vale informar que foram realizadas 15 medições de descargas de sedimentos no rio Sauê-Uiná, conforme apresentado no **Volume 3 – Tomo III** deste relatório.

6.14.1. Produção de Sedimentos na Região Estudada

No presente estudo, utilizou-se as medições realizadas na estação Sauê-Uiná, cujas principais características foram apresentadas no item 6.3.2.3. Além das medições de descarga líquida, também foram realizadas campanhas de monitoramento de descarga sólida na estação.

A coleta e o cálculo da descarga sólida total foram realizados pela empresa Hydroconsult – Consultoria em Recursos Hídricos, pelo método Simplificado de Colby¹.

Na Tabela 6-35 são apresentadas as medições realizadas.

Tabela 6-35: Descarga sólida em suspensão e total pelo Método Simplificado de Colby, (1957)

Méd. (Nr.)	Data	Cota (cm)	Descarga líquida (m³/s)	Temperatura (°C)		Concent. Sedimentos (mg/l)	Concent. Relativa	Desc. sól. em suspensão (t/d)	Desc. sól. não medida (t/d)	Descarga sólida total (t/d)
				Ar	Água					
1	29/03/2019	200	45,56	29	26	6,22	882,68	24,48	166,25	190,74
2	19/06/2019	170	42,14	29	25	9,58	1.310,80	34,88	262,14	297,02
3	12/07/2019	165	39,84	30	24	3,92	1.230,65	13,49	155,51	169,01
4	11/08/2019	162	40,43	29	26	6,71	1.415,77	23,44	227,62	251,06
5	21/09/2019	159	40,59	28	26	8,42	1.484,03	29,53	263,95	293,47
6	22/12/2019	165	42,46	28	26	2,41	1.148,85	8,84	123,38	132,23
7	24/01/2020	161	36,27	28	24	2,54	1.011,56	7,96	101,38	109,34

¹ Colby, 1957, conforme apresentado por Newton de Oliveira Carvalho, no livro Hidrossedimentologia Prática, nas páginas 201 a 205. O programa de computador utilizado encontra-se indicado nas páginas 369 a 371 do citado livro e foi desenvolvido por Jorge Henrique Alves Prodanoff.

Méd. (Nr.)	Data	Cota (cm)	Descarga líquida (m³/s)	Temperatura (°C)		Concent. Sedimentos (mg/l)	Concent. Relativa	Desc. sól. em suspensão (t/d)	Desc. sól. não medida (t/d)	Descarga sólida total (t/d)
				Ar	Água					
8	10/05/2020	171	38,89	29	26	3,71	1.088,64	12,47	136,7	149,16
9	12/06/2020	163	39,84	29	25	4,66	1350,2	16,04	183,75	199,79
10	21/07/2020	152	34,25	29	25	3,57	1364,12	10,56	145,63	156,19
11	01/10/2020	145	36,2	28	25	10,65	1433,75	34,24	272,49	306,72
12	12/11/2020	152	34,69	36	25	4,46	1014,48	13,37	128,99	142,35
13	19/02/2021	168	40,83	28	25	4,48	1137,98	15,8	160,9	176,7
14	10/03/2021	191	48,68	28	25	6,82	1045,81	28,68	208,46	237,14
15	16/04/2021	186	44,61	28	25	4,15	1191,45	16	170,98	186,98

Cabe destacar que as medições desta etapa de Projeto Básico mostram-se bem superiores àquelas obtidas nos Estudos de Inventário do rio Sauê-Uiná, o que decorre do avanço da agropecuária no trecho alto do rio.

Com isso, a partir das medições realizadas pode-se obter uma descarga sólida total média para o local da estação, estabelecendo-se uma produção específica de sedimentos para o rio Sauê-Uiná, conforme apresentado na Tabela 6-36.

Tabela 6-36: Produção específica de sedimentos – Estação Sauê-Uiná

Estação	A.D. (km²)	DST (ton/dia)	DST (ton/ano)	Produção Específica (ton/ano/km²)
Sauê-Uiná Jusante	1.700	199,9	72.950	42,9

Verifica-se a adequação da produção de sedimentos obtidas na citada estação, a qual será adotada como base no presente estudo, devendo-se aplicar coeficiente de majoração de 50% para compensar o efeito da expansão agropecuária nos próximos anos.

6.14.2. Estimativa da Vida Útil do Reservatório

Na presente análise, foi realizada a estimativa de vida útil para o volume total do reservatório e para o volume abaixo da cota da soleira da tomada d'água. Para a cota normal operacional do reservatório (310,00 m), o volume disponível é de 9,39 hm³, enquanto na cota da soleira (306,60 m) da tomada d'água tem-se um volume disponível de 4,78 hm³.

Para o Peso Específico Aparente do sedimento (ϕ_{AP}), adotou-se ϕ_{AP} igual a 1,554 ton/m³, considerando as características dos solos da região (100% areia), tendo em vista a ausência de medições granulométricas, tornando esta análise bastante conservadora.

Para determinação da Eficiência de Retenção (E_r) dos Sedimentos, devido à grande variação na magnitude dos volumes do reservatório, adotou-se a Curva de Churchill para volumes inferiores a 10,0 hm³, apresentada por Annandale em 1987, recomendada pelo Guia de Avaliação de Assoreamento de Reservatórios (ANEEL/2000) para pequenos reservatórios. Para volumes superiores a 10,0 hm³, utilizou-se

a Curva de *Gunnar Brune*, desenvolvido a partir de levantamentos sedimentométricos de vários reservatórios nos EUA, empregadas para reservatórios médios.

Para utilização da Curva de Churchill é necessário calcular o Índice de Sedimentação (IS) do reservatório. Este índice é calculado da seguinte forma:

$$IS = g \cdot (V^2 / (Q^2 * L))$$

Onde:

- $IS = g \cdot (V_{RES}^2 / (Q_{MLT}^2 * L))$;
- IS é o índice de sedimentação;
- V_{RES} é o volume em determinada cota, em m³;
- Q_{MLT} é a vazão média de longo termo do aproveitamento;
- L é o comprimento total do reservatório em determinada cota, em m;
- g é a aceleração da gravidade, 9,81 m/s².

A curva de Brune permite calcular a eficiência de retenção como função da capacidade de afluência, definida como a relação entre a capacidade do reservatório no seu NA máximo normal e o volume de água afluente médio anual, este calculado em função da vazão média mensal. Ele apresenta três curvas para determinação da eficiência de retenção, sendo a envoltória inferior recomendada quando o sedimento é fino e a superior quando o sedimento é grosso.

A partir dos critérios estabelecidos acima foi calculada a estimativa de vida útil do reservatório da PCH SU-93. Como os volumes em ambas as cotas avaliadas é inferior a 10 hm³, foi empregado o método de Churchill para o cálculo da eficiência de retenção.

A Tabela 6-37 apresenta os parâmetros utilizados, bem como os resultados obtidos de estimativa de vida útil para o local da PCH SU-93. Nota-se pelos tempos de assoreamento calculados, que não são esperados problemas quanto a vida útil do reservatório, mesmo ao se considerar isoladamente o volume disponível abaixo da soleira da tomada d'água.

Tabela 6-37: Estimativa de vida útil – PCH SU-93 (A.D.= 1.525 km²)

Dados	Volume no NA máx. normal	Volume na soleira da tomada d'água
Comprimento do reservatório (m)	10.360	7.350
Vazão média de longo termo (m ³ /s)	41,20	41,20
Volume do reservatório - (m ³)	9.390.000	4.780.000
Área da seção transversal média (m ²)	906	650
DST estimada para o local do AHE (t/ano)	98.300	98.300
Área de drenagem (km ²)	1.525	1.525
Período de retenção (segundos)	227.913	116.019
Velocidade média do reservatório (m/s)	0,045	0,063
Curva de cálculo utilizada	CHURCHILL	CHURCHILL
Relação capacidade/volume afl. anual - BRUNE	-	-
Er - sedimentos retidos no reservatório (%) - BRUNE	-	-
IS - Índice de sedimentação - CHURCHILL	5,01E+06	1,83E+06

Dados	Volume no NA máx. normal	Volume na soleira da tomada d'água
ISg - gravidade - CHURCHILL	4,91E+07	1,79E+07
Er - Sedimentos retidos no reservatório (%) - CHURCHILL	62,88	51,31
Sedimentos retidos no reservatório (m ³ /ano)	39.830	32.499
Tempo de Assoreamento (anos)	236	147

A metodologia empregada nos cálculos é excessivamente conservadora. Estudos hidráulicos mostram que a capacidade de retenção de sedimentos vai diminuindo com o tempo, na medida em que seu volume vai sendo comprometido com o sedimento depositado. Antes que o reservatório seja completamente tomado de sedimento, é estabelecido um regime de equilíbrio no qual não mais ocorre deposição, sendo todo o volume de sedimento afluyente transferido para jusante.

Durante a fase operacional do empreendimento será realizado periodicamente o monitoramento do avanço do volume depositado no pé do barramento e na entrada do canal. Quando necessário, deverão ser realizadas intervenções para retirada do sedimento acumulado.

7. ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

Neste capítulo são apresentados os estudos e os resultados dos levantamentos de campo (viagens de reconhecimento e investigações diretas), no que se refere à Geologia e Geotecnia, com objetivo de subsidiar o desenvolvimento do Projeto Básico da PCH SU-93. A numeração adotada para identificação do sítio do barramento significa a distância entre o eixo e a foz do rio Sauê-Uiná.

Os estudos regionais permitiram o reconhecimento dos aspectos geológicos e geomorfológicos da bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná, enquanto os estudos locais permitiram a definição das características das fundações para implantação das obras de terra e das estruturas de concreto, componentes do arranjo geral da futura usina.

7.1. Introdução

Para caracterização da área dos estudos foi realizada uma extensa pesquisa bibliográfica, com o intuito de obter a maior quantidade possível de dados técnicos, que compreendem mapas temáticos, cartas topográficas e imagens de satélite. Essa coletânea de informações técnicas permitiu a compreensão das características regionais da bacia no tocante à geologia, geomorfologia, ocorrência de recursos minerais, sismicidade regional e outros aspectos de interesse dos estudos ora apresentados.

Também foi realizado um levantamento geológico-geotécnico a partir de consultas aos arquivos e bibliotecas dos principais órgãos públicos da área de geologia e geomorfologia, em especial a Agência Nacional de Mineração – ANM (antigo DNPM), Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais – CPRM (Serviço Geológico do Brasil) e Projeto RADAMBRASIL.

Os estudos no sítio da PCH Sauê-Uiná consistiram no levantamento em campo de informações geológico-geotécnicas, com o objetivo de identificar e caracterizar os solos e o maciço rochoso.

As análises dos dados pesquisados, as interpretações das investigações em campo e os mapeamentos de superfície permitiram a caracterização da geologia regional e local na área prevista para implantação da PCH, bem como as características geológico-geotécnicas das fundações para as obras de terra e estruturas de concreto.

Com base nos dados obtidos foram produzidos os mapas geológico e geomorfológico regionais, as seções geológico-geotécnicas pelas fundações das principais estruturas e os demais documentos relativos às escavações e tratamentos de fundação.

A bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná está localizada na porção oeste do estado do Mato Grosso, situando-se, aproximadamente, entre os paralelos 12° e 14° Sul e entre os meridianos 58° e 59° Oeste.

Está localizada entre os municípios de Campos de Júlio e Sapezal, estando mais próximo deste último, sendo cortada pela rodovia federal BR-364, uma das principais vias de ligação do estado, em seu trecho alto.

A bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná limita-se ao norte com a bacia hidrográfica do rio Papagaio, do qual é afluente. Ao Sul está limitada pela bacia hidrográfica do rio Buriti. Ao Leste é limítrofe com a bacia hidrográfica do rio Buriti (trecho alto) e com a bacia hidrográfica do rio Papagaio (trecho baixo). A oeste limita-se com a bacia hidrográfica do rio Juruena.

O rio Sauê-Uiná pertence à bacia hidrográfica do rio Amazonas, bacia 1, sub-bacia 17, “*área de drenagem do rio Amazonas, compreendida entre a confluência do rio Trombetas, exclusive, e a confluência com o rio Tapajós, inclusive*”, de acordo com a classificação usual utilizada no Setor Elétrico Brasileiro (Inventário – Estações Fluviométricas, ANEEL, 2001).

Seu curso desenvolve-se no eixo sul-norte, com pequeno desvio para a direção Noroeste. Apresenta-se predominantemente com forma alongada em todo o seu percurso.

O rio Sauê-Uiná nasce em uma altitude próxima da cota 570 m, na Chapada dos Parecis, e deságua no rio Papagaio em uma altitude próxima da cota 250 m. Seu curso tem extensão total de aproximadamente 260 km e pela margem direita o seu principal afluente é o rio do Calor com uma extensão aproximada de 120 km. Pela margem esquerda o principal afluente é o Córrego Sapezal com aproximadamente 65 km de extensão. Os demais afluentes constituem pequenas drenagens e totalizam aproximadamente 80 km de extensão.

As terras da bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná pertencem ao município de Sapezal e são utilizadas predominante para plantações mecanizadas de elevado nível tecnológico (principalmente soja, milho e cana-de-açúcar).

7.2. Geologia regional

O rio Sauê-Uiná nasce nos limites da Chapada do Parecis e corre no sentido geral sul-norte, por aproximadamente 260 km, até sua foz, na margem esquerda do rio Papagaio. Sua bacia tem forma predominantemente alongada e uma área de drenagem de aproximadamente 3.400 km², em região de domínio do Planalto dos Parecis.

Do ponto de vista geológico a área da bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná é dividida em três unidades: Formação Salto das Nuvens e Formação Utiriti, pertencentes ao Grupo Parecis de idade Cretácea; e Cobertura Detrito Laterítica de idade Terciário-Quaternária, conforme descrição das unidades apresentadas na Figura 7-1.

A região em que a bacia do rio Sauê-Uiná está inserida é constituída predominantemente por rochas sedimentares caracterizadas como arenitos de alta porosidade e boa permeabilidade. Essas rochas constituem aquíferos de elevada capacidade de armazenamento, que tornam as vazões dos cursos d'água bastante regulares ao longo do ciclo anual.

A característica fundamental dos arenitos da região, do ponto de vista hidrogeológico, é que constituem aquífero em exsudação permanente. Este comportamento exerce um processo natural de regularização das vazões das drenagens, reduzindo os picos na época de chuvas e aumentando as descargas do rio no período de estiagem. Em muitas das sub-bacias dessa área as vazões mínimas correspondem a cerca de 90% da média de longo período.

Tabela 7-1: Coluna Estratigráfica Regional (CPRM 2004)

ERA	UNIDADE GEOLÓGICA		SIMB.	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA
QUATERNÁRIO	Cobertura Detrito-Laterítica		TQdl	Areias, siltes, argilas e cascalhos com concreções limoníticas.
CRETÁCEO	Grupo Parecis	Formação Utiariti	K2ut	Arenitos ortoquartzitos parcialmente feldspáticos, cores variegadas, granulação fina a média com seixos esparsos, maciços e localmente silicificados
		Formação Salto das Nuvens	K2sn	Seção Média e Topo: intercalações de conglomerados petromíticos, matriz arcoseana, arcóseos e arenitos feldspáticos, com estratificação cruzada de grande porte em forma de cunha, presença de bolas de argila, diques de areias e conglomerados oligomíticos com seixos de quartzo, sílex e arenitos. Seção Basal: conglomerados petromíticos, matriz arcoseana, intercalados com arcóseos, argilitos e trapes basálticos

a) Grupo Parecis (Fm Salto das Nuvens K2sn e Fm Utiariti K2ut)

O Grupo Parecis é caracterizado por arenitos avermelhados ou amarelados, que ocorrem no planalto homônimo e regiões circunvizinhas, excetuando a fácies de origem eólica e considerada como Formação Botucatu.

O litotipo predominante é arenito maciço de coloração esbranquiçada, róseo-avermelhada, arroxeadada ou amarelada; granulação fina a média, por vezes grosseira, classificação boa e grãos arredondados de composição quartzo feldspática. O cimento, em geral, é constituído por óxidos de ferro e sílica ou acha-se caulinizado.

Exibe níveis conglomeráticos locais e lentes de argilitos e ou siltitos de cores arroxeadas. Eventualmente, nos estratos basais da unidade, ocorre conglomerado com matriz abundante, bem estratificado, intercalado com níveis de arenitos brancos ou rosados, friáveis, regularmente selecionados, com grãos arredondados de boa esfericidade e fracamente feldspáticos.

O Grupo Parecis é constituído por dois membros: um inferior denominado Formação Salto das Nuvens e um superior denominado Formação Utiariti.

Esta unidade ocupa grande área da região do rio Sauê-Uiná, se estendendo para o estado de Mato Grosso a partir da margem esquerda do rio Araguaia. Constitui a porção basal da litologia presente na área estudada.

b) Formação Salto das Nuvens K2sn

Membro inferior do Grupo Parecis, a Formação Salto das Nuvens apresenta arenito médio a fino, quase sem matriz, coloração cinza-avermelhada ou esbranquiçada e estratificações eólicas de dimensões decimétricas. A fração fina é predominante com grãos quartzosos bem arredondados e bem selecionados.

c) Formação Utiariti K2ut

Membro superior do Grupo Parecis, a Formação Utiariti é constituída por arenito rosa a vermelho, muito maduro, com grãos de quartzo de tamanho médio, bem arredondados e contato flutuante. A matriz é constituída por areia quartzosa fina e argila. Pode apresentar estratificações eólicas de dimensões decimétricas.

d) Cobertura Detrito-Laterítica

A Cobertura Detrito-Laterítica é formada por areias, siltes, argilas de cores variadas, concreções limoníticas (espessas lateritas ferruginosas concrecionárias) e solos ferruginosos sobre as rochas do Grupo Parecis.

7.3. Arcabouço Geotectônico do Noroeste do Mato Grosso

O contexto geotectônico da área estudada, a partir do ciclo Brasileiro, é caracterizado pelo transporte tectônico da Faixa Paraguai (Almeida, 1964) sobre o Sul-Sudeste do Cráton Amazônico, evidenciado por falhas de empurrão e dobra em “Chevron”, com vergência e aumentando da amplitude das dobras em direção ao cráton localizado a norte-nordeste (Weska e Sviseron, 2001).

Almeida (1983, 1986) definiu a Reativação Wealdeniana como o conjunto de processos tectônicos, magmáticos, sedimentares e morfológicos que incidiram na área continental brasileira com reflexos da abertura do Atlântico e da deriva entre América do Sul e África, caracterizando-a em quatro estágios, pré-rift, rift, oceanização e cratonização, que originaram vários sistemas de grábens e horstes, associados a arcos. No estado do Mato Grosso, nos domínios do Grupo Parecis, destacam-se os arcos do Alto Xingu e da Serra Formosa.

As regiões que compreendem os principais rios da região estão inseridas num controle estrutural cuja direção é N30°E, mudando para N40°W a jusante, onde a orientação dos lineamentos estruturais segue este padrão. Embora as rochas se apresentem pouco fraturadas, são observadas com nitidez as duas direções principais de fraturamento, coincidentes com os grandes lineamentos regionais, N30°-45°W, N15°-30°E.

As vertentes são retilíneas e longas, terminando junto aos rios e formando pequenas rupturas no relevo, condicionado pela presença dos arenitos da Formação Utiariti, que aflora nas margens. A análise das paleocorrentes deste pacote indica um “trend” bidirecional que varia ente 225° e 340°.

7.4. Geomorfologia Regional

A compartimentação geomorfológica do estado o Mato Grosso ressalta as várias unidades de relevo, cujas feições apresentam filiações genéticas comuns. Seus atributos mais frequentes resultam de peculiaridades internas que permitem distingui-las. Portanto, de acordo com a morfologia e os processos genéticos evolutivos dos modelados, foi possível distinguir os vários compartimentos geomorfológicos.

A bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná está inserida na unidade geomorfológica denominada Planalto dos Parecis. Limita-se a oeste com a Depressão do Guaporé; ao sul com as Depressões Cuiabana, do Alto

Paraguai e Interplanáltica de Paranatinga; ao norte com litologias do Complexo Xingu; e ao leste com sedimentos das Bacias do Paraná e Araguaia.

Esta bacia é compartimentada em três subunidades:

- Chapada dos Parecis;
- Planalto Dissecado dos Parecis;
- Planície Fluvial.

a) Chapada dos Parecis

A Chapada dos Parecis (AP1) compõe a subunidade mais elevada, com cotas altimétricas acima da elevação 550 m. Constitui-se, litologicamente, de arenitos do Grupo Parecis, que apresentam acamamento plano-paralelo, caracterizando a homogeneidade do relevo desta subunidade. Nos patamares mais elevados desta subunidade, recobrando parcialmente o Grupo Parecis, encontra-se uma camada de sedimentos finos, associada à material concrecionário, sotoposto a um solo argilo-arenoso, vermelho-escuro, correspondente ao período Terciário – Quaternário. Esta cobertura é responsável pela manutenção do relevo superior essencialmente plano, apresentando-se fracamente entalhada por uma rede de drenagem de padrão subparalelo e unidirecional. Os limites laterais desta subunidade são demarcados por escarpas erosivas contínuas, resultantes da fusão de diversos anfiteatros, e correspondem à transição da superfície mais alta e conservada, para um nível mais baixo e dissecado, denominado de subunidade do Planalto Dissecado dos Parecis.

b) Planalto Dissecado dos Parecis

O Planalto Dissecado dos Parecis (AP2) constitui a subunidade mais extensa e expressiva do Planalto dos Parecis. Trata-se de um bloco topograficamente intermediário, relativamente homogêneo do ponto de vista altimétrico, com cotas topográficas que apresentam pouca variação (350 a 400 m). A principal característica desta subunidade é sua relativa homogeneidade topográfica, com predominância de formas dissecadas tabulares. Verifica-se que a intensidade de dissecação é determinada, principalmente, pela presença de conjuntos litológicos distintos na região de sua abrangência.

Esta subunidade caracteriza-se como um extenso compartimento elaborado em litologias areníticas do Grupo Parecis, constituído pelas Formações Salto das Nuvens e Utiariti. Apresenta predominantemente relevo plano e vertentes de baixa declividade. Secundariamente, ocorrem as áreas de escarpas abruptas, onde predominam as altas declividades e paredões verticais. As vertentes são retilíneas e longas, terminando junto ao rio Sauê-Uiná, formando pequenas rupturas no relevo, condicionado pela presença dos arenitos da Formação Salto das Nuvens, que afloram nas margens do rio.

c) Planície fluvial

As margens e leitos dos principais rios da região formam planícies fluviais com altitudes inferiores à elevação 300 m e concentram-se nas áreas de inundação. São áreas formadas por sedimentos arenosos inconsolidados, denominadas de Planície Fluvial, com idade Quaternária,

7.5. Recursos minerais

Foi realizada uma pesquisa no website da Agência Nacional de Mineração (ANM) em julho de 2021, para identificar a presença e as principais características dos processos minerários na área da bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná.

No total foram identificados quatro processos minerários na área da bacia hidrográfica. A Figura 7-2 apresenta a disposição espacial dos processos minerários identificados. A Tabela 7-2 lista as informações básicas de cada processo.

O tipo e a validade dos títulos minerários variam devido à aprovação ou não das etapas aos quais os títulos estão sujeitos. Portanto, essa pesquisa deverá ser refeita na época de implantação do empreendimento.



Figura 7-2: Títulos minerários na bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná

Tabela 7-2: Processos minerários em ativos na bacia (Fonte: ANM/SIGMINE)

Ano	Processo	Área (ha)	Fase	Titular	Substância	Último Evento	Data Último Evento
2017	867129	40,63	Licenciamento	Paulo Ricardo Fenner	Cascalho (brita)	Licenciamento autorizado	08/03/2019
2013	867040	49,39	Licenciamento	Paulo Ricardo Fenner	Cascalho (brita)	Licença ambiental protocolizada	22/11/2017
2013	867039	48,47	Licenciamento	Paulo Ricardo Fenner	Cascalho (brita)	Licença ambiental protocolizada	22/11/2017
2018	866356	5,00	Registro de Extração	Prefeitura Municipal de Sapezal	Cascalho (brita)	Registro de extração validado por 03 anos	04/10/2018

7.6. Sismicidade natural e induzida

Eventos sísmicos recentes foram registrados no contorno das estruturas que delineiam o cinturão Paraguai-Uruguai, constituído por uma faixa de dobramentos relacionados ao Ciclo Tectônico Brasileiro e que contorna a Plataforma Amazônica.

Na área estudada não são esperados sismos de grande intensidade, visto que as bordas de placas tectônicas se encontram localizadas a grandes distâncias da bacia hidrográfica em questão.

Nas regiões internas das placas tectônicas é bastante difícil relacionar a sismicidade natural e a sua geotectônica devido ao baixo índice da atividade sísmica ali identificada.

Na interpretação da sismicidade das regiões interiores das placas tectônicas são considerados os seguintes aspectos:

- Alívios de tensões responsáveis pelos sismos devem estar relacionados às descontinuidades e outras feições geológicas;
- Descontinuidades representadas por grandes falhas;
- Tensões atuantes numa crosta anisotrópica devem estar redistribuídas com maior intensidade nas zonas de fraqueza crustal;
- Tensões primárias devem estar vinculadas ao movimento das placas tectônicas litosféricas.

De modo geral, pode-se dizer que os sismos registrados em território brasileiro são gerados por uma acomodação de antigas estruturas do embasamento, que constituem cicatrizes dos diversos processos tectônicos acontecidos ao longo do tempo geológico.

A Figura 7-3 indica os sismos de ocorrência no Brasil, conforme registrado na Rede Sismográfica Brasileira (RSBR – www.rsbr.gov.br), bem como os sismos históricos.

Embora facilmente identificáveis por instrumentos específicos, a constatação dos danos em superfície torna-se difícil, sobretudo pela energia extremamente dissipada, incapaz de produzir efeitos passíveis de mensuração e evidentemente desprezíveis no que concerne às estruturas de barragens.

Sismos induzidos foram constatados por monitoramento sismológico em vários reservatórios de usinas hidrelétricas de grande porte. Tais eventos resultam de energia liberada pela acomodação das estruturas de superfície, quando submetidas ao repentino acréscimo de peso promovido pela formação de reservatórios.

A intensidade desses eventos é baixa, raramente atingindo valores de intensidade 3 e, tendo em conta as pequenas dimensões dos lagos formados pelas usinas, esses sismos induzidos não devem ser esperados.

No entanto, tem sido praxe nos projetos de grandes barragens brasileiras a adoção do valor de 0,005 g (para $g = 9,81 \text{ m/s}^2$) como parâmetro sísmico de segurança.

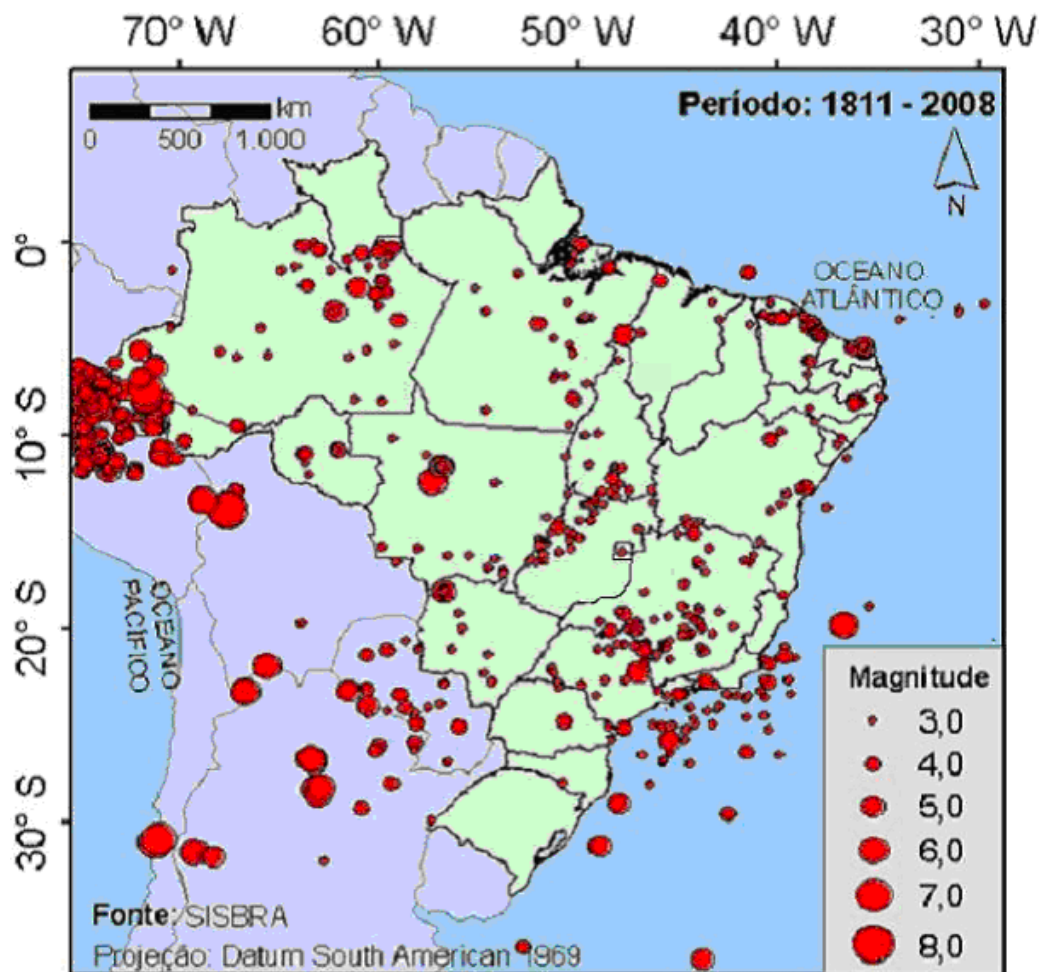


Figura 7-3: Mapa de localização de sismos em território brasileiro

7.7. Estanqueidade do reservatório

Pelos resultados das sondagens não foi constatada a presença de descontinuidades e outras estruturas geológicas que pudessem indicar a presença de cavidades no maciço rochoso, nem mesmo corpos de sedimentos de cobertura com permeabilidade alta, tais como terraços aluviais. Além disso os resultados dos ensaios de infiltração nas sondagens mostraram permeabilidades modestas para os arenitos locais.

No entanto, como as sondagens foram concentradas no sítio do barramento recomenda-se complementar essa avaliação durante a etapa final de projeto.

7.8. Estabilidade das encostas

Foi realizada uma avaliação integrada da área do entorno do reservatório, com o intuito de avaliar a estabilidade das encostas naturais mais imediatas ao mesmo.

A avaliação foi feita com base nas considerações regionais descritas nos capítulos anteriores, complementada pela interpretação de fotos aéreas, imagens de satélite e observações "in loco", tomadas durante a etapa de campo dos estudos desenvolvidos. Foram consideradas as feições do relevo, as características do solo, a ocupação e uso atual da área.

Em geral as encostas apresentam declividades baixas, ocorrendo pontualmente alguns locais com maior declividade que podem gerar alguma instabilidade localizada de pequeno volume.

7.9. Geologia local

A geologia local foi definida tomando por base as visitas ao campo e as campanhas de investigações geológico-geotécnicas realizadas na área estudada.

Cabe ressaltar que, de modo geral, não ocorrem afloramentos de rocha às margens do rio Sauê-Uiná, com exceção de algumas corredeiras localizadas.

Os estudos foram conduzidos por meio de trabalhos de campo e de escritório, realizados em etapas distintas e voltados para a identificação e compreensão dos aspectos geológico-geotécnicos de interesse no sítio estudado.

O sítio SU-93 apresenta como singularidade um forte controle estrutural em duas direções praticamente perpendiculares entre si, como pode ser visto na Figura 7-4. Os lineamentos estruturais identificados forçaram o rio a correr em duas direções distintas, uma principal N20°W e outra aproximadamente N70°E.

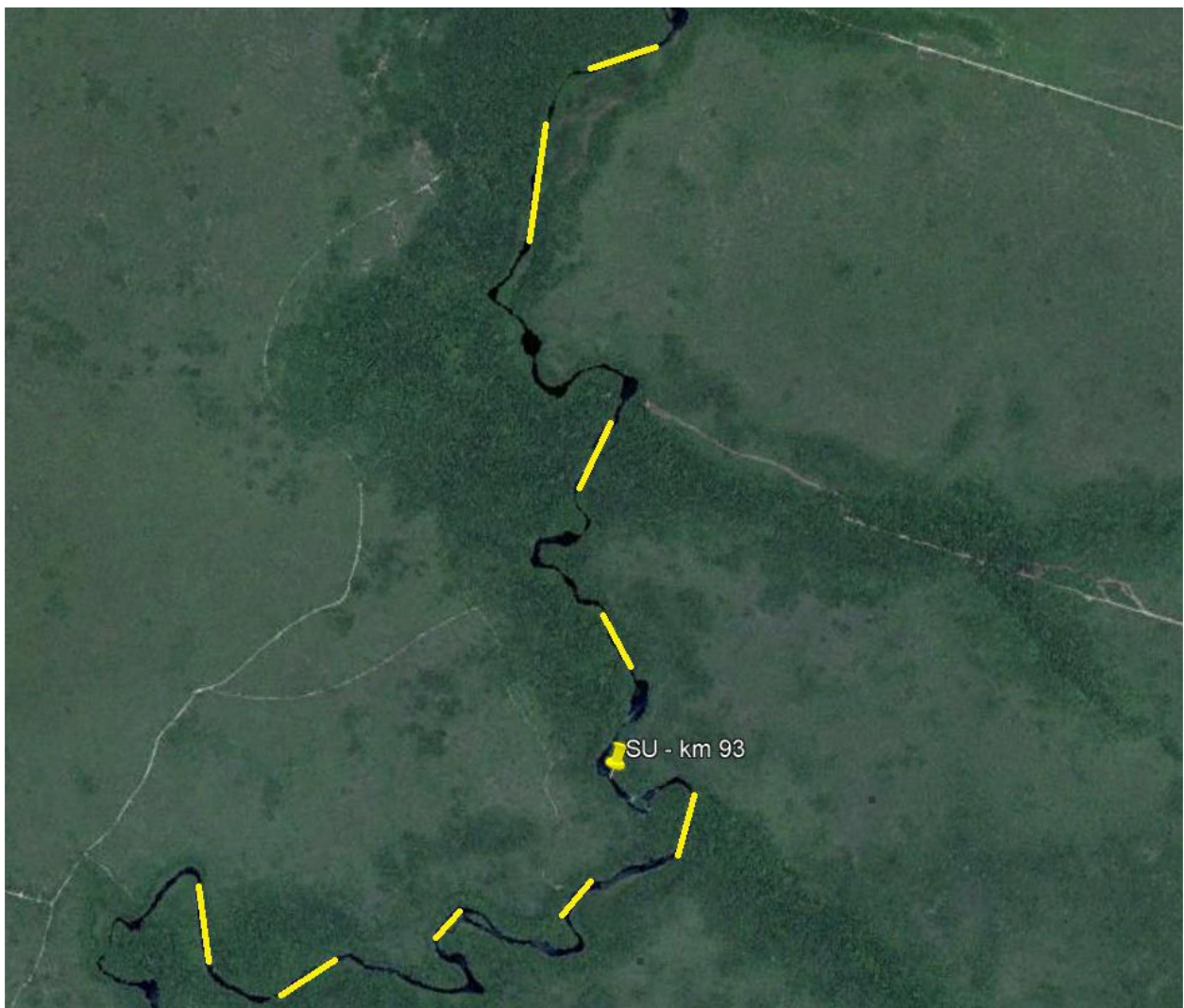


Figura 7-4: Visão geral do sítio SU-93

A litologia no sítio do barramento é constituída por arenitos das Formações Utiariti e Salto das Nuvens. Tais rochas, quando intemperizadas, geram solos arenosos predominantemente finos de cor cinza escura, superficialmente.

A espessura dos solos varia entre 2 e 10 metros e a permeabilidade se mostra média a baixa.

Os arenitos são geralmente finos e friáveis, tanto que as recuperações de testemunhos são baixas. No entanto a capacidade de suporte é suficiente para as estruturas dos empreendimentos em vista, desde que confinados para evitar erosões.

As ombreiras possuem inclinação relativamente suave e exibem algum grau de simetria. Em todo o sítio SU-93 não há afloramentos rochosos no leito do rio e nem tampouco em suas margens.

7.9.1. Investigações geológico-geotécnicas

As sondagens e ensaios in situ foram executados pela empresa NACON Sondagens (Relatório NE062/21_rev00) entre os meses de abril e maio de 2021.

Para os estudos foram executadas 07 sondagens mistas com 58,83m; 09 sondagens à percussão com 86,56 m; e 07 ensaios de infiltração.

Estas investigações caracterizaram a presença de arenitos finos de coloração variável entre rosa avermelhado e tons de bege a marrom, medianamente a pouco permeáveis e medianamente a pouco fraturados. O maciço rochoso de arenito subjacente apresenta-se extremamente friável, com índices de coerência C4 e recuperação muito baixa, mesmo em profundidade.

Os solos residuais são constituídos por areia fina a média, siltosa e apresenta índices de SPT variando de 3 a >30 golpes/30 cm finais de penetração, mostrando um solo com grande variação de resistência, passando de fofo a compacto.

Nas sondagens mistas executadas foi encontrado arenito fino/médio, pouco coeso e com porcentagem de recuperação abaixo de 25%. Nestas condições, deve-se direcionar atenção especial ao sistema de controle de percolação pela fundação com a drenagem interna da barragem e eventualmente soluções de proteção no pé das estruturas a fim de evitar gradientes hidráulicos elevados no pé das estruturas de concreto componentes do barramento.

7.10. Disponibilidade dos materiais naturais de construção

a) Material terroso

Foram observados depósitos de solo coluvionar e de alteração na região, com características predominantemente areno-siltosas, contendo porcentagens variadas de silte e areia. As quantidades necessárias a serem utilizadas no empreendimento serão obtidas das escavações obrigatórias e de eventuais áreas de empréstimo a serem pesquisadas nos sítios dos empreendimentos.

b) Material granular

Depósitos aluvionares constituídos de material arenoso são comuns na região devido principalmente à composição das rochas por onde o rio passa. Depósitos aluvionares de areia e cascalho podem ser encontrados ao longo do rio, porém os volumes disponíveis deverão ser mais bem avaliados para a utilização nas obras. Nesse caso, poderão ser obtidos materiais artificiais em cidades próximas, como Sapezal.

c) Material pétreo

O material pétreo a ser obtido das escavações obrigatórias provavelmente não poderá ser utilizado como enrocamento de proteção dos taludes de escavação, devido às características do maciço rochoso a ser escavado. Caso não sejam obtidos blocos íntegros suficientes, os enrocamentos para lançamento das ensecadeiras deverão ser obtidos de pedreiras próximas.

7.11. Balanço de materiais simplificado

Para o balanço de materiais, devem ser considerados alguns aspectos e fenômenos que ocorrem com solos e rochas quando estes são escavados e transportados.

Solos, quando escavados, perdem a compactação natural oriunda de seu próprio processo de formação. Esse processo de expansão volumétrica é chamado de empolamento, processo que pode ser bastante considerável em alguns casos. Já o processo contrário, que acontece quando o solo é aplicado no aterro da barragem, é chamado de contração. Com isso, após o desmonte, o solo assume um volume maior do que aquele em que se encontrava em seu estado natural e após aplicação na barragem, o volume assumido é menor do que o volume escavado.

Para este estudo, foi considerado um grau de empolamento de 5%, ou 1,05 entre a escavação e o aterro de bota-espera. Já o fator de conversão para utilização do volume de aterro do bota-espera para aplicação na barragem é de 0,8, pois o grau de compactação do aterro da barragem é superior ao do aterro de bota-espera. Estes valores são apresentados na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** já com as perdas contabilizadas.

Ressalta-se que o material aproveitável das escavações obrigatórias só poderá ser utilizado nos espaldares da barragem de terra, não sendo adequados para a zona interna de vedação. Esta, por sua vez, deverá ser composta por material argiloso proveniente das áreas de empréstimo já comentadas nesta Seção.

O material rochoso obtido nas escavações obrigatórias provavelmente não servirá para utilização nas ensecadeiras, pois não deverão ser obtidos blocos íntegros com diâmetros suficientes para lançamento das ensecadeiras. Portanto, todo o material a ser utilizado nas ensecadeiras de primeira e segunda fase deverão ser obtidos de pedreiras ativas na região. O fator de empolamento até o bota-fora considerado foi de 20%

Areia e brita para concreto deverão ser extraídas de pedreiras próximas.

Tabela 7-3: Balanço de materiais com graus de empolamento de solo e compactação de rocha

ESCAVAÇÃO SOLO		
Escavação em solo arenoso (m³)	Grau de Empolamento (m³)	Volume Disponível Bota-Espera (m³)
225.230	1,05	236.490
ROCHA		
Escavação em rocha (m³)	Grau de Empolamento (m³)	Volume Disponível Bota-Espera (m³)
27.575	1,20	33.090
ATERROS		
Aterro em Solo Arenoso (m³)	Grau de Empolamento (m³)	Volume Necessário Bota-Espera (m³)
113.145	1,30	147.090
Aterro Solo Argiloso na Seção da Ensecadeira e da Barragem (m³)	Grau de Empolamento (m³)	Volume Necessário (m³)
84.295	1,25	105.370
Aterro Rocha na Seção da Ensecadeira e da Barragem (m³)	Grau de Empolamento	Volume final aterro rocha que poderá ser utilizado das escavações obrigatórias (m³)

2.925	1,05	3.070
BALANÇO DE MATERIAIS		
Volume total Bota-Fora (solo + rocha) (m ³)	Volume resultante Solo argiloso proveniente de jazida (m ³)	Volume resultante Rocha proveniente de pedreira (m ³)
89.400	-105.370	-3.070
Obs. Se positivo, vai para área de bota-fora, se negativo, vem das Áreas de Empréstimo/Pedreiras.		

Como pode ser observado, após a aplicação de todos os parâmetros já citados, o volume de solo arenoso produzido durante as escavações obrigatórias supera as necessidades para aterro, sendo necessária área de bota-fora para este material. Todo o material rochoso deverá também ser encaminhado para bota-fora. Isto acontece principalmente pela qualidade do material obtido, que não é adequado para aplicação em concreto nem em ensecadeiras. Serão necessários cerca de 105.370 m³ de solo argiloso de área de empréstimo e 3.070 m³ de rocha de pedreira para aplicação nas ensecadeiras.

7.12. Área de bota-fora

Para esta fase dos estudos foram definidas duas áreas de bota-fora, denominadas Bota-Fora 1 e 2. Ambas as áreas se encontram na margem esquerda do rio Sauê. O Bota-Fora 1 encontra-se integralmente dentro dos limites do reservatório. Já o Bota-Fora 2 foi previsto em região próxima ao canal para diminuição das distâncias médias após escavação. O volume de armazenamento totaliza cerca de 99.750 m³, considerando uma espessura de 2,0 m de material.

A Figura 7-5 indica o local das áreas, bem como os volumes de armazenamento.

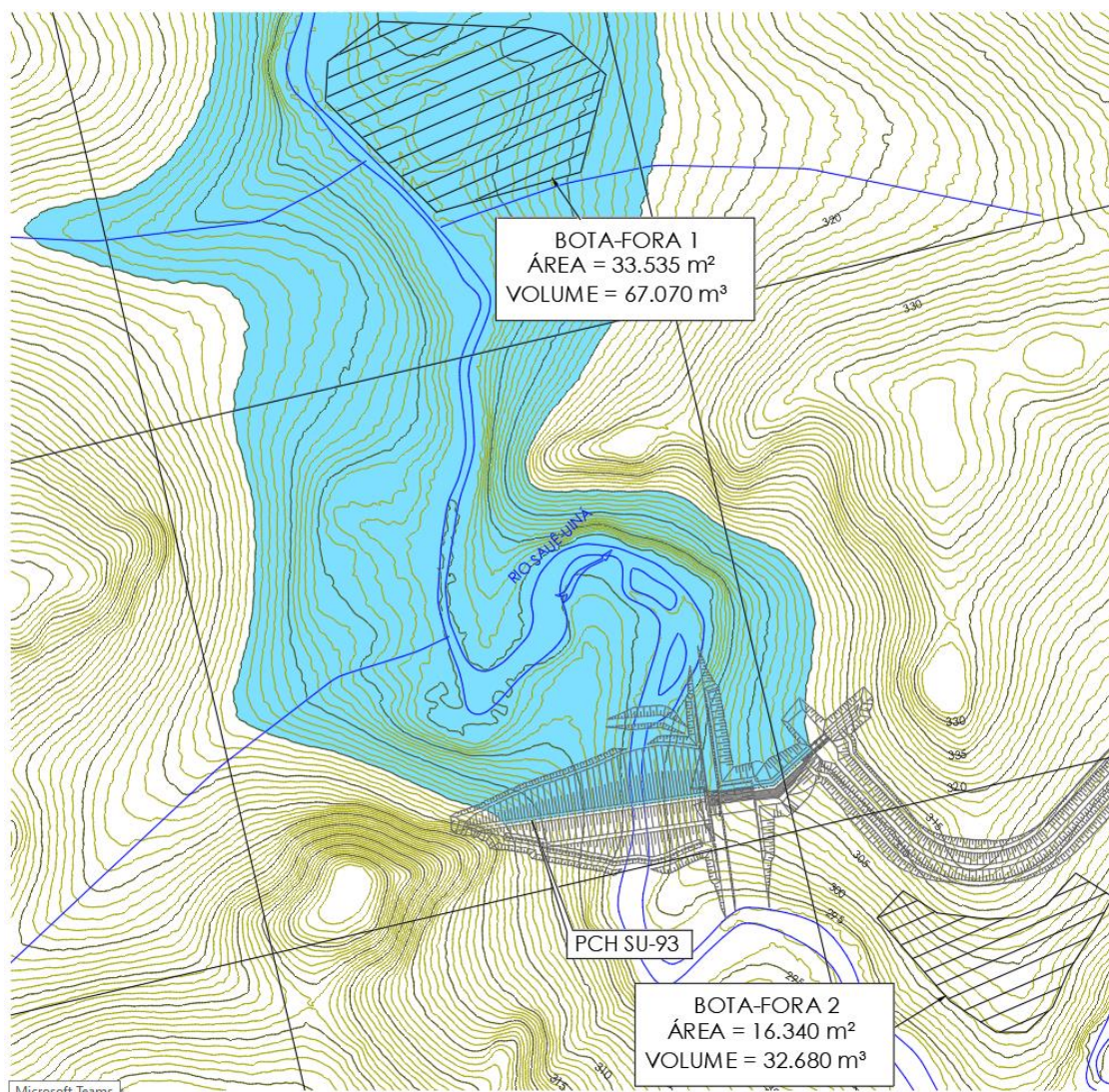


Figura 7-5: Localização, áreas e volumes das áreas de bota-fora da PCH SU-93

7.13. Condições geológico-geotécnicas das fundações

Neste item são descritas as condições de fundações e principais tratamentos previstos nas principais estruturas que compõem o arranjo da usina, que estão divididas entre as duas margens do rio e seu leito. As considerações foram feitas com base nas investigações executadas em profundidade.

7.13.1. Barragem de terra margem direita e leito do rio

Nesta margem a barragem deverá ter comprimento aproximado de 224,0 m, incluindo a zona de encontro com o muro de topo direito.

A barragem deverá ser apoiada sobre maciço com índice de SPT acima de 7 golpes/ 30 cm finais de penetração em todo o trecho da margem direita. Para tal, a escavação da barragem da margem direita deverá ter 3,0 m de profundidade em média, como evidenciado pela sondagem SP-01, SP-02 e SM-03.

Para o lançamento da primeira camada de aterro, a fundação deverá ser limpa e regularizada e eventuais zonas de material fofo deverão ser removidas. Os tratamentos deverão ser complementados com uma cortina de injeção, ao longo do barramento. Caso existam descontinuidades abertas no leito do rio, estas deverão ser preenchidas superficialmente com calda de cimento e as fundações regularizadas com concreto na zona de vedação. Eventualmente poderá ser realizado o adensamento dos furos da cortina de injeção nessas regiões.

7.13.2. Adufas de desvio / Casa de força complementar

Essa estrutura deverá ser posicionada na margem esquerda do rio Sauê e deverá ser assentada em maciço rochoso de arenito com suporte adequado após a regularização final da superfície. Adicionalmente, está prevista escavação do canal de desvio até a cota 291,5 m e da fundação da estrutura de concreto até a cota 291,0 m.

Deverá ser executada regularização, limpeza e jatos de ar e água, remoção de eventuais materiais pouco consistentes, eventuais injeções de consolidação e cortina profunda de injeções. Devido às altas velocidades de fluxo no canal de desvio, todos os taludes deverão ser regularizados com concreto projetado com chumbadores para fixação.

7.13.3. Barragem de concreto

A barragem de concreto deverá ter comprimento de aproximadamente 106,0 m na margem esquerda e está dividida em dois trechos, fazendo a ligação entre o vertedouro e a estrutura de controle, e também o fechamento da ombreira esquerda.

A barragem de concreto deverá se posicionar sobre arenito resistente, com a remoção total do solo coluvionar e solo de alteração sobrejacente, tendo como apoio o maciço rochoso com boa capacidade de suporte.

Para o lançamento da primeira camada de concreto, a fundação deverá ser limpa com jatos de ar e água, regularizada com aplicação de concreto com espessura mínima de 20 cm. Os tratamentos deverão ser complementados com uma cortina de injeção ao longo do barramento.

7.13.4. Vertedouro

Essa estrutura deverá ser posicionada na margem esquerda, com comprimento de 32,0 m. Deverá ser assentada em maciço rochoso de arenito com suporte adequado após a regularização final da superfície. Adicionalmente, está prevista remoção total da camada de solo que se encontra na fundação do vertedouro.

Deverão ser executados tratamentos como regularização, limpeza e jatos de ar e água, remoção de eventuais “bolsões” de arenito pouco consistente, eventuais injeções de consolidação e cortina profunda de injeções.

Os 10,0 m iniciais na região de contato com a estrutura deverão ser protegidos por laje de fundo com 1,0 m de espessura para evitar erosão do maciço no pé da estrutura do vertedouro.

7.13.5. Canal de adução

O canal de adução deverá ter seção típica escavada em solo. A escavação do canal e o perfil geológico-geotécnico são apresentados em desenhos no Volume 2 do Projeto Básico.

O canal deverá ser protegido por geomembrana com camada de geotêxtil para garantir maior resistência à tração do conjunto de revestimento. Previamente à instalação do sistema de revestimento, os taludes deverão ser jateados com ar para retirar o material solto superficial após as escavações.

A ancoragem da geomembrana deverá ser feita em valas escavadas com dimensões de 50 cm x 50 cm e preenchidas com solo cimento ou material granular compactado. Também deverão ser executadas vigas de travamento a cada 200,0 m para fixação e travamento da geomembrana no sentido longitudinal.

A seção do canal muitas vezes será completada por aterro compactado, com taludes 1,0V:1,8H. Nestas regiões o aterro deverá ser apoiado em terreno firme e com ausência de matéria orgânica. Caso sejam encontradas regiões de solo muito fofo, deverá ser prevista a retirada deste material e a recomposição com aterro compactado até as cotas de projeto.

O canal deverá dispor de sistema de drenagem subsuperficial com trincheiras longitudinais e tubulação de drenagem para aliviar a subpressão e garantir a segurança do revestimento do canal em casos de esvaziamento para manutenção. A base do canal deverá ser totalmente regularizada por camada de 15 cm de transição fina (pedrisco), que também desempenha papel fundamental para drenagem da base e condução do fluxo captado para os sistemas de trincheiras nas laterais da base.

7.13.6. Tomada d'água e câmara de carga

Foi prevista escavação até a cota 295,7 m para assentamento da câmara de carga e até a 292,7 para a tomada d'água. Foi previsto enchimento de concreto massa entre essas elevações na tomada d'água a fim de evitar o aumento de altura da referida estrutura. Estas estruturas deverão estar apoiadas em maciço rochoso de arenito, com boas condições de suporte.

O tratamento da fundação das estruturas deverá ser realizado por jateamento de jato de ar e água e limpeza fina manual. Previu-se também a remoção de materiais desagregados e incoerentes, com posterior regularização com concreto.

7.13.6.1. Conduto forçado

Os condutos forçados deverão ser assentados sobre o maciço rochoso de arenito, após a remoção dos blocos e fragmentos superficiais de rocha (caso ocorram) ao longo do traçado do conduto. A superfície para assentamento da tubulação também deverá ser regularizada para colocação dos "berços" e blocos de concreto que servirão de apoio a essa tubulação.

O tratamento deverá ser realizado por meio de jateamento de ar/água e limpeza fina para apoio das estruturas de concreto que compõem este trecho. Caso seja encontrado material pouco resistente e friável abaixo das cotas de fundação dos blocos, este material deverá ser removido e recomposto com concreto massa até a cota de fundação.

Poderão ser necessários tratamentos locais nos taludes permanentes. Este tratamento deverá ser realizado com a aplicação de concreto projetado com fibras e chumbadores de fixação. A drenagem do talude por meio de barbacãs também é indispensável para evitar trincas e estofamentos no concreto. Os taludes em solo deverão ser protegidos por revestimento vegetal.

7.13.6.2. Casa de força e canal de Fuga

A casa de força foi prevista para ser escavada até a cota 275,8 m, devendo seu piso inferior ser assente em maciço rochoso de arenito, após as remoções dos capeamentos de solo que recobrem a fundação da estrutura. Caso seja encontrado material com baixa condição de suporte, este deverá ser removido e recomposto com concreto massa.

Para os taludes permanentes em rocha poderá ser aplicado concreto projetado com fibras, complementado com drenagens por barbacãs e possíveis DHP's se forem encontrados locais de instabilidade.

O canal de fuga será escavado em rocha arenítica, onde será necessária regularização e proteção dos taludes com concreto projetado e drenagens, no trecho abaixo do nível d'água de operação do canal. Nos trechos dos taludes acima do N.A, os taludes deverão ser protegidos com revestimento vegetal, de modo a evitar os efeitos erosivos das águas superficiais. Canaletas de drenagens são previstas nas bermas que compõem os taludes

8. ESTUDOS DE CUSTOS

Para a formulação dos preços unitários das principais obras civis foram utilizados o sistema Sisorh e sua base de dados, e preços praticados em obras similares, coletados junto a empreiteiros e fornecedores especializados.

Para os equipamentos eletromecânicos, obtiveram-se os preços de aquisição a partir de banco de dados próprio, baseado em orçamentos já realizados para instalações e projetos de empreendimentos similares, bem como por consultas informais a fabricantes e fornecedores especializados.

Para as rubricas determinadas por valores globais ou taxas, foram utilizadas as sugestões contidas nos manuais, bem como dados e informações obtidas de obras similares, ou consideradas em estudos de mesma natureza.

A data de referência para os estudos econômicos foi estabelecida como junho de 2021 e a atualização dos preços unitários e globais, quando referenciados a outras datas, foi feita aplicando-se a taxa de variação do IGP-DI, da Fundação Getúlio Vargas, entre as datas de referência consideradas.

Os itens a seguir apresentam os critérios e valores considerados para as rubricas do OPE, aplicáveis aos estudos em tela.

8.1. Obras Civis

Para as rubricas do Plano de Contas do Orçamento Padrão ELETROBRÁS, correspondentes às características peculiares de cada uma das alternativas, foram estabelecidos os custos de implantação das estruturas e sistemas, ora aplicando-se preços unitários, ora globais, em função das características e importância relativa de cada uma delas no preço global do empreendimento.

- **Casa de Força:**
 - **11.12. Benfeitoria na Área da Usina:** Para essa rubrica foi utilizada uma equação proposta pelo Manual de Inventário, em função da potência instalada da usina, com atualização de custos para a data base.
 - **11.13.00.12.10 – Escavação Comum:** Calculado considerando-se 2/3 do volume como escavação em solo e 1/3, como escavação com escarificação. Para a escavação comum, 50% do volume foi considerado com aplicação direta na área de compactação (se necessário) e 50% destinado para áreas de bota-fora.
 - **11.13.00.12.11 Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Calculado considerando-se 90% do volume escavado destinado ao estoque e 10% com aplicação direta nas praças de compactação. Nessa rubrica também foram considerados os serviços de “pré-fissuramento”, em uma área correspondente a 0,05 do volume de rocha escavada.
 - **11.13.00.13 – Tratamento de Fundações:** Este serviço se refere à limpeza de superfície da rocha para fundação. Envolve as operações de retirada da rocha solta e detritos, acerto dos desníveis, drenagem das superfícies, limpeza da área, obturação das falhas e preparo final da superfície com concreto de regularização e de preenchimento das cavidades (espessura média de 0,2 m).
 - **11.13.00.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); à respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e à descarga no silo. Foi considerada a taxa de consumo igual a 350 kg/m³ para concreto convencional, 250kg/m³ para concreto massa e 450kg/m³ para concreto projetado.

- **11.13.00.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e acabamento; tratamento de juntas de construção; aquisição, manuseio, confecção, preparação de forma (incluindo todas as instalações de carpintaria); transporte, montagem e desmontagem (após a cura do concreto) da forma; escoramentos e cimbramentos; controle da qualidade (incluindo os laboratórios para ensaios de concreto; cimento e armadura). Para concreto projetado em taludes foram considerados também os custos de execução de malha de chumbadores 1,5 x 1,5m e 4 metros de comprimento e barbacãs.
- **11.13.00.14.15 – Armadura:** Esta composição abrange todas as composições necessárias para a execução da armação diretamente nas formas: fornecimento, arrumação e manuseio no pátio de armação; preparo na central de armação; transporte, lançamento e fixação das armaduras nas formas. A taxa média de consumo de armadura foi de 75 kg/m³.
- **11.13.00.15. Instalações e Acabamentos:** Para essa rubrica foi utilizada uma equação proposta pelo Manual de Inventário, em função da potência instalada da usina, com atualização de custos para a data base, majorada por um fator para contemplar os custos adicionais com a substituição da superestrutura de concreto por metálica.
- **11.14. Vila dos Operadores:** Não foi considerada qualquer previsão de recursos para essa rubrica, uma vez que a vila dos operadores foi admitida como reaproveitamento parcial do canteiro e acampamento de construção, quantificado na conta. 17.
- **11.27. – Eventuais da conta 11:** Para essa rubrica foi considerado um percentual de 8% do subtotal da conta.
- **Ensecadeiras:**
 - **12.16.22 – Ensecadeiras (serviços considerados em outras contas):** Para as ensecadeiras, as atividades referentes a desmatamento e escavações para preparo do terreno, foram consideradas já contempladas nas demais atividades das diversas estruturas que compõem o aproveitamento.
 - **12.16.22.19 – Ensecadeira de Rocha e Terra:** O preço unitário para esta rubrica foi composto considerando-se as seguintes atividades e percentuais de incidência:

Solo Lançado (40% do volume total): correspondente aos serviços de obtenção; carga e transporte; lançamento/espalhamento de solo, para a vedação das ensecadeiras. Foram considerados 95% do volume desse material proveniente de escavações obrigatórias, e 5%, de áreas de empréstimo.

Para o material proveniente de escavações obrigatórias, os custos de escavação; carga e transporte não foram considerados, uma vez que já incidem nas rubricas escavações comuns.

Enrocamento Lançado (50% do volume total): correspondente aos serviços de obtenção; carga e transporte; lançamento/espalhamento de enrocamento, nas ensecadeiras. Foram considerados 80% do volume do material proveniente de escavações obrigatórias, e 20%, de estoques.

Para o material proveniente de escavações obrigatórias, os custos de escavação; carga e transporte não foram considerados, uma vez que já incidem nas rubricas escavações em rocha.

Transições (10% do volume total): corresponde aos serviços de produção de brita, a partir de rocha no estoque; separação e estoque nos pátios; carga e transporte; lançamento/espalhamento e de compactação desse material nas ensecadeiras.

- **12.16.22.21 – Remoção de Ensecadeiras:** Corresponde aos serviços de escavação, carga, transporte e espalhamento do material escavado, em áreas de bota-fora. Foi considerado que 90% do volume serão de escavação em seco, feita com trator de esteira e carga com pá-carregadeira, e 10% submersa, feita com retroescavadeiras.
- **12.16.22.22 – Esgotamento e Outros Custos:** Para essa rubrica, um percentual de 15% sobre o custo de construção das ensecadeiras.
- **Canal ou Galeria / Adufas de Desvio:**
 - **12.16.24.12.10 – Escavação Comum:** Calculado considerando-se 2/3 do volume como escavação em solo e 1/3, como escavação com escarificação. Para a escavação comum, 20% do volume foi considerado com aplicação direta na área de compactação (se necessário) e 80% destinado para áreas de bota-fora.
 - **12.16.24.12.11 – Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Calculado considerando-se 90% do volume escavado destinado ao estoque e 10% com aplicação direta nas praças de compactação. Nessa rubrica também foram considerados os serviços de “pré-fissuramento”, em uma área correspondente a 0,05 do volume de rocha escavada.
 - **12.16.24.12.13 – Tratamento de Fundações:** Este serviço se refere à limpeza de superfície da rocha para fundação. Envolve as operações de retirada da rocha solta e detritos, acerto dos desníveis, drenagem das superfícies, limpeza da área, obturação das falhas e preparo final da superfície com concreto de regularização e de preenchimento das cavidades (espessura média de 0,2 m). Também foram considerados os custos de execução das cortinas de injeção e de drenagem (1 linha $\Phi=75$ mm, com espaçamento de 3 m e profundidade média de 10 m).
 - **12.16.24.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); à respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e à descarga no silo. Foi considerada a taxa de consumo igual a 350 kg/m³ para concreto convencional, 250kg/m³ para concreto massa e 450kg/m³ para concreto projetado.
 - **12.16.24.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e acabamento; tratamento de juntas de construção; aquisição, manuseio, confecção, preparação de forma (incluindo todas as instalações de carpintaria); transporte, montagem e desmontagem (após a cura do concreto) da forma; escoramentos e cimbramentos; controle da qualidade (incluindo os laboratórios para ensaios de concreto; cimento e armadura).
 - **12.16.24.14.15 – Armadura:** Esta composição abrange todas as composições necessárias para a execução da armação diretamente nas formas: fornecimento, arrumação e manuseio no pátio de armação; preparo na central de armação; transporte, lançamento e fixação das armaduras nas formas. A taxa média de consumo de armadura foi de 60 kg/m³.
- **Barragem de Terra e Enrocamento:**
 - **12.17.25.12.10 – Escavação Comum:** Calculado considerando-se 50% do volume com aplicação direta na área de compactação e 50% em áreas de bota-fora.
 - **12.17.25.13 – Limpeza e Tratamento de Fundação:** Este serviço refere-se à limpeza de camada final em solo para fundação, envolvendo as operações de escavação de material executadas com trator

de esteiras D8 L, auxiliado por um D-6 com 50% de ocupação, a carga deste material e sua retirada para bota-fora. A espessura da camada de limpeza foi considerada de 0,30m. Também foram considerados os custos de execução das cortinas de injeção e de drenagem (1 linha $\Phi=75$ mm, com espaçamento de 3 m e profundidade média de 10 m).

- **12.17.25.24 – Aterro Compactado:** Corresponde aos serviços de obtenção; carga e transporte; lançamento/espalhamento e de compactação de solo, nas barragens. Foi considerado que o volume do material é proveniente de escavações obrigatórias.
- **12.17.25.26 – Núcleo de Argila:** Estão incluídos os serviços: escavações em área de empréstimo; carga e transporte até a área de aplicação; lançamento, espalhamento e compactação; remoção de "borrachudos" ou material que por qualquer motivo não atingiu o grau de compactação especificado e controle tecnológico.
- **12.17.25.29 – Transições / Filtros:** Para as transições, foram considerados os serviços correspondentes à produção de brita, a partir de rocha no estoque; à formação de estoques nos pátios; à carga e ao transporte; ao lançamento/espalhamento e à compactação desse material.

Para os filtros, foram consideradas as atividades referentes à obtenção, beneficiamento e formação de estoques de areia lavada nos pátios e à carga, ao transporte, ao lançamento/espalhamento e à compactação desse material nas barragens.

Na composição do preço unitário, para Transições + Filtros, considerou-se 40% para as transições; 60% para os filtros horizontais e verticais.

- **12.17.25.32.19 – Proteção dos Taludes de Jusante (grama em placa):** Corresponde aos custos de serviços contratados junto a empresas especializadas.
- **12.17.25.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); à respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e à descarga no silo. Foi considerada a taxa de consumo igual a 350 kg/m³ para concreto convencional.
- **12.17.25.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e acabamento; tratamento de juntas de construção. Para concreto projetado em taludes foram considerados também os custos de execução de malha de chumbadores 1,5 x 1,5m e 4 metros de comprimento e barbacãs.
- **12.17.25.17 Outros Custos:** No sentido de prever os dispêndios com os acabamentos e drenagem de pistas, de iluminação, sinalização, etc., foi arbitrada uma verba correspondente a 2% dos custos de implantação das barragens de terra e enrocamento.
- **Barragem de Concreto:**
 - **12.17.26.12.10 – Escavação Comum:** Calculado considerando-se 20% do volume com aplicação direta na área de compactação e 80% em áreas de bota-fora.
 - **12.17.26.12.11 – Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Calculado considerando-se 90% do volume escavado destinado ao estoque e 10% com aplicação direta nas praças de compactação. Nessa rubrica também foram considerados os serviços de "pré-fissuramento", em uma área correspondente a 0,05 do volume de rocha escavada.

- **12.17.26.13 – Limpeza e Tratamento de Fundação:** Este serviço refere-se à limpeza de camada final em solo para fundação, envolvendo as operações de escavação de material executadas com trator de esteiras D8 L, auxiliado por um D-6 com 50% de ocupação, a carga deste material e sua retirada para bota-fora. A espessura da camada de limpeza foi considerada de 0,30 m. Também foram considerados os custos de execução das cortinas de injeção e de drenagem (1 linha $\Phi=75$ mm, com espaçamento de 3 m e profundidade média de 10 m).
- **12.17.26.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); à respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e à descarga no silo. Foi considerada a taxa de consumo igual a 250 kg/m³.
- **12.17.26.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e acabamento; tratamento de juntas de construção; aquisição, manuseio, confecção, transporte, compactação; controle da qualidade.
- **12.17.26.17 Outros Custos:** No sentido de prever os dispêndios com os acabamentos e drenagem de pistas, de iluminação, sinalização, etc., foi arbitrada uma verba correspondente a 2% dos custos de implantação das barragens de concreto compactado a rolo.
- **Transições e Muros de Concreto:**
 - **12.17.27.12.10 – Escavação Comum:** Calculado considerando-se 2/3 do volume como escavação em solo e 1/3, como escavação com escarificação. Para a escavação comum, 50% do volume foi considerado com aplicação direta na área de compactação e 50% destinado para Calculado considerando-se 50% do volume com aplicação direta na área de compactação e 50% em áreas de bota-fora.
 - **12.17.27.12.11 – Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Calculado considerando-se 90% do volume escavado destinado ao estoque e 10% com aplicação direta nas praças de compactação. Nessa rubrica também foram considerados os serviços de “pré-fissuramento”, em uma área correspondente a 0,05 do volume de rocha escavada.
 - **12.17.27.13 – Limpeza e Tratamento de Fundações:** Este serviço se refere à limpeza de superfície da rocha para fundação. Envolve as operações de retirada da rocha solta e detritos, acerto dos desníveis, drenagem das superfícies, limpeza da área, obturação das falhas e preparo final da superfície com concreto de regularização e de preenchimento das cavidades (espessura média de 0,2 m). Também foram considerados os custos de execução das cortinas de injeção e de drenagem (1 linha $\Phi=75$ mm, com espaçamento de 3 m e profundidade média de 10 m).
 - **12.17.27.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); a respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e a descarga no silo. A taxa de consumo considerada foi de 250 kg/m³.
 - **12.17.27.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e

acabamento; tratamento de juntas de construção; aquisição, manuseio, confecção, preparação de forma (incluindo todas as instalações de carpintaria); transporte, montagem e desmontagem (após a cura do concreto) da forma; escoramentos e cimbramentos; controle da qualidade (incluindo os laboratórios para ensaios de concreto; cimento e armadura).

- **12.17.27.17 – Outros Custos:** Previsão de verba correspondente a 2% dos custos de construção dos muros, para acabamentos e drenagem de pistas; iluminação, sinalização, etc.

- **Vertedouro de Superfície:**

- **12.18.28.12.10 – Escavação Comum (vertedouro e bacia de dissipação):** Calculado considerando-se 2/3 do volume como escavação em solo e 1/3, como escavação com escarificação. Para a escavação comum, 50% do volume foi considerado com aplicação direta na área de compactação e 50 % destinado para áreas de bota-fora. Calculado considerando-se 50% do volume com aplicação direta na área de compactação e 50% em áreas de bota-fora.

- **12.18.28.12.11 – Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Calculado considerando-se 90 % do volume escavado destinado ao estoque e 10% com aplicação direta nas praças de compactação. Nessa rubrica também foram considerados os serviços de “pré-fissuramento”, em uma área correspondente a 0,05 do volume de rocha escavada.

- **12.18.28.13 – Limpeza e Tratamento de Fundações:** Este serviço se refere à limpeza de superfície da rocha para fundação. Envolve as operações de retirada da rocha solta e detritos, acerto dos desníveis, drenagem das superfícies, limpeza da área, obturação das falhas e preparo final da superfície com concreto de regularização e de preenchimento das cavidades (espessura média de 0,2 m). Também foram considerados os custos de execução das cortinas de injeção e de drenagem (1 linha $\Phi=75$ mm, com espaçamento de 3 m e profundidade média de 10 m).

- **12.18.26.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); a respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e a descarga no silo. A taxa de consumo considerada foi de 350 kg/m³ no caso de Concreto Convencional e de 250 kg/m³ no caso de Concreto Massa.

- **12.18.28.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e acabamento; tratamento de juntas de construção; aquisição, manuseio, confecção, preparação de forma (incluindo todas as instalações de carpintaria); transporte, montagem e desmontagem (após a cura do concreto) da forma; escoramentos e cimbramentos; controle da qualidade (incluindo os laboratórios para ensaios de concreto; cimento e armadura).

- **12.18.28.17 – Outros Custos:** Previsão de verba correspondente a 2% dos custos das obras civis do vertedouro, para acabamentos e drenagem de pistas; iluminação, sinalização, etc.

- **Estrutura de Controle:**

- **12.19.30.12.10 – Escavação Comum:** Calculado considerando-se 2/3 do volume como escavação em solo e 1/3, como escavação com escarificação. Para a escavação comum, 20% do volume foi considerado com aplicação direta na área de compactação e 80% em áreas de bota-fora.

- **12.19.30.12.11 – Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Calculado considerando-se 90 % do volume escavado destinado ao estoque e 10% com aplicação direta nas praças de compactação. Nessa

rubrica também foram considerados os serviços de “pré-fissuramento”, em uma área correspondente a 0,05 do volume de rocha escavada.

- **12.19.30.13 – Tratamento de Fundações:** Este serviço se refere à limpeza de superfície da rocha para fundação. Envolve as operações de retirada da rocha solta e detritos, acerto dos desníveis, drenagem das superfícies, limpeza da área, obturação das falhas e preparo final da superfície com concreto de regularização e de preenchimento das cavidades (espessura média de 0,2 m).
- **12.19.30.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); à respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e à descarga no silo. Foi considerada a taxa de consumo igual a 350 kg/m³.
- **12.19.30.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e acabamento; tratamento de juntas de construção; aquisição, manuseio, confecção, preparação de forma (incluindo todas as instalações de carpintaria); transporte, montagem e desmontagem (após a cura do concreto) da forma; escoramentos e cimbramentos; controle da qualidade (incluindo os laboratórios para ensaios de concreto; cimento e armadura).
- **12.19.30.14.15 – Armadura:** Esta composição abrange todas as composições necessárias para a execução da armação diretamente nas formas: fornecimento, arrumação e manuseio no pátio de armação; preparo na central de armação; transporte, lançamento e fixação das armaduras nas formas. A taxa média de consumo de armadura foi de 75 kg/m³.
- **Canal de Adução:**
 - **12.19.31.12.10 – Escavação Comum:** Calculado considerando-se 2/3 do volume como escavação em solo e 1/3, como escavação com escarificação. Para a escavação comum, 20% do volume foi considerado com aplicação direta na área de compactação e 80% em áreas de bota-fora.
 - **12.19.31.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); à respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e à descarga no silo. Foi considerada a taxa de consumo igual a 350 kg/m³.
 - **12.19.31.14.14 – Concreto sem cimento:** Referente às vigas de ancoragem do revestimento em geomembrana PEAD do canal de adução. Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e acabamento; tratamento de juntas de construção; aquisição, manuseio, confecção, preparação de forma (incluindo todas as instalações de carpintaria); transporte, montagem e desmontagem (após a cura do concreto) da forma; controle da qualidade (incluindo os laboratórios para ensaios de concreto; cimento e armadura).
 - **12.19.31.14.15 – Armadura:** Esta composição abrange todas as composições necessárias para a execução da armação diretamente nas formas: fornecimento, arrumação e manuseio no pátio de armação; preparo na central de armação; transporte, lançamento e fixação das armaduras nas formas. A taxa média de consumo de armadura foi de 60 kg/m³.

- **12.19.31.32.20 – Revestimento em Geomembrana PEAD:** Esta composição abrange os custos de aquisição de geomembrana de PEAD com espessura de 1,5mm e ambas as faces lisas, bem como os serviços relativos à descarga, estoque, instalação e controle de qualidade.
- **12.19.31.32.21 – Revestimento em Geotêxtil:** Esta composição abrange os custos de aquisição de geotêxtil não tecido RT-16 para aplicação sob a geomembrana de PEAD e RT-10 para aplicação nas trincheiras da drenagem subsuperficial, bem como os serviços relativos à descarga, estoque, instalação e controle de qualidade.
- **12.19.31.13.22 – Transições / Filtros:** Para as transições, foram considerados os serviços correspondentes à produção de brita, a partir de rocha no estoque; à formação de estoques nos pátios; à carga e ao transporte; ao lançamento/espalhamento e à compactação desse material.

Para os filtros, foram consideradas as atividades referentes à obtenção, beneficiamento e formação de estoques de areia lavada nos pátios e à carga, ao transporte, ao lançamento/espalhamento e à compactação desse material nas barragens.
- **12.19.31.32.23 – Tubulação de Drenagem PEAD:** Esta composição abrange os custos de aquisição de tubulação de PEAD corrugada perfurada para drenagem com diâmetro de 250mm e conexões, bem como os serviços relativos à descarga, estoque, instalação e controle de qualidade.
- **Câmara de Carga e Tomada d'Água:**
 - **12.19.30.12.10 – Escavação Comum:** Calculado considerando-se 2/3 do volume como escavação em solo e 1/3, como escavação com escarificação. Para a escavação comum, 20% do volume foi considerado com aplicação direta na área de compactação e 80% em áreas de bota-fora.
 - **12.19.30.12.11 – Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Calculado considerando-se 90 % do volume escavado destinado ao estoque e 10% com aplicação direta nas praças de compactação. Nessa rubrica também foram considerados os serviços de “pré-fissuramento”, em uma área correspondente a 0,05 do volume de rocha escavada.
 - **12.19.30.13 – Tratamento de Fundações:** Este serviço se refere à limpeza de superfície da rocha para fundação. Envolve as operações de retirada da rocha solta e detritos, acerto dos desníveis, drenagem das superfícies, limpeza da área, obturação das falhas e preparo final da superfície com concreto de regularização e de preenchimento das cavidades (espessura média de 0,2 m).
 - **12.19.30.24 – Aterro Compactado:** Corresponde aos serviços de obtenção; carga e transporte; lançamento/espalhamento e de compactação de solo, nas barragens. Foi considerado que o volume do material é proveniente de escavações obrigatórias.
 - **12.19.30.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); à respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e à descarga no silo. Foi considerada a taxa de consumo igual a 350 kg/m³.
 - **12.19.30.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e acabamento; tratamento de juntas de construção; aquisição, manuseio, confecção, preparação de forma (incluindo todas as instalações de carpintaria); transporte, montagem e desmontagem (após a cura do concreto) da forma; escoramentos e cimbramentos; controle da qualidade (incluindo os laboratórios para ensaios de concreto; cimento e armadura).

- **12.19.30.14.15 – Armadura:** Esta composição abrange todas as composições necessárias para a execução da armação diretamente nas formas: fornecimento, arrumação e manuseio no pátio de armação; preparo na central de armação; transporte, lançamento e fixação das armaduras nas formas. A taxa média de consumo de armadura foi de 60 kg/m³.
- **12.19.31.32.20 – Revestimento em Geomembrana PEAD:** Esta composição abrange os custos de aquisição de geomembrana de PEAD com espessura de 1,5mm e ambas as faces lisas, bem como os serviços relativos à descarga, estoque, instalação e controle de qualidade.
- **12.19.31.32.21 – Revestimento em Geotêxtil:** Esta composição abrange os custos de aquisição de geotêxtil não tecido RT-16 para aplicação sob a geomembrana de PEAD e RT-10 para aplicação nas trincheiras da drenagem subsuperficial, bem como os serviços relativos à descarga, estoque, instalação e controle de qualidade.
- **12.19.31.13.22 – Transições / Filtros:** Para as transições, foram considerados os serviços correspondentes à produção de brita, a partir de rocha no estoque; à formação de estoques nos pátios; à carga e ao transporte; ao lançamento/espalhamento e à compactação desse material.

Para os filtros, foram consideradas as atividades referentes à obtenção, beneficiamento e formação de estoques de areia lavada nos pátios e à carga, ao transporte, ao lançamento/espalhamento e à compactação desse material nas barragens.
- **12.19.31.32.23 – Tubulação de Drenagem PEAD:** Esta composição abrange os custos de aquisição de tubulação de PEAD corrugada perfurada para drenagem com diâmetro de 250mm e conexões, bem como os serviços relativos à descarga, estoque, instalação e controle de qualidade.
- **Conduto Forçado:**
 - **12.19.34.12.10 – Escavação Comum:** Calculado considerando-se 2/3 do volume como escavação em solo e 1/3, como escavação com escarificação. Para a escavação comum, 20% do volume foi considerado com aplicação direta na área de compactação e 80% em áreas de bota-fora.
 - **12.19.34.12.11– Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Calculado considerando-se 90% do volume escavado destinado ao estoque e 10% com aplicação direta nas praças de compactação. Nessa rubrica também foram considerados os serviços de “pré-fissuramento”, em uma área correspondente a 0,05 do volume de rocha escavada.
 - **12.19.34.13 – Tratamento de Fundações:** Este serviço se refere à limpeza de superfície da rocha para fundação. Envolve as operações de retirada da rocha solta e detritos, acerto dos desníveis, drenagem das superfícies, limpeza da área, obturação das falhas e preparo final da superfície com concreto de regularização e de preenchimento das cavidades (espessura média de 0,2 m).
 - **12.19.34.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); à respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e à descarga no silo. Foi considerada a taxa de consumo igual a 350 kg/m³.
 - **12.19.34.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e acabamento; tratamento de juntas de construção; aquisição, manuseio, confecção, preparação de forma (incluindo todas as instalações de carpintaria); transporte, montagem e desmontagem (após

a cura do concreto) da forma; escoramentos e cimbramentos; controle da qualidade (incluindo os laboratórios para ensaios de concreto; cimento e armadura).

- **12.19.34.14.15 – Armadura:** Esta composição abrange todas as composições necessárias para a execução da armação diretamente nas formas: fornecimento, arrumação e manuseio no pátio de armação; preparo na central de armação; transporte, lançamento e fixação das armaduras nas formas. A taxa média de consumo de armadura foi de 50 kg/m³.
- **Canal de Fuga:**
 - **12.19.35.12.10 – Escavação Comum (Canal de Fuga):** Calculado considerando-se 2/3 do volume como escavação em solo e 1/3, como escavação com escarificação. Para a escavação comum, 50% do volume foi considerado com aplicação direta na área de compactação e 50% em áreas de bota-fora.
 - **12.19.35.12.11 – Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Calculado considerando-se 90% do volume escavado destinado ao estoque e 10% com aplicação direta nas praças de compactação. Nessa rubrica não foram considerados serviços de “pré-fissuramento”.
 - **12.19.34.12.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); à respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e à descarga no silo. Foi considerada a taxa de consumo igual a 450 kg/m³.
 - **12.19.34.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento do concreto. Para concreto projetado em taludes foram considerados também os custos de execução de malha de chumbadores 1,5 x 1,5m e 4 metros de comprimento e barbacãs.
 - **12.27.98. Eventuais da Conta. 12 – Obras Civis:** Para essa rubrica foi considerado um percentual igual a 8,0% do subtotal da conta.

A Tabela 8-1 apresenta os resultados dos custos unitários atualizados para a data de referência dos estudos.

Tabela 8-1: Obras Civis – Preços Unitários (junho/2021)

Atividade	Unidade	Preços Unitários (R\$)
Casa de Força		
11.13.00.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
11.13.00.12.11 - Escavação em rocha a céu aberto	m ³	36,00
11.13.00.13 - Limpeza e tratamento de fundação	m ²	115,00
11.13.00.14.13 - Cimento	t	650,00
11.13.00.14.14a - Concreto convencional sem cimento	m ³	630,00
11.13.00.14.14b - Concreto massa sem cimento	m ³	390,00
11.13.00.14.14c - Concreto projetado sem cimento	m ³	3.800,00
11.13.00.14.15 - Armadura	t	9.000,00
Ensecadeiras		
12.16.22.19.10 - Solo lançado	m ³	15,00

Atividade	Unidade	Preços Unitários (R\$)
12.16.22.19.11 - Enrocamento lançado	m ³	100,00
12.16.22.19.12 - Transições e filtros	m ³	100,00
12.16.22.21 - Remoção de enseadeiras	m ³	16,00
Canal ou Galeria / Adufas de Desvio		
12.16.24.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
12.16.24.12.11 - Escavação em rocha a céu aberto	m ³	36,00
12.16.24.13 - Limpeza da fundação	m ²	180,00
12.16.24.14.13 - Cimento	t	650,00
12.16.24.14.14a - Concreto convencional sem cimento	m ³	750,00
12.16.24.14.14b - Concreto massa sem cimento	m ³	390,00
12.16.24.14.14c - Concreto projetado sem cimento	m ³	3.800,00
12.16.24.14.15 - Armadura	t	9.000,00
Barragem de Terra e Enrocamento		
12.17.25.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
12.17.25.13 - Limpeza da fundação	m ²	90,00
12.17.25.24 - Aterro compactado	m ³	18,00
12.17.25.26 - Núcleo de argila	m ³	26,00
12.17.25.29 - Transições e filtros	m ³	100,00
12.17.25.32.19 - Talude em grama	m ²	10,00
12.17.25.14.13 - Cimento	t	650,00
12.17.25.14.14 - Concreto convencional sem cimento	m ³	450,00
Barragem de Concreto		
12.17.26.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
12.17.26.13 - Limpeza da fundação	m ²	250,00
12.17.26.14.13 - Cimento	t	650,00
12.17.26.14.14 - Concreto massa sem cimento	m ³	465,00
Muros de Concreto		
12.17.27.13 - Limpeza da fundação	m ²	145,00
12.17.27.14.13 - Cimento	t	650,00
12.17.27.14.14 - Concreto massa sem cimento	m ³	500,00
Vertedouro		
12.18.28.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
12.18.28.13 - Limpeza da fundação	m ²	200,00
12.17.28.14.13 - Cimento	t	650,00
12.17.28.14.14 - Concreto massa sem cimento	m ³	460,00
Estrutura de Controle		

Atividade	Unidade	Preços Unitários (R\$)
12.19.30.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
12.19.30.12.11 - Escavação em rocha a céu aberto	m ³	36,00
12.19.30.13 - Limpeza da fundação	m ²	220,00
12.19.30.14.13 - Cimento	t	650,00
12.19.30.14.14 - Concreto convencional sem cimento	m ³	810,00
12.19.30.14.15 - Armadura	t	9.000,00
Canal de Adução		
12.19.31.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
12.19.31.24 - Aterro compactado	m ³	12,00
12.19.31.14.13 - Cimento	t	650,00
12.19.31.14.14 - Concreto convencional sem cimento	m ³	450,00
12.19.31.14.15 - Armadura	t	9.000,00
12.19.31.32.20 - Revestimento em geomembrana de PEAD	m ²	35,00
12.19.31.32.21 - Revestimento em geotêxtil	m ²	10,00
12.19.31.32.22 - Transições e filtros	m ³	100,00
12.19.31.32.23 - Tubulação de drenagem em PEAD	m	120,00
Câmara de Carga e Tomada d'Água		
12.19.30.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
12.19.30.12.11 - Escavação em rocha a céu aberto	m ³	36,00
12.19.30.24 - Aterro compactado	m ³	12,00
12.19.30.13 - Limpeza da fundação	m ²	115,00
12.19.30.14.13 - Cimento	t	650,00
12.19.30.14.14 - Concreto convencional sem cimento	m ³	750,00
12.19.30.14.15 - Armadura	t	9.000,00
12.19.30.32.20 - Revestimento em geomembrana de PEAD	m ²	35,00
12.19.30.32.21 - Revestimento em geotêxtil	m ²	10,00
12.19.30.32.22 - Transições e filtros	m ³	100,00
12.19.30.32.23 - Tubulação de drenagem em PEAD	m	120,00
Conduto Forçado		
12.19.34.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
12.19.34.12.11 - Escavação em rocha a céu aberto	m ³	36,00
12.19.34.13 - Limpeza da fundação	m ²	115,00
12.19.34.14.13 - Cimento	t	650,00
12.19.34.14.14 - Concreto convencional sem cimento	m ³	710,00
12.19.34.14.15 - Armadura	t	9.000,00
Canal de Fuga		

Atividade	Unidade	Preços Unitários (R\$)
12.19.35.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
12.19.35.12.11 - Escavação em rocha a céu aberto	m ³	36,00
12.19.35.14.13 - Cimento	t	650,00
12.19.35.14.14 - Concreto projetado sem cimento	m ³	3.800,00

8.2. Equipamentos Eletromecânicos

Nas estimativas de preços dos equipamentos eletromecânicos, principais e auxiliares, foi utilizado banco de dados elaborado a partir de obras similares, complementadas por consultas informais a fabricantes e fornecedores especializados.

O item Equipamentos Diversos da Usina – Conta .15, devido a sua difícil caracterização nesta fase de estudos, foi estimado conforme sugerido pelo Manual de Inventário, como um percentual de 6% dos custos referentes a Turbinas e Geradores.

Relativamente às rubricas referentes a Custos Eventuais de Equipamentos, foram previstos percentuais sobre o valor das respectivas contas.

8.3. Custos Indiretos e Juros Durante a Construção

Para a composição dos Custos Indiretos (conta .17), foram admitidas as seguintes alíquotas:

- Construção do Canteiro e Acampamento..... 3,0% do total das contas .11 a .16
- Engenharia..... 3,0% do total das contas .11 a .16
- Projetos ambientais5,0% do total da conta .10
- Administração do Proprietário 3,5% do total das contas .10 a .16
- Eventuais 8,0% sobre os itens que compõem a conta .17

Para a conta .18: Juros Durante a Construção (JDC) foram considerados os procedimentos propostos pelo Manual de Inventário, estimados a partir do fluxo de despesas previsto no planejamento executivo da obra, para uma taxa de juros de 10% ao ano.

9. DIMENSIONAMENTOS HIDRÁULICOS

Para dar suporte ao detalhamento dos estudos de projeto básico em tela, foram desenvolvidos estudos hidráulicos básicos, de acordo com as diretrizes e critérios de dimensionamento preconizados nas “Diretrizes para Elaboração de Projeto Básico de Usinas Hidrelétricas” e nos “Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas” – MME/Eletróbrás.

Os dimensionamentos hidráulicos foram obtidos das planilhas de dimensionamento das estruturas componentes dos arranjos implantados sobre o modelo digital de terreno, resultante dos levantamentos topográficos.

Foram desenvolvidos estudos hidráulicos para as estruturas de desvio, de extravasão, de adução e de geração, cujos critérios, condições de contorno e rotinas de cálculo adotadas são explicadas detalhadamente nos itens que se seguem.

9.1. Estruturas de Desvio

A partir dos dados e estudos hidrológicos atualizados, o sistema e estruturas de desvio foram concebidos e dimensionados para garantir a passagem de vazões com recorrência de até 25 anos, no ano hidrológico completo.

Para a execução das obras previstas na alternativa de arranjo geral das estruturas foram configuradas duas fases de desvio do rio.

No desvio de primeira fase, as estruturas e áreas em construção serão protegidas por septos do terreno natural (solo remanescente).

Para a continuidade das obras no leito e seus trechos adjacentes, a segunda fase de desvio será caracterizada pela execução de ensecadeiras, montante e jusante, de forma a direcionar o fluxo para as estruturas de desvio. O fluxo, então, será desviado para adufas, incorporadas ao barramento e executadas em concreto armado.

Os itens que se seguem apresentam a metodologia e a rotina de cálculo para o dimensionamento do desvio do rio, considerando as configurações admitidas no arranjo geral das estruturas.

9.1.1. Desvio de Primeira Fase

O dimensionamento do desvio de primeira fase será dividido em três etapas:

1. Determinação das características do regime crítico na saída do canal;
2. Determinação das características do regime natural do rio na saída do canal;
3. Definição do regime do escoamento.

A Figura 9-1 ilustra de forma esquemática a metodologia proposta para o dimensionamento do desvio de primeira etapa.

Sejam os seguintes parâmetros básicos para dimensionamento:

El_s Cota média do fundo do rio na seção imediatamente a jusante do canal;

El_{ec} Cota média do fundo do canal na seção de entrada;

El_{sc} Cota média do fundo do canal na seção de saída;

B_s Largura do rio na seção imediatamente a jusante do canal;

- B_{ec} Largura do canal na seção de entrada;
- B_{sc} Largura do canal na seção de saída;
- L_{cd} Comprimento do canal;
- Q_k Vazão de projeto do desvio para tempo de recorrência de k anos;
- NA_{dcn} Nível de água natural no rio na seção imediatamente a jusante do canal para vazão Q_k ;
- Tipo* Canal com estrangulamento da seção com fundo irregular.

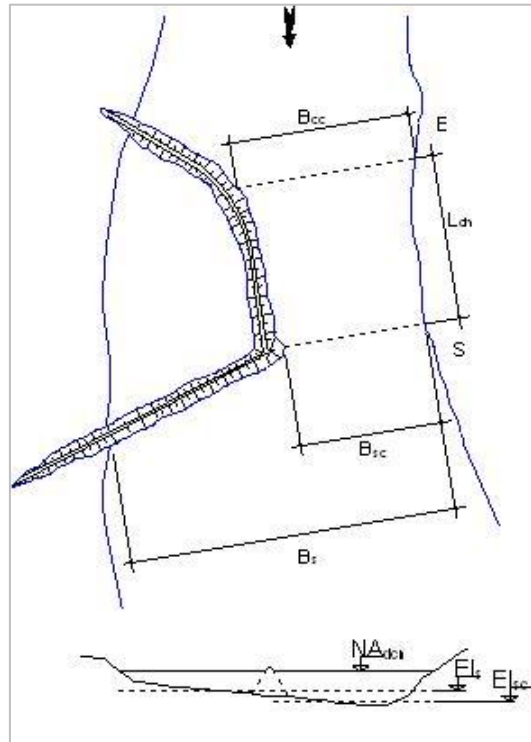


Figura 9-1: Planta e seção transversal típica de canal de desvio

Inicialmente é calculada a profundidade crítica da lâmina d'água na seção de saída do canal (Y_{cs}) por meio da seguinte equação:

$$Y_{cs} = \sqrt[3]{\frac{1}{g} \left(\frac{Q_k}{B_{cs}} \right)^2}$$

Onde:

- Q_k Vazão de projeto do desvio para o tempo de recorrência adequadamente selecionado (25 anos, período total), em m^3/s ;
- B_{cs} Largura do canal na seção de saída, em metros;
- g Aceleração da gravidade, em m/s^2 .

A velocidade crítica na seção de saída do canal (V_{cs}) é dada pela seguinte equação:

$$V_{cs} = \frac{Q_k}{B_{sc} Y_{cs}}$$

Diante disso, pode-se calcular a declividade da linha de energia (i_{cs}), a altura de energia na seção de saída do canal (E_{cs}) e também o nível d'água crítico na seção de saída do canal (NA_{cs}), por meio das seguintes expressões:

$$i_{cs} = 100 \frac{n^2 V_{cs}^2}{Y_{cs}^{4/3}}$$

$$E_{cs} = NA_{cs} + \frac{V_{cs}^2}{2g}$$

$$NA_{cs} = El_{cs} + Y_{cs}$$

Onde:

n Coeficiente de rugosidade que depende do tipo de leito em estudo. Para canal escavado em solo, adota-se 0,025; para canal escavado em rocha, 0,035 e para estrangulamento com fundo irregular, o valor a ser adotado é 0,040;

El_{cs} Cota média do fundo do canal na seção de saída, medida em metros.

Feito isso, serão calculadas a profundidade da lâmina d'água (Y_s), a declividade da linha de energia (i_s) e a altura de energia (E_{dcn}) considerando o regime natural do rio na saída do canal. Para tanto, será utilizada a seguinte formulação:

$$Y_s = NA_{dcn} - El_s$$

$$V_s = \frac{Q_k}{B_s Y_s}$$

$$i_s = 100 \frac{n^2 V_s^2}{Y_s^{4/3}}$$

$$E_{dcn} = NA_{dcn} + \frac{V_s^2}{2g}$$

Onde:

NA_{dcn} Nível d'água natural no rio na seção imediatamente a jusante do canal para a vazão Q_k , medido em metros;

El_s Cota média do fundo do rio na seção imediatamente a jusante do canal, medida em metros;

B_s Largura do rio na seção imediatamente a jusante do canal, medida em metros.

Para a definição do regime do escoamento e também dos níveis d'água a montante e a jusante da enseadeira de primeira fase (NA_{dm} e NA_{dl}) deverão ser considerados os seguintes casos:

1. Caso 1 – Se $i_s < i_{cs}$ e $E_{dcn} < E_{cs}$, o regime de escoamento será subcrítico com controle não afogado;
2. Caso 2 – Se $i_s < i_{cs}$ e $E_{dcn} \geq E_{cs}$, o regime de escoamento será subcrítico com controle afogado;
3. Caso 3 – Se $i_s \geq i_{cs}$, o regime de escoamento será crítico e supercrítico.

As equações de cálculo dos níveis d'água a serem aplicadas em cada caso acima identificado são as seguintes:

CASO 1

$$NA_{dl} = El_{sc} + Y_n$$

$$NA_{dm} = E_{cs} + h_p$$

Onde:

$$Y_n = 1,25y_{cs}$$

$$h_p = L_{cd} \frac{n^2 V_n^2}{Y_n^{4/3}}$$

$$V_n = \frac{Q_k}{B_{mc} Y_n}$$

$$B_{mc} = \frac{B_{ec} + B_{sc}}{2}$$

CASO 2

$$NA_{dl} = NA_{dcn}$$

$$NA_{dm} = NA_{dcn} + h_p + h_{vn}$$

Onde:

$$h_p = L_{cd} \frac{n^2 V_n^2}{Y_n^{4/3}}$$

$$h_{vn} = \frac{V_n^2}{2g}$$

$$V_n = \frac{Q_k}{B_{mc} Y_n}$$

$$Y_n = E_{dcn} - \frac{V_n'^2}{2g} - El_{sc}$$

$$V_n' = \frac{B_s}{B_{mc}} V_s$$

CASO 3

$$NA_{dl} = NA_{cs} \text{ até } NA_{ce}(\text{variável})$$

$$NA_{dm} = E_{ce}$$

Onde:

$$NA_{ce} = El_{ec} + Y_{ce}$$

$$E_{ce} = NA_{ce} + h_{vce}$$

$$Y_{ce} = \sqrt[3]{\frac{1}{g} \left(\frac{Q_k}{B_{ec}} \right)^2}$$

$$h_{vce} = \frac{V_{ce}^2}{2g}$$
$$V_{ce} = \frac{Q_k}{B_{ec}Y_{ce}}$$

9.1.2. Desvio de Segunda Fase

Na segunda fase do desvio do rio o fluxo será desviado para adufas incorporadas ao barramento e executadas em concreto armado convencional.

O dimensionamento dessas estruturas de desvio foi feito de acordo com os procedimentos previstos no “Hydraulic Design Criteria”, editado pelo “U.S. Corp of Engineers”, complementado por simulações de remanso, nos canais de aproximação e restituição, com a aplicação do modelo HEC-RAS.

Será apresentada a seguir uma breve metodologia da rotina de cálculo utilizada no dimensionamento da segunda fase do desvio do rio.

Para a solução de desvio por adufas, inicialmente são fixadas suas dimensões geométricas, ou seja, B_{1ad} (largura de uma adufa, em metros) e H_{ad} (altura das adufas). Aqui se deve observar o atendimento à seguinte inequação:

$$H_{ad} \leq 3,1B_{1ad}$$

Com base em relações empíricas e em função da vazão de dimensionamento correspondente ao período de exposição das estruturas de desvio ($Q_k, T_r = 25$ anos, período completo, em m^3/s), define-se também o número de adufas (N_{ad}) utilizadas no desvio de segunda etapa do rio.

Dessa forma, calcula-se a velocidade média do escoamento (V_a , em m/s). A equação seguinte ilustra esse cálculo:

$$V_a = \frac{Q_k}{N_{ad}B_{1ad}H_{ad}}$$

Ressalta-se que a velocidade média do escoamento deverá ser necessariamente inferior a 15,0 m/s, adotando-se, preferencialmente, um valor próximo a 5,0 m/s, com o objetivo de se garantir maior segurança durante a operação de desvio do rio por essas estruturas.

A espessura dos pilares entre as adufas (e_{pl} , em metros) foi fixada em 1,5 m e a espessura dos pilares extremos das adufas (e'_{pl} , em metros), 1,0 m.

Sendo assim, a largura total das adufas (B_{ad}) pode ser calculada pela expressão abaixo indicada.

$$B_{ad} = (N_{ad}B_{1ad}) + (N_{ad} - 1)e_{pl} + 2e'_{pl}$$

Feita toda a caracterização geométrica do conjunto de adufas de desvio, passa-se então ao cálculo do nível d'água junto à ensecadeira de montante, para definição de sua cota de elevação. Para tanto, faz-se necessária uma verificação do afogamento na saída das adufas de desvio.

Caso haja verificação da inequação que se segue, o escoamento na saída das adufas será afogado.

$$E_{dcr} \geq E_{ad}$$

Sendo:

$$E_{dcr} = NA_{dcr} + \frac{V_{cr}^2}{2g}$$

$$V_{cr} = \frac{Q_k}{B_{ad}(NA_{dcr} - El_{cr})}$$
$$E_{ad} = El_{ca} + H_{ad} + \frac{V_a^2}{2g}$$

Onde:

- E_{dcr} Altura da linha de energia no canal de restituição das adufas, em metros;
- NA_{dcr} Nível d'água no canal de restituição das adufas para a vazão de projeto de desvio, em metros;
- V_{cr} Velocidade média do escoamento no canal de restituição, em m/s;
- El_{cr} Cota do fundo do canal de restituição do desvio, em metros;
- E_{ad} Altura da linha de energia na saída das adufas, em metros;
- El_{ca} Cota do fundo do canal de aproximação às adufas do desvio, em metros.

Portanto, para saída da adufa afogada, o nível d'água junto à ensecadeira de montante (NA_{dm}) é dado pela equação que se segue.

$$NA_{dm} = E_{dcr} + h_p$$

Sendo:

$$h_p = 0,2 \frac{V_a^2}{2g} + L_{desvio} \frac{n^2 V_a^2}{R_h^{4/3}}$$
$$R_h = \frac{B_{1ad} H_{ad}}{2(B_{1ad} + H_{ad})}$$
$$n = 0,010$$

Onde:

- h_p Perda de carga ao longo da adufa de desvio;
- R_h Raio hidráulico de uma abertura das adufas;
- n Coeficiente de Manning;
- L_{desvio} Comprimento da estrutura de desvio.

Para saída da adufa em jato livre, o nível d'água junto à ensecadeira de montante (NA_{dm}) é dado pela equação que se segue.

$$NA_{dm} = El_{ca} + H$$

Sendo:

$$H = K_H H_{ad}$$

Onde:

$$K_H = 0,018K_Q^3 - 0,132K_Q^2 + 0,688K_Q + 0,18$$

Na equação anterior, empírica, K_Q é um coeficiente variável para dimensionamento das adufas. Inicialmente seu valor será considerado 3,20.

Para atender às restrições de largura ou de altura mínimas, pode-se diminuir o coeficiente K_Q .

Para atender à limitação de velocidade pode-se aumentar a largura ou o número de aberturas ou ainda diminuir o coeficiente K_Q .

De qualquer forma, quando de qualquer alteração no dimensionamento, a seguinte relação deverá ser respeitada:

$$K_Q N_{ad} B_{1ad} H_{ad}^{3/2} = Q_k$$

Para que a adufa seja eficiente, ou seja, trabalhe afogada na entrada, deve ser respeitada a seguinte restrição para o coeficiente K_Q :

$$K_Q \geq 1,5$$

A adoção do coeficiente K_Q mais elevado resulta em adufas com dimensões menores e ensecadeiras de maior altura.

Diante do exposto anteriormente, fica definido o nível d'água junto à ensecadeira de montante e assim a sua cota de coroamento, admitida 1,0 m acima do NA_{dm} .

Para definição do nível d'água junto à ensecadeira de jusante (NA_{jm}) e sua cota de coroamento, admitida 1,0 m acima do NA_{jm} , utiliza-se a curva-chave do canal de fuga.

9.2. Vertedouro

A capacidade de transposição de vazões de um vertedouro é calculada pela fórmula que se segue:

$$Q = CLH^{3/2}$$

Onde:

- Q Vazão vertida, medida em m^3/s ;
- L Largura efetiva do vertedouro, medida em metros;
- C Coeficiente que depende da forma da soleira;
- H Altura da linha de energia acima da crista da soleira, medida em metros.

O parâmetro L é igual à largura total L' do vertedouro, que pode compor-se de n vãos (n_v) separados entre si por pilares de espessura dimensionada, diminuída pela largura da contração lateral do jato d'água, quando tratar-se de um vertedouro controlado por comportas ou simplesmente o parâmetro L do vertedouro quando tratar-se de um vertedouro de soleira livre. O coeficiente de contração K depende da forma dos pilares.

Sendo assim:

$$Q = (L' - KH)CH^{3/2}$$
$$L' = n_v L_0$$
$$K = 2(n_p K_p + K_a)$$

O coeficiente C nestas equações depende:

- Da forma da soleira;
- De sua altura sobre o fundo da adução;

- Da inclinação de sua frente de montante;
- Do nível d'água de jusante;
- Da velocidade d'água a jusante.

Os diagramas representados na Figura 9-2 até a Figura 9-5 (“Design of Small Dams”) foram utilizados para a fixação do valor do coeficiente C .

A Figura 9-2 indica o valor C_0 , para soleira com frente vertical, que representa a forma base do vertedouro. Já a Figura 9-3 corrige o coeficiente de descarga inicial para soleiras com frentes inclinadas (C_i/C_v).

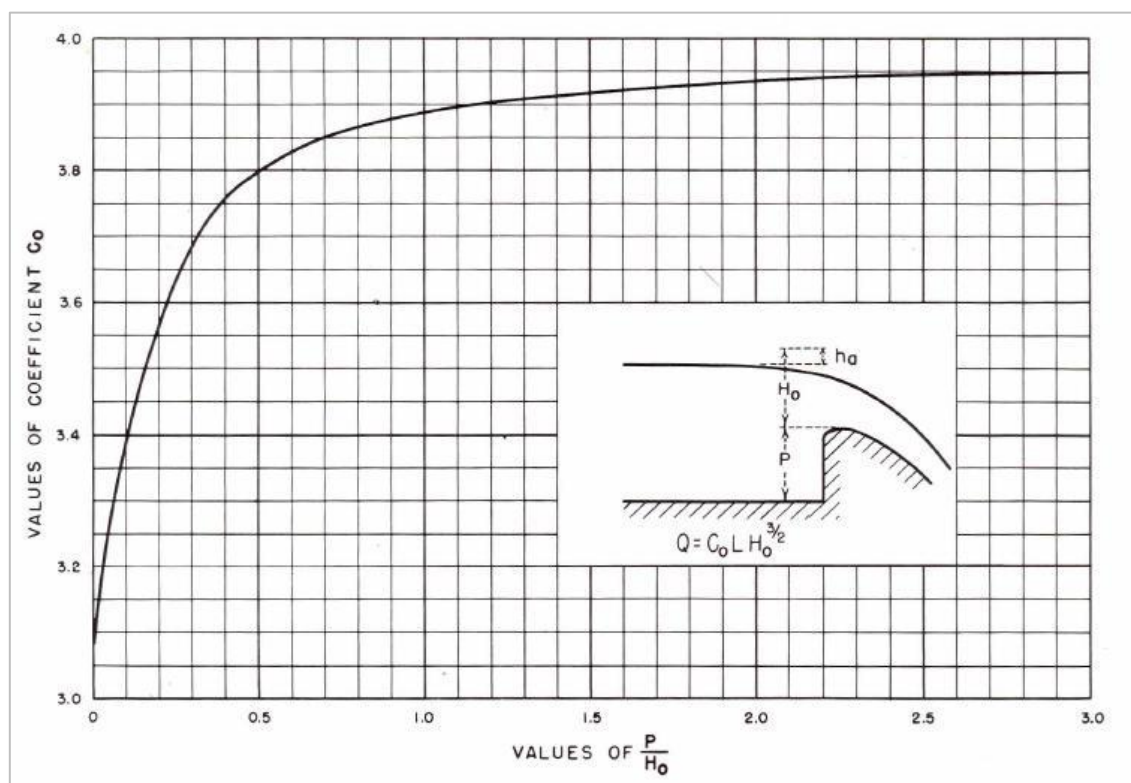


Figura 9-2: Coeficiente de descarga para vertedouro com ogiva de paramento vertical

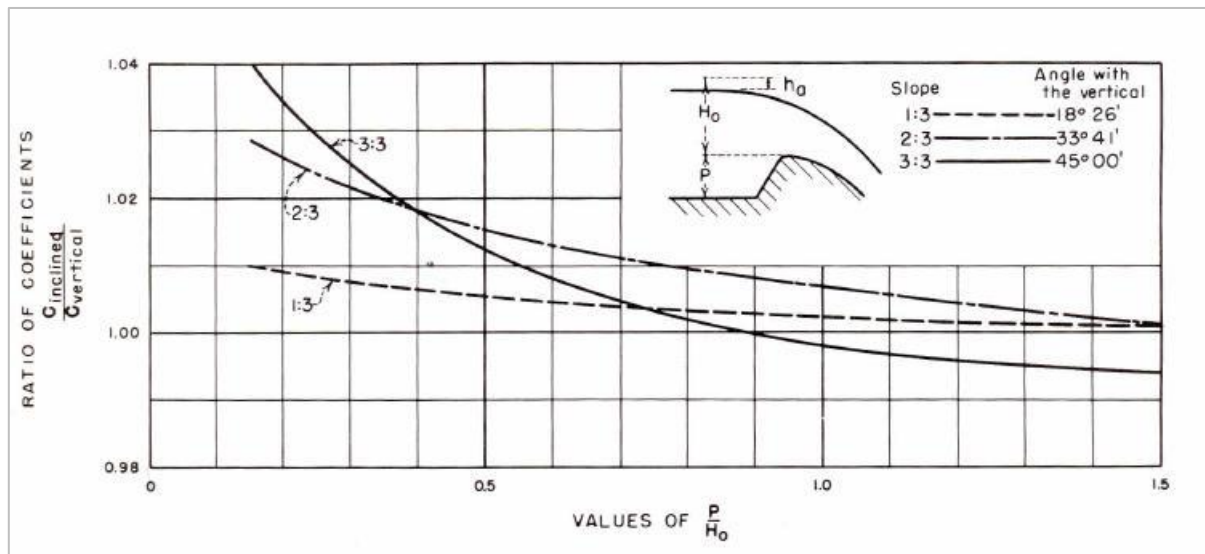


Figura 9-3: Correção do coeficiente de descarga para vertedouro com ogiva de paramento inclinado

A Figura 9-4 mostra as correções do coeficiente de descarga para o caso da linha energética efetiva não coincidir com aquela para qual a forma da soleira foi desenhada.

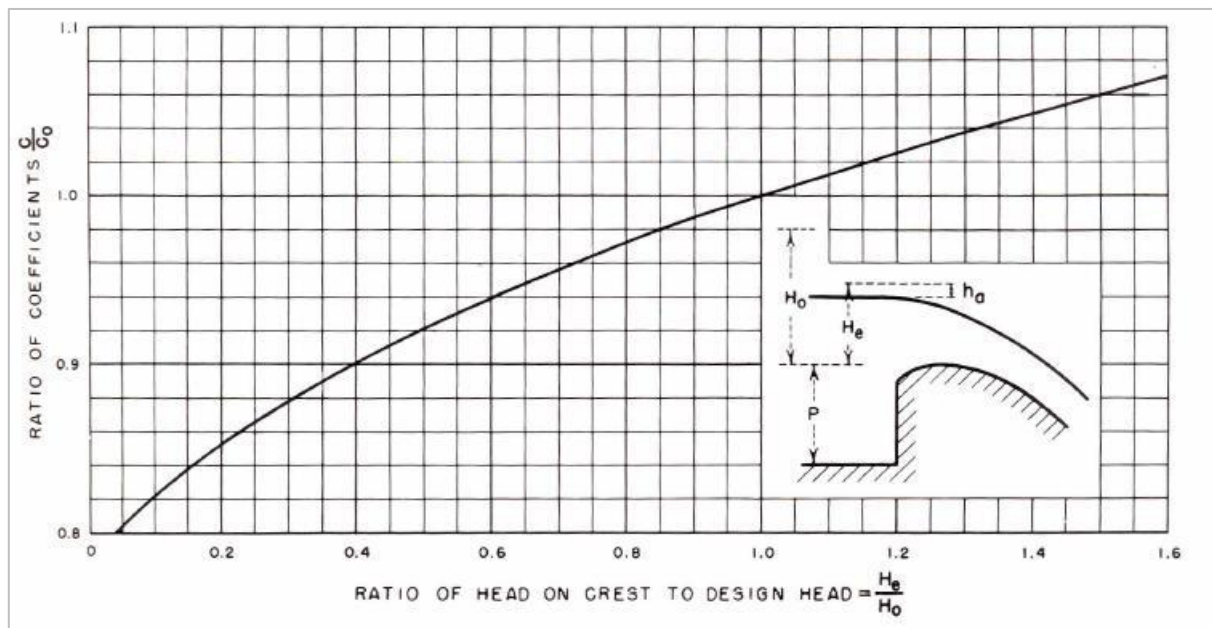


Figura 9-4: Correção do coeficiente de descarga para vertedouro submetido a cargas diferentes da carga de projeto

Esses diagramas indicam o valor do coeficiente de descarga, sem levar em conta a influência da altura do nível d'água de jusante, que deve ser verificada utilizando-se a Figura 9-5.

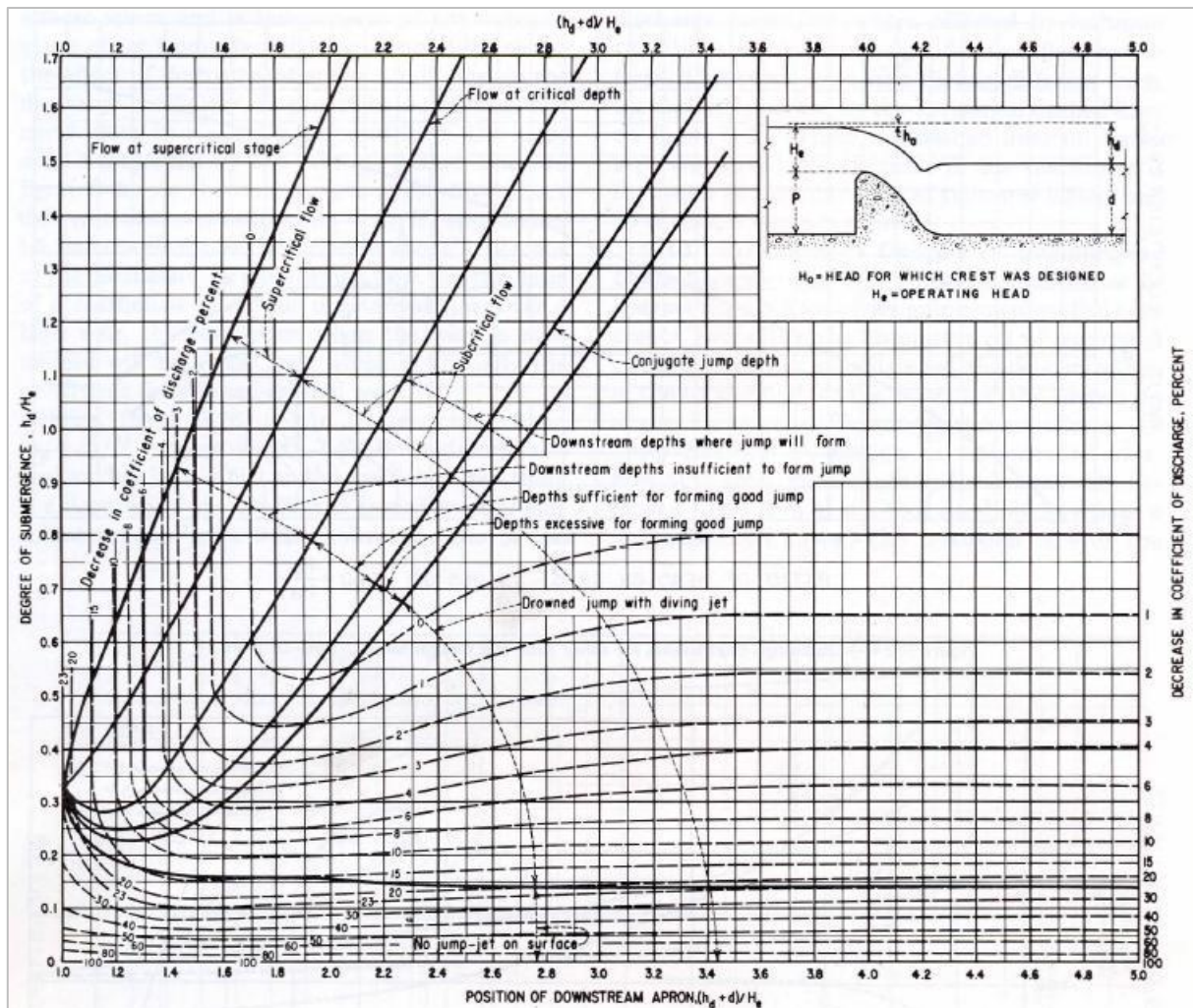


Figura 9-5: Correção do coeficiente de descarga para vertedouro sob a influência do nível d'água de jusante

Nos estudos para definição do arranjo geral das estruturas do barramento, o vertedouro foi previsto para ser implantado com soleira livre, paramento de jusante em escada para dissipação de parte da energia do fluxo vertido e uma pequena bacia revestida com concreto convencional para dissipação da energia remanescente do paramento em escada.

O vertedouro foi dimensionado para a vazão milenar, sendo a borda livre fixada em função do resultado desse dimensionamento e da verificação do comportamento da estrutura em operação considerando a passagem da cheia decamilenar.

Os coeficientes de descarga adotados referem-se a uma estrutura vertente perpendicular ao fluxo, ou seja, a um vertedouro de soleira convencional. Concepções não usuais tenderiam a reduzir a capacidade de descarga do vertedouro, por meio da redução desse coeficiente de descarga.

Na definição da estrutura, a ogiva, constituída por um perfil tipo "Creager", foi projetada para a passagem da vazão de projeto, de modo a introduzir sobrelevação do nível d'água máximo normal ($NA_{m\acute{a}x}$) do reservatório. Nesses dimensionamentos foram levadas em consideração as condições de aproximação e de restituição e as perdas de carga introduzidas pelos muros laterais.

O dimensionamento da soleira vertente foi realizado com a aplicação de algoritmos e coeficientes preconizados no “Hydraulic Design Criteria” (HDC), editado pelo “U. S. Corp of Engineers” e o sistema de dissipação de energia dimensionado de acordo com a publicação “Design of Stepped Spillways and Downstream Energy Dissipators” e o HDC.

A estrutura vertente, sem controle de vazões, foi concebida com seção do tipo gravidade e prevista sua execução, na sua maior parte, em concreto-massa. Seu paramento de montante foi previsto inclinado na proporção de $0,30(H):1,00(V)$, com o objetivo de tornar a estrutura estável quanto à flutuação, tombamento e escorregamento. O paramento de jusante, previsto com degraus para dissipação de parte da energia do fluxo vertido, apresenta inclinação resultante de $0,85(H):1,00(V)$.

Ambos os paramentos do vertedouro serão revestidos por Concreto Convencional (CC), a fim de mitigar a percolação de água através da estrutura.

A energia remanescente do fluxo no paramento em escada deverá ser dissipada por ressalto hidráulico em bacia protegida por laje e por muros de concreto. O dimensionamento das estruturas de dissipação de energia foi efetuado para a vazão centenária e verificado o seu bom funcionamento para diversas vazões representativas, com ênfase para a vazão milenar.

A Figura 9-6 ilustra a definição do gabarito hidráulico para os vertedouros estudados.

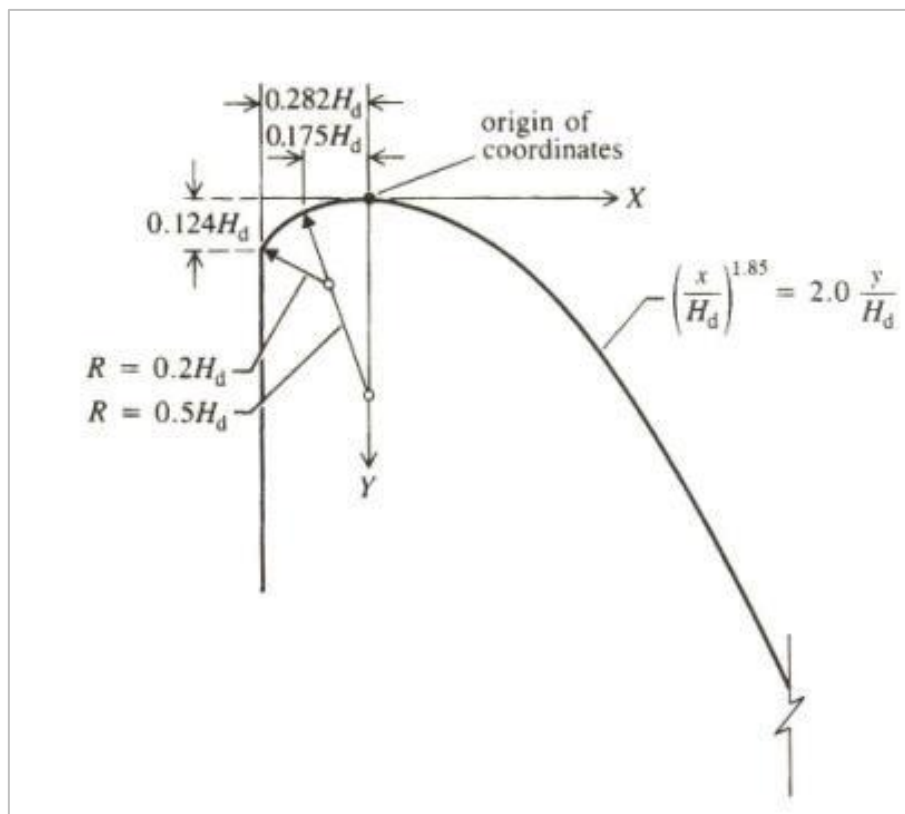


Figura 9-6: Gabarito hidráulico para vertedouro de soleira livre – definição do perfil Creager

A Figura 9-7 apresenta a definição do paramento de jusante tipo escada, com inclinação resultante de $0,85(H):1,00(V)$.

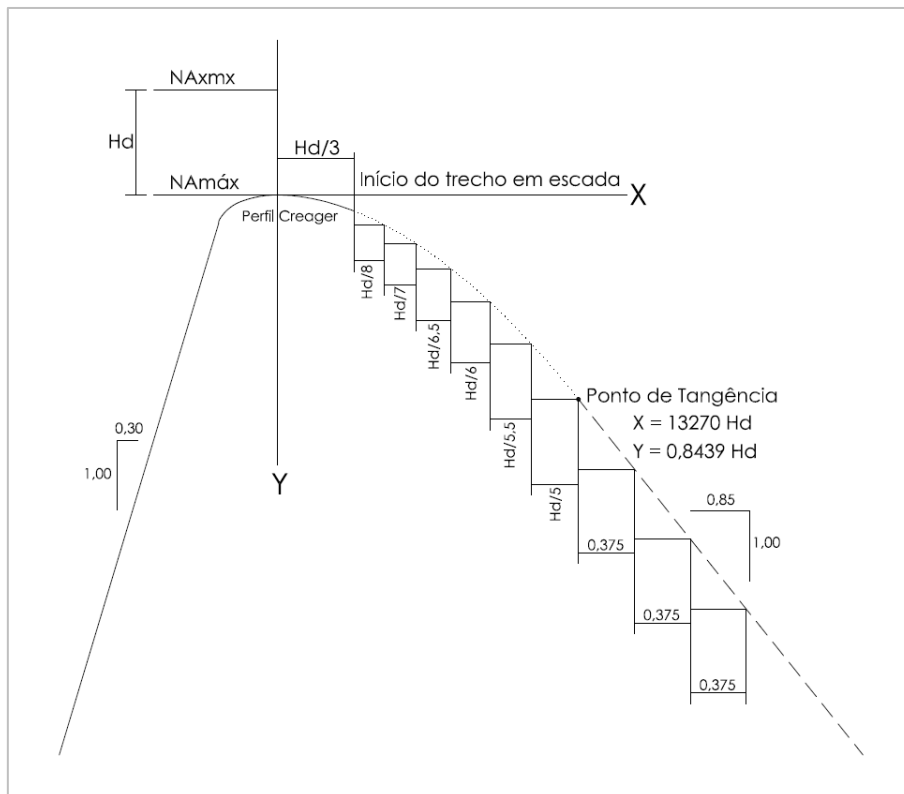


Figura 9-7: Vertedouro de soleira livre com paramento de jusante em escada – definição das dimensões dos degraus

9.3. Circuitos de Adução

O circuito de adução compõe-se de estrutura de controle, canal de adução, câmara de carga, tomada d'água, conduto forçado, casa de força e canal de fuga.

O dimensionamento do circuito foi feito para garantir a passagem da vazão máxima turbinada, com velocidade controlada na área bruta das grades, velocidades compatíveis com as aberturas das comportas de emergência e transição suave para o conduto.

O afogamento mínimo das grades e aberturas das comportas foi feito de acordo com o critério de Gordon, admitindo-se condições de aproximação assimétricas.

Para o conjunto circuito de adução e turbinas, foram feitas verificações das condições de estabilidade do sistema, para casos de abertura/fechamento bruscos das turbinas e a inércia dos condutos.

As perdas de carga foram determinadas por meio da fórmula universal, para perdas distribuídas, e coeficientes específicos, para perdas localizadas, de acordo com parâmetros recomendados no HDC e em literatura especializada.

Os itens subsequentes apresentam os critérios e equações utilizadas para o cálculo das perdas de carga no circuito e para os dimensionamentos gerais.

9.3.1. Dimensionamento da tomada d'água

A submergência da tomada d'água, tanto na entrada da grade como na comporta vagão, foi verificada de acordo com os critérios de Gordon:

$$h_s \geq 0,7v\sqrt{H}$$

Onde v é a velocidade na entrada da grade ou na seção da comporta, e H é a altura da grade ou da comporta.

O coeficiente 0,7 foi utilizado para entrada lateral, e não frontal, de forma conservadora.

9.3.2. Dimensionamento do conduto forçado

Os condutos foram dimensionados para a garantia de regulação do circuito de adução e para garantia da condição autoportante.

Para a verificação de regulação do circuito de alta pressão, foi estimada a constante de aceleração do escoamento (t_h) no circuito de alta pressão, de acordo com a seguinte relação:

$$t_h = \frac{v_{tn}L_{tn}}{gH_b}$$

onde v_{tn} é a velocidade do escoamento no conduto forçado e L_{tn} , o seu comprimento, e $t_h \leq 3,0$ s.

9.3.3. Cálculo das perdas de carga no circuito de adução

Este item apresenta os critérios adotados para o levantamento das curvas de perda de carga no circuito de geração da usina, desde a tomada d'água até a entrada das turbinas.

As perdas de carga no circuito de geração foram calculadas pela seguinte equação:

$$h_p = h_d + h_l$$

Onde

- h_p : perdas de carga no circuito de adução, em m.c.a.;
- h_d : perdas de carga distribuídas, em m.c.a.;
- h_l : perdas de carga localizadas, em m.c.a..

9.3.3.1. Perdas de carga distribuídas no canal de adução

As perdas de carga distribuídas no canal de adução (h_{d-ca}) foram calculadas por meio da seguinte equação:

$$h_d = \frac{Ln^2v^2}{R_h^{4/3}}$$

Onde

- L : comprimento do trecho, em m;
- n : número de Manning;
- v : velocidade no trecho, em m/s;
- R_h : raio hidráulico, em m.

O seguinte número de Manning foi adotado:

- Escoamento em manta PEAD0,014

O raio hidráulico (R_h), por sua vez, foi calculado por meio da seguinte relação:

$$R_h = \frac{A_m}{P_m}$$

Onde

A_m : área molhada, em m²;

P_m : perímetro molhado, em m.

9.3.3.2. Perdas de carga distribuídas no conduto forçado

As perdas de carga distribuídas foram estimadas de acordo com a fórmula universal, representada pela seguinte relação:

$$h_d = \lambda \frac{L}{d_{eq}} \frac{v^2}{2g}$$

Onde

λ : coeficiente de perda de carga;

L : comprimento do trecho, em m;

d_{eq} : diâmetro equivalente no trecho, em m;

v : velocidade no trecho, em m/s;

g : aceleração da gravidade no local, assumida como 9,7803 m/s².

O coeficiente de perda de carga, λ , é dado pelas seguintes relações:

$$\lambda = \frac{64}{Re}, \text{ se } Re \leq 2400$$

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}}, \text{ se } 4000 \leq Re \leq \frac{23}{\varepsilon/d}$$

$$\lambda = \frac{1}{\left(1,8 \log \frac{Re}{Re_{10d} + 7}\right)^2}, \text{ se } \frac{23}{\varepsilon/d} \leq Re \leq \frac{560}{\varepsilon/d}$$

$$\lambda = \frac{1}{\left(2 \log \frac{3,7d}{\varepsilon}\right)^2}, \text{ se } Re \geq \frac{560}{\varepsilon/d}$$

Onde

Re : número de Reynolds;

ε : rugosidade absoluta, em mm.

Os seguintes valores de rugosidade absoluta foram utilizados:

- Aço..... 0,15 mm

- Concreto estrutural 2,00 mm

A velocidade no circuito de adução é dada pela relação abaixo:

$$v = \frac{4q_{turb}}{\pi d_{eq}^2}$$

Onde

q_{turb} : vazão turbinada unitária, em m³/s, pois os circuitos de geração das unidades serão independentes.

O número de Reynolds, R_e , é dado pela seguinte equação:

$$R_e = \frac{v d_{eq}}{\nu}$$

Onde

ν : viscosidade cinemática da água, assumida como 8,30x10⁻⁷ m²/s, para água com temperatura de 30°C.

9.3.4. Perdas de carga localizadas

As perdas de carga localizadas foram estimadas pela seguinte equação geral:

$$h_l = k \frac{v^2}{2g}$$

Onde

k : coeficiente de perda de carga, variável, de acordo com a singularidade.

O circuito de adução possuirá as seguintes singularidades:

- Entrada da tomada d'água;
- Grades;
- Redução de seção na tomada d'água;
- Ranhuras laterais das comportas de emergência;
- Curvas;
- Redução se seções circulares e transições;
- Saída do tubo de sucção.

a) Coeficiente de perda de carga na entrada da tomada d'água

Para o cálculo das perdas na entrada adotou-se $k = 0,20$.

b) Coeficiente de perda de carga nas grades

O cálculo do fator k para a perda de carga localizada na grade, k_g , seguiu a equação:

$$k_g = k_d k_f p^{1,6} f \text{ sen}(\theta)$$

Onde:

- k_d : coeficiente de “depósito de detritos”, valendo 1,20;
 k_f : coeficiente de forma, valendo 0,51;
 p : razão entre área de barras e área total da grade;
 f : fator que relaciona a espessura da grade e o espaçamento entre barras;
 θ : ângulo entre a grade e a soleira.

O fator f é calculado pela seguinte relação:

$$f = 8 + 2,3 \frac{e_g}{g} + 2,4 \frac{b}{e_g}$$

Onde:

- e_g : espessura da grade, em mm;
 b : espaçamento entre barras, em mm.

c) Coeficiente de perda de carga nas reduções de seção

O cálculo do fator k para a perda de carga localizada em reduções de seção, k_{rs} , seguiu a equação:

$$k_{rs} = \left(\frac{n^{1,8} - 1}{1,43n^{1,8} + 1} \right)^2 \text{sen}(\theta_{rs})$$

Onde:

- n : relação entre a área da seção de entrada e a de saída (maior que 1);
 θ_{rs} : ângulo de redução.

Considera-se, para efeitos de perda de carga nas reduções de seção, a velocidade no trecho de saída, ou seja, de menor seção transversal.

d) Coeficiente de perda de carga nas ranhuras laterais das comportas

O cálculo do fator k para a perda de carga localizada nas ranhuras laterais das comportas ensecadeira e de emergência, k_{rl} , seguiu a equação:

$$k_{rl} = \left(\frac{\sigma^{1,8} - 1}{1,43\sigma^{1,8} + 1} \right)^2 \text{sen}(\theta_{rl})$$

Onde:

- σ : relação entre áreas.
 θ_{rl} : ângulo da ranhura lateral com o escoamento.

O coeficiente σ é calculado pela relação:

$$\sigma = \frac{A_c + 0,25b_{rn}h_{rn}}{A_c}$$

Onde:

- A_c : área da seção transversal da comporta, em m²;
 b_{rn} : largura da ranhura, em m;
 h_{rn} : altura da ranhura, em m.

O cálculo do coeficiente de perda de carga na parte superior dos vãos das comportas segue a mesma metodologia, com alterações nos coeficientes b_{rn} e h_{rn} , que passam a ser denominados comprimento da ranhura (equivalente à largura da comporta) e profundidade do vão, respectivamente.

e) Coeficiente de perda de carga na transição retangular/circular

O cálculo do fator k para a perda de carga localizada na transição retangular/circular da tomada d'água, k_{tr} é composto por duas parcelas.

$$k_{tr} = k'_{tr} + k''_{tr}$$

A parcela k'_{tr} é calculada pela equação:

$$k'_{tr} = 4 \left(\tan \frac{\alpha}{2} \right)^{1,25} \left(1 - \frac{A_c}{A_r} \right)^2$$

Onde:

- A_c : área da seção circular, em m²;
 A_r : área da seção retangular, em m².

O ângulo α é calculado pela relação:

$$\alpha = 2 \arctan \left[\frac{2 \left(\frac{a_0 b_0}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}} - d_c}{2L_{tr}} \right]$$

Onde:

- a_0 : altura da seção retangular, em m;
 b_0 : largura da seção retangular, em m;
 d_c : diâmetro da seção circular, em m;
 L_{tr} : comprimento da transição, em m.

A parcela k''_{tr} é calculada pela equação:

$$k''_{tr} = \frac{\xi}{8 \operatorname{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right)} \left[1 - \left(\frac{A_c}{A_r} \right)^2 \right]$$

O coeficiente ξ é calculado pela relação:

$$\xi = \left[2 \log \left(\frac{3,7D_h}{\Delta} \right) \right]^{-2}$$

Onde:

D_h : diâmetro hidráulico, em m;

Δ : rugosidade média, em m.

f) Coeficiente de perda de carga nas curvas

O cálculo do fator k para a perda de carga localizada nas curvas do circuito, k_{cv} , também é composto por duas parcelas.

$$k_{cv} = k_m + k_f$$

A parcela k_m é calculada pela equação:

$$k_m = \frac{0,189 \operatorname{sen} \beta}{\sqrt{\frac{R_0}{D_h}}}$$

Onde:

β : ângulo da curva, em graus;

R_0 : raio médio de curvatura, em m.

A parcela k_m é calculada pela equação:

$$k_f = 0,00035 \frac{R_0}{D_h} \beta$$

Onde β é dado em radianos.

g) Coeficiente de perda de carga na saída do tubo de sucção

Para o cálculo das perdas na entrada adotou-se $k = 1,00$.

10. ESTUDOS DE ALTERNATIVAS

A PCH SU-93 foi definida na etapa de inventário como uma usina com geração ao pé do barramento.

Após a disponibilização do modelo digital do terreno, obtido por meio de perfilamento laser, observou-se que, para manter a filosofia para o projeto, o eixo do barramento deveria ser deslocado para jusante, para a próxima curva do rio.

Com este deslocamento foram identificados dois aspectos negativos à implantação do arranjo:

- i. O circuito de geração deveria ser mantido na margem direita, por questões morfológicas, mas esta margem apresenta-se muito inclinada no local do eixo, resultando em escavações de grande monta;
- ii. A área do reservatório sofreria uma importante elevação, em função da presença de uma drenagem na margem direita, logo a montante do potencial eixo.

Em função desses pontos foi estudado um novo eixo para o empreendimento, localizado a aproximadamente 400 m a montante do eixo do inventário, conforme mostrado na Figura 10-1. Neste eixo a morfologia do terreno se mostrou favorável para a implantação das estruturas de concreto na margem direita.

Como atrativo adicional do novo eixo, observou-se que a barragem teria sua altura reduzida em aproximadamente 6 m, aspecto extremamente favorável em função das condições geológicas da região.

No eixo selecionado a margem esquerda se mostrou bastante favorável para a implantação de um canal de adução, com extensão de aproximadamente 500 m, até a câmara de carga.

Na região do circuito de alta pressão a morfologia do terreno se mostrou favorável, possibilitando o aproveitamento de toda a queda anteriormente identificada para o aproveitamento.

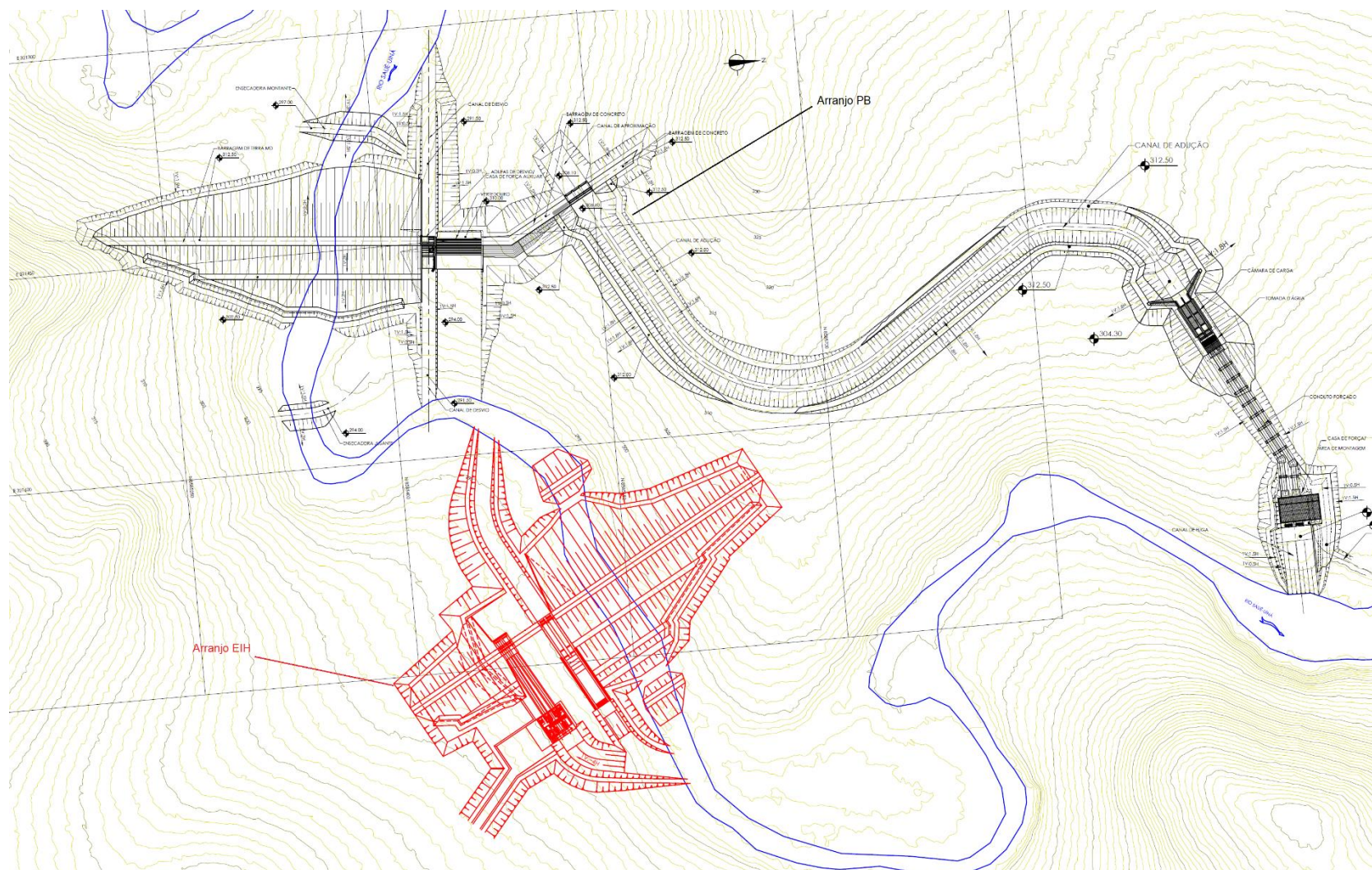


Figura 10-1: Arranjos comparativos (Estudos de Inventário e Projeto Básico)

Ante ao exposto, o eixo proposto, com derivação pela margem esquerda, foi considerado o mais adequado para a implantação da usina, tendo sido objeto de campanha de investigações geológicas.

De posse do material topográfico e dos resultados das campanhas de sondagens, foram desenvolvidos os seguintes estudos adicionais, com vistas à otimização das soluções:

- Estudos comparativos entre 2 alternativas para a carga do vertedouro de soleira livre;
- Estudos comparativos com implantação do canal predominantemente em corte e com solução em corte e aterro.

Tendo em vista que a cheia de projeto é de pequena monta, as avaliações mostraram que a carga de 1,5 m seria a mais adequada para o vertedouro, resultando numa estrutura com pequena largura, com otimização do consumo de concreto. O aumento da carga do vertedouro resultaria em maiores escavações para o canal de adução, que também deverá ser protegido para a sobrelevação máxima da usina.

Para o canal de adução procurou-se a melhor alternativa para o balanço entre corte e aterro.

11. ESTUDOS ENERGÉTICOS

Os estudos energéticos para a PCH SU-93 objetivam a determinação dos seguintes parâmetros:

- Potência instalada mínima;
- Energia média;
- Número de unidades geradoras;
- Queda de referência da usina, definida como a queda líquida na qual as turbinas, operando com os distribuidores completamente abertos, fornecem a potência nominal dos geradores (queda utilizada para o dimensionamento das turbinas);
- Queda líquida de projeto, na qual o rendimento da turbina é máximo;
- Queda líquida nominal, a ser utilizada no cálculo da Garantia Física da PCH;
- Parâmetros para o cálculo da Garantia Física.

Tendo em vista que a usina foi prevista com derivação por canal de adução, deverá ser mantida vazão remanescente durante toda a operação. Considerando que no barramento a carga hidráulica é da ordem de 17 m, optou-se pela implantação de um grupo gerador no eixo do barramento, para aproveitamento energético da vazão remanescente.

Assim sendo, a PCH SU-93 contará com a seguinte motorização:

- Casa de força principal, para a qual será definida a potência instalada “ótima”;
- Casa de força complementar ou auxiliar, para aproveitamento energético da vazão remanescente.

11.1. Casa de Força Principal

Neste item são apresentados os dimensionamentos energéticos para a casa de força principal.

11.1.1. Critérios para a Determinação da Energia Média Gerada

A energia gerada pela operação da casa de força principal da PCH SU-93 foi quantificada como a geração média histórica, compreendendo o período da série de vazões médias mensais (janeiro de 1974 a dezembro de 2020).

Os parâmetros adotados para a simulação energética foram os seguintes:

- Nível d’água de montante fixo, na cota 310,00 m, uma vez que a usina operará a fio d’água, sem deplecionamento;
- Nível d’água de jusante variando de acordo com a curva-chave elaborada para o canal de fuga;
- Perdas hidráulicas no circuito de adução variando com as equações de perdas de carga;
- Série de vazões médias mensais jan/1974 a dez/2020
- Vazão remanescente 10% da média em cada mês
- Vazão de usos consuntivos nula
- Disponibilidade forçada 1,26%
- Disponibilidade programada 1,74%
- Rendimento nominal da turbina 93,0%

- Rendimento nominal do gerador..... 97,0%
- Turbina..... Kaplan “S”, eixo horizontal
- Despacho mínimo 30% da vazão nominal unitária
- Número de unidades geradoras 2

Para a realização desses estudos foi utilizado um modelo matemático próprio, elaborado para estudos energéticos de aproveitamentos a fio d’água.

A série de vazões médias mensais é apresentada na Tabela 11-1.

Tabela 11-1: Série de vazões médias mensais naturais no local da PCH SU-93

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd.
1974	49,86	51,21	52,07	51,57	49,92	46,98	41,76	39,08	38,61	40,37	41,38	43,93	45,56
1975	46,65	49,33	47,74	48,33	45,05	40,55	40,00	38,85	38,11	38,52	41,24	44,84	43,27
1976	44,77	46,36	47,72	45,71	44,51	41,62	39,58	38,59	38,30	40,48	41,12	43,28	42,67
1977	46,70	48,72	46,97	46,41	44,96	43,48	40,81	39,48	39,78	41,62	44,07	46,41	44,12
1978	50,75	48,84	51,40	47,88	47,55	42,74	40,34	40,92	40,57	40,13	41,08	46,29	44,87
1979	49,95	52,00	54,34	52,54	47,36	44,65	42,41	40,87	41,53	40,39	43,09	43,16	46,02
1980	47,16	50,45	52,96	51,25	46,09	41,91	42,48	40,35	39,65	39,02	41,35	45,99	44,89
1981	48,67	49,92	50,95	50,81	44,87	41,68	39,99	38,77	37,92	40,12	44,27	44,92	44,41
1982	50,09	52,02	54,04	49,03	40,74	37,59	35,51	35,73	41,05	42,00	42,64	43,72	43,68
1983	47,43	48,42	50,04	48,22	45,13	43,06	40,48	39,17	38,39	39,99	41,57	47,51	44,12
1984	46,27	46,63	48,50	48,25	45,90	42,07	40,04	39,13	39,09	39,63	41,79	43,44	43,40
1985	46,97	46,65	48,69	48,22	44,96	41,57	40,23	39,21	39,13	40,35	42,18	42,71	43,41
1986	49,31	50,78	50,20	48,95	45,84	42,80	40,61	39,88	39,71	40,00	40,48	43,15	44,31
1987	44,34	47,16	47,20	45,01	42,57	40,00	38,45	37,11	36,78	37,36	41,48	44,26	41,81
1988	47,52	49,54	51,99	51,04	46,35	43,72	41,41	39,82	39,13	39,24	41,68	44,87	44,69
1989	48,46	53,08	53,46	50,84	48,53	44,43	42,88	41,62	40,26	40,72	41,17	47,08	46,04
1990	46,60	49,65	49,35	47,70	43,62	40,94	39,39	38,41	40,59	40,97	42,52	44,03	43,65
1991	48,16	50,22	51,07	51,71	47,26	42,96	41,45	40,12	40,57	39,86	41,55	42,78	44,81
1992	45,62	47,74	47,72	47,96	43,57	40,76	39,21	38,26	40,04	39,88	41,10	44,79	43,05
1993	46,92	49,72	51,95	50,55	45,81	43,29	40,50	37,43	36,31	36,87	36,87	39,66	42,99
1994	46,36	51,11	51,67	51,95	43,29	39,94	37,99	35,75	34,07	34,63	35,19	39,66	41,80
1995	49,16	53,07	55,30	53,91	48,60	44,69	43,01	41,90	41,06	42,17	43,85	48,88	47,13
1996	46,64	45,81	49,44	47,48	44,69	42,45	41,06	41,06	39,94	40,78	44,13	42,45	43,83
1997	42,73	46,36	49,72	49,44	47,20	44,41	41,62	40,78	40,78	40,50	40,50	41,34	43,78
1998	42,17	46,08	48,60	46,92	43,01	41,62	39,94	39,38	38,54	40,22	42,45	42,17	42,59
1999	42,45	42,17	43,85	42,45	41,62	39,66	38,82	37,99	38,26	38,26	39,66	41,06	40,52
2000	39,94	41,90	46,92	44,97	41,62	39,66	38,54	37,99	37,71	38,26	39,94	39,38	40,57
2001	41,62	41,62	44,13	42,45	39,94	39,10	37,99	37,71	37,43	37,99	39,38	40,78	40,01
2002	40,22	43,57	42,73	41,06	39,38	37,71	36,87	36,31	36,31	36,03	36,59	37,99	38,73

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd.
2003	40,22	41,62	41,62	44,13	39,66	40,22	37,43	36,31	36,31	37,15	37,99	37,99	39,22
2004	39,94	41,62	41,34	39,94	38,82	37,15	36,31	35,19	35,19	36,03	36,87	36,59	37,92
2005	40,50	39,38	41,06	39,66	37,71	36,87	35,75	34,91	36,59	35,75	36,31	37,71	37,68
2006	39,94	40,78	41,34	42,73	39,10	37,71	36,87	35,75	35,75	38,26	36,87	39,94	38,75
2007	42,45	43,57	43,29	41,34	38,82	37,43	36,59	35,75	35,47	36,87	37,99	38,26	38,99
2008	38,82	41,06	41,34	41,34	38,82	37,43	36,31	35,47	35,19	36,03	37,15	39,10	38,17
2009	38,82	39,94	43,29	40,22	38,54	36,59	35,47	35,19	33,80	34,07	34,91	34,91	37,15
2010	36,59	40,78	37,99	35,19	34,07	34,91	34,35	33,80	33,80	34,35	34,35	36,31	35,54
2011	40,22	39,66	40,50	40,78	36,87	35,47	34,63	34,07	33,24	34,07	34,91	35,19	36,63
2012	37,15	38,82	40,22	37,99	35,47	35,47	34,91	32,96	33,80	35,47	34,35	36,31	36,08
2013	39,10	41,06	39,38	37,99	36,03	35,47	34,35	33,80	33,24	33,80	34,35	34,91	36,12
2014	36,03	39,94	44,13	43,57	45,53	41,06	36,87	35,47	35,47	35,75	37,43	37,71	39,08
2015	38,82	39,10	39,38	40,22	39,94	37,99	36,59	36,59	35,75	35,47	36,87	35,75	37,71
2016	37,43	40,22	40,78	40,78	37,71	35,75	34,07	33,80	34,35	33,80	34,07	37,15	36,66
2017	36,59	39,38	39,66	38,82	37,15	35,47	35,19	34,07	32,40	32,40	35,19	36,87	36,10
2018	38,54	40,22	40,78	41,62	39,66	37,15	36,03	35,47	35,19	36,59	37,99	39,66	38,24
2019	38,54	37,99	43,29	47,74	41,45	38,26	36,75	35,61	34,87	37,29	38,25	37,30	38,95
2020	37,47	43,10	44,92	39,60	37,61	35,16	33,99	32,94	32,43	33,57	33,62	34,48	36,57
Mín.	36,03	37,99	37,99	35,19	34,07	34,91	33,99	32,94	32,40	32,40	33,62	34,48	
Méd.	43,42	45,28	46,49	45,45	42,40	40,03	38,42	37,42	37,29	37,94	39,23	40,99	41,20
Máx.	50,75	53,08	55,30	53,91	49,92	46,98	43,01	41,90	41,53	42,17	44,27	48,88	

As variações no nível de jusante serão regidas pela curva-chave elaborada para o canal de fuga, representada pelas seguintes equações, considerando a restrição em função da previsão de usina a jusante, PCH SU-75, que irá operar na El. 286,00 m:

$$NA = 286,00 \text{ m, se } Q_{defl} \leq 30,90 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$NA = \left(\frac{Q_{defl}}{0,338371809350401} \right)^{1/3,00150757084532} + 281,50, \text{ se } Q_{defl} > 30,90 \text{ m}^3/\text{s}$$

Como a usina operará a fio d'água, a vazão defluente (Q_{defl}) será equivalente à vazão afluente média em cada mês (Q_{af1}).

As perdas hidráulicas no circuito de adução foram estimadas por meio de equações em função das características físicas do circuito em função da vazão turbinada total, desde a tomada d'água de controle do canal de adução até a câmara de carga, e em função da vazão turbinada unitária para o trecho de alta pressão, a partir da tomada d'água principal.

As referidas perdas foram inseridas no modelo matemático de simulação energética, relacionando a vazão turbinada com a queda líquida do aproveitamento, para cada mês do período de simulação.

Uma vez que a PCH SU-93 terá restituição das vazões turbinadas afastada do barramento, com trecho de vazão reduzida, será necessária, ao longo da operação da usina, a manutenção de vazão remanescente. De

acordo com as normas setoriais da SEMA/MT, estes valores serão variáveis e equivalentes à 10% da média em cada mês, conforme mostrado na tabela seguinte:

Tabela 11-2: Vazões remanescentes na PCH SU-93

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Méd.	43,42	45,28	46,49	45,45	42,40	40,03	38,42	37,42	37,29	37,94	39,23	40,99
Q _{rem}	4,34	4,53	4,65	4,55	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10

A Taxa de Indisponibilidade Forçada (TEIF) reflete o número de horas em que uma ou mais unidades geradoras deixaram de operar em decorrência de um desligamento causado por falha ou defeito de um componente ou unidade que acarretem retirada de serviço do equipamento ou parte dele. Resulta de condições de emergência ou acidentais que requeiram que o equipamento seja desligado. Desta forma, por tratar-se de ato ou evento sobre o qual não se tem domínio, a definição dos valores da TEIF deve se valer das estatísticas de usinas similares, uma vez não ser possível sua prévia mensuração.

Ante ao exposto, adotou-se para a TEIF o valor sugerido pela ANEEL na Nota Técnica nº 063/2012-SRG-SGH/ANEEL, de 29 de agosto de 2012, equivalente a 1,26%.

Já a Taxa de Indisponibilidade Programada (IP) reflete os desligamentos programados para manutenção nos períodos em que a unidade ou componente esteve ou poderia ter estado em serviço caso não tivesse ocorrido o desligamento. Para mensuração das taxas mais adequadas para serem adotadas no presente projeto básico, buscou-se obter junto à Brasil PCH S.A. (www.brasilpch.com.br), produtora independente de energia que desde 2009 opera 13 Centrais Hidrelétricas de porte similar nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, as taxas de indisponibilidade reais observadas neste complexo. Os números indicam uma taxa de indisponibilidade total, programada e forçada, de 1,74%.

Julga-se, porém, que para a estatística de indisponibilidade forçada, o período de operação da Brasil PCH pode ser considerado curto. Para determinação das taxas de indisponibilidades a serem utilizadas neste relatório, optou-se, de forma conservadora, a utilizar o valor total de indisponibilidades da Brasil PCH como Indisponibilidade Programada.

Sendo assim, foram utilizados os seguintes valores para a fase de motorização:

- TEIF 1,26%
- IP 1,74%

Por fim, em relação às quedas líquidas de referência e de projeto, a primeira foi estabelecida como a queda com permanência de 95% no histórico de quedas líquidas, e a segunda, como a queda líquida média ponderada em todo o período de simulação energética.

11.1.2. Valoração dos Benefícios Energéticos

De acordo com as normativas da ANEEL, para valoração dos benefícios energéticos deve ser considerado o “Custo Marginal de Dimensionamento publicado pelo Poder Concedente ou, em casos em que esse parâmetro não esteja disponível, o Custo Marginal de Expansão, definido no Plano Decenal de Expansão do ano anterior”.

Considerando que o Custo Marginal de Dimensionamento (CMD) não vem sendo publicado, e que o Custo Marginal de Expansão (CME) publicado no Plano Decenal de Expansão considera as médias dos últimos Leilões de Energia, inclusive com as usinas estruturantes e de grande porte, que influenciam diretamente no cálculo do CME, abaixando significativamente o valor, foi desenvolvido um estudo específico para

determinação de um custo marginal que reflita a realidade de empreendimentos do porte deste em desenvolvimento, considerando os aproveitamentos leiloados nos últimos anos.

Conforme consta do Plano Decenal de Expansão, a metodologia para cálculo do CME “*toma por base os preços das negociações realizadas nos leilões de energia nova, de reserva e de fontes alternativas ao longo dos últimos cinco anos, corrigidos monetariamente e ponderados conforme a demanda contratada*”.

Assim, de acordo com a metodologia do Plano Decenal de Expansão e com base nos dados obtidos junto à Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), foram selecionadas as usinas hidrelétricas de pequeno porte que comercializaram energia nos leilões a partir de 2010, que totalizaram 161 usinas.

Da base de dados da CCEE, os preços de venda foram atualizados até a data de junho de 2021, com base no IPCA. O custo é obtido pela fórmula seguinte:

$$CUSTO = \frac{\sum ECOM_i \times PV_i}{\sum ECOM_i}, \text{ onde:}$$

$ECOM_i =$ Energia Comercializada pela Usina [i]

$PV_i =$ Preço de Venda da Usina [i]

A Tabela 11-3 apresenta uma relação das usinas consideradas neste estudo.

Tabela 11-3: Empreendimentos Hidrelétricos Considerados na Simulação

Leilão	Data de realização do leilão	Tipo de Leilão	Vendedor	Empreendimento	UF	Potência (MW)	GF (MW médio)	Energia Contratada (MW médio)	Preço de Venda (R\$/MWh)	Preço de Venda Atualizado (R\$/MWh)
10ºLEN	30/07/10	Energia Nova	MEGA ENERGIA	CANAA	RO	17,0	7,8	7,0	153,98	285,58
10ºLEN	30/07/10	Energia Nova	MEGA ENERGIA	JAMARI	RO	20,0	9,1	9,0	154,23	286,05
10ºLEN	30/07/10	Energia Nova	EMAE	PIRAPORA	SP	25,0	17,2	16,0	154,49	286,53
10ºLEN	30/07/10	Energia Nova	MEGA ENERGIA	SANTA CRUZ DE MONTE NEGRO	RO	17,0	7,7	7,0	153,73	285,12
02ºLFA	26/08/10	Fontes Alternativas	COPEL	CAVERNOSO II	PR	19,0	10,6	7,6	146,99	272,51
02ºLFA	26/08/10	Fontes Alternativas	GALHEIROS	GALHEIROS I	GO	11,0	6,4	6,4	144,50	267,89
02ºLFA	26/08/10	Fontes Alternativas	QUE	QUEIXADA	GO	30,0	21,6	16,6	148,39	275,11
02ºLFA	26/08/10	Fontes Alternativas	PCH SALTO GOES	SALTO GOES	SC	20,0	11,1	11,1	147,47	273,40
02ºLFA	26/08/10	Fontes Alternativas	UNAIBAIXO	UNAI BAIXO	MG	21,0	12,7	6,4	144,98	268,78
03ºLER	26/08/10	Reserva	PRIMUS	INXU	MT	20,6	16,5	16,5	129,93	240,88
03ºLER	26/08/10	Reserva	SEB	SAO SEBASTIAO	SC	9,9	5,2	5,2	133,25	247,04
16ºLEN	29/08/13	Energia Nova	EGP CABEÇA DE BOI	CABEÇA DE BOI	MT	29,7	13,6	13,6	119,99	185,82
16ºLEN	29/08/13	Energia Nova	CANTU 2	CANTU 2	PR	18,0	9,5	9,5	128,99	199,75
16ºLEN	29/08/13	Energia Nova	EGP FAZENDA	DA FAZENDA	MT	19,5	9,1	9,1	120,00	185,83
16ºLEN	29/08/13	Energia Nova	MANOPLA	MANOPLA	PE	5,0	2,6	2,6	128,99	199,75
16ºLEN	29/08/13	Energia Nova	PCH MATA VELHA	MATA VELHA	MG	24,0	13,1	12,7	128,99	199,75
16ºLEN	29/08/13	Energia Nova	EGP SALTO APIACAS	SALTO APIACÁS	MT	45,0	22,9	22,4	119,97	185,79
16ºLEN	29/08/13	Energia Nova	ELETROSUL	SANTO CRISTO	SC	19,5	10,8	0,5	129,00	199,77
16ºLEN	29/08/13	Energia Nova	ALUPAR	VERDE 08	GO	28,5	16,9	13,1	130,00	201,32
16ºLEN	29/08/13	Energia Nova	SANTA HELENA ENERGIA	YPÉ	GO	29,3	16,7	16,7	131,20	203,18
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	CEC	Ado Popinhak	SC	19,3	10,4	10,4	135,90	205,52

Leilão	Data de realização do leilão	Tipo de Leilão	Vendedor	Empreendimento	UF	Potência (MW)	GF (MW médio)	Energia Contratada (MW médio)	Preço de Venda (R\$/MWh)	Preço de Venda Atualizado (R\$/MWh)
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	ALUPAR	Água Limpa	MG	23,0	11,4	6,0	138,00	208,70
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	FAZENDA VELHA	Fazenda Velha	GO	16,5	8,9	6,7	131,95	199,55
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	GARÇA BRANCA	Garça Branca	SC	6,5	3,4	3,2	137,86	208,48
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	JARDIM	JARDIM	RS	9,0	4,5	1,1	139,00	210,21
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	COOGERVAAPA	Linha Aparecida	RS	24,9	13,8	11,7	136,98	207,15
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	COOGERVAJAC	Linha Jacinto	RS	17,4	9,9	9,3	137,98	208,67
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	MORRO GRANDE	MORRO GRANDE	RS	9,8	4,4	1,1	139,00	210,21
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	MUTUM	Nova Mutum	MT	14,0	6,1	1,2	139,00	210,21
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	PGE	PITO	SC	4,0	2,3	2,3	134,90	204,01
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	QI	Quartel I	MG	30,0	14,0	13,9	139,20	210,51
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	QII	Quartel II	MG	30,0	14,2	14,1	139,20	210,51
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	QIII	Quartel III	MG	30,0	14,1	14,0	139,20	210,51
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	REN	Renic	GO	16,0	6,6	2,5	136,90	207,03
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	OMEGA SERRA DAS AGULHAS	Serra das Agulhas	MG	28,0	11,7	11,7	134,90	204,01
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	TBL	Tamboril	GO	29,3	12,9	7,0	136,90	207,03
20ºLEN	28/11/14	Energia Nova	CDESA	COMODORO	MT	10,0	6,2	6,2	162,50	232,75
20ºLEN	28/11/14	Energia Nova	LAJARI	LAJARI	MT	20,9	10,9	9,0	160,90	230,46
20ºLEN	28/11/14	Energia Nova	PDESA	PRESENTE DE DEUS	MT	13,0	8,5	8,5	162,50	232,75
21ºLEN	30/04/15	Energia Nova	ATIAIA ENERGIA S.A.	BANDEIRANTE	MS	27,2	18,4	16,5	203,98	277,25
21ºLEN	30/04/15	Energia Nova	SPE BOA VISTA 2 ENERGIA S.A.	BOA VISTA II	MG	26,5	14,4	14,0	207,64	282,22
21ºLEN	30/04/15	Energia Nova	CONFLUÊNCIA ENERGIA SA	CONFLUÊNCIA	PR	27,0	13,7	13,5	205,00	278,63
21ºLEN	30/04/15	Energia Nova	GEOMECANICA TECNOLOGIA - TEC DE SOLOS ROCHAS E MATERIAIS	SECRETÁRIO	RJ	2,7	1,3	1,2	202,99	275,90
21ºLEN	30/04/15	Energia Nova	SERRA DOS CAVALINHOS I ENERGÉTICA S.A.	SERRA DOS CAVALINHOS I	RS	25,0	14,5	14,1	206,48	280,64
21ºLEN	30/04/15	Energia Nova	MINAS PCH S/A	TIBAGI MONTANTE	PR	32,0	20,3	19,0	209,50	284,75
21ºLEN	30/04/15	Energia Nova	TIGRE PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA LTDA	TIGRE	PR	9,0	5,3	1,0	195,00	265,04
21ºLEN	30/04/15	Energia Nova	SAVANA GERAÇÃO DE ENERGIA S.A.	VERDE 4	MS	19,0	13,8	13,4	206,98	281,32
21ºLEN	30/04/15	Energia Nova	PHOENIX GERAÇÃO DE ENERGIA S.A.	VERDE 4A	MS	28,0	19,7	19,2	206,49	280,66
22ºLEN	21/08/15	Energia Nova	EUCLIDES MACIEL ENERGÉTICA SA	DAS PEDRAS	SC	5,6	3,3	2,3	207,00	274,78
22ºLEN	21/08/15	Energia Nova	PCH DORES DE GUANHÃES S.A.	DORES DE GUANHAES	MG	14,0	7,1	7,1	205,50	272,79
22ºLEN	21/08/15	Energia Nova	PCH FORTUNA II S.A.	FORTUNA II	MG	9,0	4,7	4,6	205,50	272,79
22ºLEN	21/08/15	Energia Nova	PC JACARÉ S.A.	JACARE	MG	9,0	5,0	4,9	205,50	272,79
22ºLEN	21/08/15	Energia Nova	CAROLINA GERAÇÃO DE ENERGIA LTDA	SANTA CAROLINA	RS	10,5	5,1	4,6	203,00	269,47
22ºLEN	21/08/15	Energia Nova	PCH SENHORA DO PORTO S.A.	SENHORA DO PORTO	MG	12,0	6,5	6,5	205,50	272,79
22ºLEN	21/08/15	Energia Nova	XAVANTINA ENERGÉTICA S.A.	XAVANTINA	SC	6,1	3,5	3,1	202,85	269,27
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	PRATA	AGUA BRAVA	MT	13,1	6,4	5,6	194,00	241,29
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	PRATA	AGUA PRATA	MT	13,3	6,6	5,9	194,00	241,29
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	EGP APC	CABEÇA DE BOI	MT	30,0	17,9	4,2	147,85	183,89
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	CACHIMBO ALTO	CACHOEIRA CACHIMBO ALTO	RO	9,8	6,0	5,9	193,95	241,23

Leilão	Data de realização do leilão	Tipo de Leilão	Vendedor	Empreendimento	UF	Potência (MW)	GF (MW médio)	Energia Contratada (MW médio)	Preço de Venda (R\$/MWh)	Preço de Venda Atualizado (R\$/MWh)
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	CANHADAO	CANHADAO	PR	10,0	6,2	5,0	195,00	242,54
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	CEBRANORTE URBANO	CAPIVARI	SC	18,7	6,8	3,0	189,98	236,29
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	CASTRO	CASTRO	PR	4,0	2,5	1,7	195,00	242,54
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	CAZUZA FERREIRA	CAZUZA FERREIRA	RS	9,1	6,1	1,5	189,15	235,26
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	ARGENTUM	CLAIRTO ZONTA	PR	14,9	7,6	7,5	184,00	228,86
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	EGP FAZ	DA FAZENDA	MT	7,4	5,0	4,9	184,90	229,97
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	NOVA GUAPORE ENERGETICA	NOVA GUAPORE	MT	14,0	9,4	9,0	194,00	241,29
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	RECANTO	RECANTO	MT	9,1	5,3	5,3	192,88	239,90
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	RENIC	RENIC	GO	16,0	6,6	1,8	164,73	204,89
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	SALTO BANDEIRANTES	SALTO BANDEIRANTES	PR	4,2	2,9	2,3	194,00	241,29
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	HSJII	SAO JOAO II	PR	7,0	3,6	3,5	184,00	228,86
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	SÃO LUIZ	SAO LUIZ	ES	10,5	4,3	4,3	188,80	234,83
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	SIGMA ENERGIA	SERRA DAS AGULHAS	MG	30,0	12,9	1,1	162,33	201,90
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	TBL	TAMBORIL	GO	29,3	12,9	5,3	164,73	204,89
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	TIGRE	TIGRE	PR	9,0	5,3	3,2	195,00	242,54
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	HSBSA	UHE SANTA BRANCA	PR	62,0	35,1	34,1	150,00	186,57
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	3LEOES	USINA BARRA DO LEAO	SC	3,6	1,9	1,9	193,75	240,98
10ºLER	23/09/16	Reserva	CENTRAL GERADORA HIDRELETRICA ARMANDO RIBEIRO SA	ARMANDO RIBEIRO	RN	4,7	3,2	2,9	225,88	275,15
10ºLER	23/09/16	Reserva	ATIAIA ENERGIA S/A	AREADO	MS	18,0	10,9	9,8	235,00	286,26
10ºLER	23/09/16	Reserva	BRASIL SUL ENERGIA S.A.	CORAÇÃO	SC	4,3	2,3	1,7	231,49	281,98
10ºLER	23/09/16	Reserva	C2LG GERAÇÃO DE ENERGIA LTDA	SANTO TESSARO	SC	1,0	0,6	0,6	229,98	280,14
10ºLER	23/09/16	Reserva	CENTRAL GERADORA HIDRELÉTRICA CASTANHÃO S.A.	CASTANHAO	CE	9,0	5,0	4,5	225,88	275,15
10ºLER	23/09/16	Reserva	COVÓ ENERGIA S.A.	COVÓ	PR	5,0	2,6	2,3	232,45	283,15
10ºLER	23/09/16	Reserva	CONSORCIO ESTIVADINHO 3	ESTIVADINHO 3	MT	9,9	7,0	6,3	223,25	271,95
10ºLER	23/09/16	Reserva	CENTRAIS ELÉTRICAS FIGUEIRÃO LTDA - ME	FIGUEIRA	RO	1,3	0,9	0,8	229,90	280,05
10ºLER	23/09/16	Reserva	INGA - MIRIM ENERGIA S.A.	INGÁ MIRIM	MG	1,0	0,8	0,5	232,50	283,21
10ºLER	23/09/16	Reserva	PCH JUÍNA S.A.	JUI 117	MT	24,4	18,8	16,9	223,20	271,89
10ºLER	23/09/16	Reserva	LOMBO DO CAVALO S/A GERAÇÃO DE ENERGIA	RONCADOR	SC	6,0	3,0	2,7	226,90	276,39
10ºLER	23/09/16	Reserva	MAFRAS ENERGIA E REFLORESTAMENTO LTDA.	WILLY FALLER	SC	1,0	0,7	0,7	229,78	279,90
10ºLER	23/09/16	Reserva	CONSORCIO MANTOVILIS	MANTOVILLIS	MT	5,2	3,6	3,0	223,30	272,01
10ºLER	23/09/16	Reserva	CENTRAL GERADORA HIDRELÉTRICA MANUEL ALVES LTDA	MANUEL ALVES	TO	8,0	5,2	4,7	231,49	281,98
10ºLER	23/09/16	Reserva	MAUE S/A - GERADORA E FORNECEDORA DE INSUMOS	BARRINHA	SC	3,3	1,7	1,5	222,50	271,03
10ºLER	23/09/16	Reserva	MAUÉ S/A - GERADORA E FORNECEDORA DE INSUMOS	LAMBARI	SC	4,0	1,9	1,7	228,00	277,73
10ºLER	23/09/16	Reserva	HIDRELÉTRICA MÉDIO GARCIA SPE LTDA	MÉDIO GARCIA	SC	1,0	0,6	0,5	223,15	271,82

Leilão	Data de realização do leilão	Tipo de Leilão	Vendedor	Empreendimento	UF	Potência (MW)	GF (MW médio)	Energia Contratada (MW médio)	Preço de Venda (R\$/MWh)	Preço de Venda Atualizado (R\$/MWh)
10ºLER	23/09/16	Reserva	CENTRAL HIDRELETRICA PALMEIRAS DO TOCANTINS LTDA	PALMEIRAS	TO	2,8	1,5	1,3	214,00	260,68
10ºLER	23/09/16	Reserva	HIDRELÉTRICA PARAÍSO SPE LTDA	PARAÍSO	SC	1,0	0,6	0,5	223,15	271,82
10ºLER	23/09/16	Reserva	PB PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - EIRELI	PONTE BRANCA	SP	10,2	5,8	5,2	220,00	267,99
10ºLER	23/09/16	Reserva	POÇO FUNDO ENERGIA S/A	POÇO FUNDO	RJ	14,0	7,2	6,5	234,70	285,89
10ºLER	23/09/16	Reserva	PONTE SERRADA GERAÇÃO DE ENERGIA S.A.	PONTE SERRADA	SC	4,1	1,8	1,6	232,49	283,20
10ºLER	23/09/16	Reserva	PORTO ENERGÉTICA LTDA.	JOÃO FRANCO	MG	1,0	0,7	0,6	205,00	249,72
10ºLER	23/09/16	Reserva	HIDRELÉTRICA PULO LTDA	PULO	PR	7,3	4,4	3,9	228,50	278,34
10ºLER	23/09/16	Reserva	RINCÃO ENERGIA S/A	RINCÃO	RS	10,0	4,6	4,0	228,00	277,73
10ºLER	23/09/16	Reserva	ENERGÉTICA RIO DAS PEDRAS LTDA	ENXADRISTA	PR	1,0	0,6	0,6	207,00	252,15
10ºLER	23/09/16	Reserva	CENTRAL GERADORA HIDROELETTRICA SANTANA DO DESERTO LTDA	SANTANA DO DESERTO I	MG	1,6	1,1	1,0	227,90	277,61
10ºLER	23/09/16	Reserva	CENTRAL HIDRELETRICA SIRIVERA LTDA	SIRIVERA	TO	1,8	1,4	1,2	209,00	254,59
10ºLER	23/09/16	Reserva	CENTRAL HIDRELETRICA SUCURI LTDA	SUCURI	TO	2,8	1,4	1,2	214,00	260,68
10ºLER	23/09/16	Reserva	TRD E COBRAPAR	PCH TAMBORIL	GO	15,8	7,4	6,7	232,50	283,21
25ºLEN	18/12/17	Energia Nova	FOCKINK	BURITI	MT	10,0	8,6	5,0	182,05	213,65
25ºLEN	18/12/17	Energia Nova	ENERVIX	SANTA LUZIA	ES	1,5	0,9	0,8	179,00	210,07
26ºLEN	20/12/17	Energia Nova	FORQUILHA IV	FORQUILHA IV	RS	13,0	5,6	5,0	218,29	256,19
26ºLEN	20/12/17	Energia Nova	SAO LUIZ	FOZ DO ESTRELA	PR	29,5	17,6	17,5	220,74	259,06
26ºLEN	20/12/17	Energia Nova	EECO JACUTINGA	PERDIDOS	MT	28,0	16,4	16,4	218,88	256,88
26ºLEN	20/12/17	Energia Nova	SAO CARLOS	SAO CARLOS	SC	14,5	7,7	4,5	218,19	256,07
26ºLEN	20/12/17	Energia Nova	RPEE ENERGIA	TUPITINGA	SC	24,0	10,5	9,7	218,47	256,40
26ºLEN	20/12/17	Energia Nova	VERDE 08	VERDE 08	GO	30,0	18,7	18,2	218,89	256,89
27ºLEN	04/04/18	Energia Nova	BURITIZAL	BURITIZAL	MT	5,0	4,6	4,5	198,35	230,65
27ºLEN	04/04/18	Energia Nova	CHALE	CHALE	MG	2,1	1,4	1,2	197,27	229,40
27ºLEN	04/04/18	Energia Nova	QUEVEDOS ENERGÉTICA	QUEBRA DENTES	RS	22,4	11,3	9,0	198,47	230,79
27ºLEN	04/04/18	Energia Nova	SALTO DO GUASSUPI	SALTO DO GUASSUPI	RS	12,2	6,3	5,0	197,47	229,63
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	GUAPORE 2	ALTO GUAPORE 2	MT	7,0	5,0	5,0	195,99	223,64
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	APE	ANTONIO PRADO	MG	1,0	0,8	0,8	194,99	222,50
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	CBVG	BELA VISTA	PR	29,0	16,6	14,7	195,70	223,31
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	PCH BV II	BOA VISTA II	PR	16,0	6,9	6,0	196,66	224,41
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	EW	DIAMANTINO	GO	3,0	2,2	1,3	195,00	222,51
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	LAC	LACERDOPOLIS	SC	9,6	5,5	5,4	196,00	223,65
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	CPFLR	LUCIA CHEROBIM	PR	28,0	16,6	16,5	189,95	216,75
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	ENERGIA LIMPA	NOVA PONTE QUEIMADA II	MG	3,0	1,9	1,9	195,00	222,51
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	OURO BRANCO	OURO BRANCO	PR	4,0	2,9	1,4	194,99	222,50
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	PCH SEDE II	SEDE II	RS	7,0	2,9	2,3	195,97	223,62
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	GERACAO CEU AZUL	UHE BAIXO IGUACU	PR	350,2	171,3	23,4	151,68	173,08
29ºLEN	28/06/19	Energia Nova	CEESAM	ÁGUAS DA SERRA	SC	22,5	12,2	8,6	199,00	220,21

Leilão	Data de realização do leilão	Tipo de Leilão	Vendedor	Empreendimento	UF	Potência (MW)	GF (MW médio)	Energia Contratada (MW médio)	Preço de Venda (R\$/MWh)	Preço de Venda Atualizado (R\$/MWh)
29ºLEN	28/06/19	Energia Nova	CELESC GERA	CELSE RAMOS	SC	8,3	3,0	2,9	201,11	222,54
29ºLEN	28/06/19	Energia Nova	RIO DO CEDRO ENERGIA	FOZ DO CEDRO	MT	24,0	13,9	13,9	198,88	220,07
29ºLEN	28/06/19	Energia Nova	CEMIG GT	POÇO FUNDO AMPLIAÇÃO	MG	20,8	11,0	11,0	195,50	216,33
29ºLEN	28/06/19	Energia Nova	GALUPO	VILA GALUPO	PR	5,7	3,1	1,0	199,99	221,30
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	POLIFERTIL	ALAGOA III	MG	1,5	1,1	0,8	233,62	257,59
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	ALTO ALEGRE ENERGÉTICA	ALTO ALEGRE	SC	17,4	8,9	7,0	233,14	257,06
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	PCH ÁGUAS DO RIO IRAN	BARRA DAS ÁGUAS	SC	8,5	4,1	3,0	225,00	248,08
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	WENERGY	BOM JESUS	ES	7,8	4,3	4,0	230,00	253,60
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	VOLTALIA	CABUÍ	MG	16,0	9,9	8,8	234,00	258,01
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	RIO DO COBRE	COBRE KM 19	PR	14,2	7,4	5,0	232,00	255,80
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	AT&T ENERGIA	FAZENDA DO SALTO	PR	9,9	5,4	2,1	233,99	258,00
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	SAO BARTOLOMEU GERADORA	GAMELEIRA	GO	14,0	7,0	6,0	232,50	256,35
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	HIDRELÉTRICA GARCIA DE ANGELINA	GARCIA DE ANGELINA	SC	2,0	1,3	1,0	233,98	257,99
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	JASP	JASPE	SC	5,1	2,5	2,1	233,09	257,00
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	JESUÍTA ENERGIA	JESUÍTA	MT	22,2	18,8	13,2	234,00	258,01
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	IBICARE	LINHA RICA	SC	7,9	3,9	2,0	234,13	258,15
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	PESQUEIRO	MACACOS	PR	9,9	6,0	3,0	233,63	257,60
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	HIDRELETRICA MAROMBAS I	MAROMBAS I	SC	3,3	1,6	1,3	233,00	256,91
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	HIDRELETRICA MAROMBAS II	MAROMBAS II	SC	1,8	0,9	0,7	233,00	256,91
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	PACIFICO MASCARENHAS	PACÍFICO MASCARENHAS	MG	2,0	1,4	1,4	233,63	257,60
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	IPIRA	PIRA	SC	19,6	9,5	7,5	233,50	257,46
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	RODEIO ENERGÉTICA	RODEIO	SC	9,8	6,0	4,2	233,08	256,99
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	SAO BARTOLOMEU GERADORA	SALGADO	GO	15,8	8,5	7,0	232,52	256,38
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	ARA ENERGIA	SANTA LUZIA	BA	15,5	9,0	8,0	234,63	258,70
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	SAO BARTOLOMEU GERADORA	SÃO BARTOLOMEU	GO	12,0	6,5	6,0	232,51	256,36
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	SAO CARLOS ENERGIA	SAO CARLOS	SC	15,2	7,7	2,5	225,02	248,11
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	SÃO LUIZ	SAO LUIZ	ES	10,5	5,7	1,4	220,00	242,57
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	MANTIQUEIRA	SERRA NEGRA	MG	3,0	1,8	1,8	228,00	251,39
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	TIBAGI ENERGIA	TIBAGI MONTANTE	PR	36,0	21,0	1,2	157,08	173,20
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	SÃO ROQUE ENERGÉTICA	UHE SÃO ROQUE	SC	141,9	91,3	60,0	157,08	173,20
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	VERDE 2	VERDE 02 BAIXO	GO	22,5	12,9	11,0	234,20	258,23

O resultado obtido foi de **R\$ 237,00/MWh**, na data-base de junho de 2021.

Destaca-se que para o Leilão de Energia A-4 de 2021 o preço teto alcançou o valor de **R\$ 292,00/MWh**.

Nesse sentido, optou-se por fazer uma análise de sensibilidade dos valores de venda de energia, para a definição da potência instalada da PCH SU-93. Esta análise se encontra apresentada no item subsequente.

11.1.3. Estudos de Motorização

Os estudos de motorização da PCH SU-93 objetivaram a definição de sua potência instalada, por meio da análise da relação entre a variação do custo de implantação e a variação do benefício gerado por cada alternativa de motorização.

Inicialmente, foi feito um “mapeamento” energético do sítio, para várias potências instaladas, com estimativas das energias médias, de seus respectivos fatores de capacidade, vazões turbinadas máximas e permanência destas na série de vazões médias mensais. Este estudo preliminar objetivou a escolha da faixa de potências a serem estudadas, em maior nível de detalhamento, nos estudos de motorização.

A Tabela 11-4 apresenta os resultados dessas simulações energéticas, considerando uma perda de carga média de 2% da queda bruta. Ressalta-se que nos estudos de motorização propriamente ditos, etapa na qual são levantadas as curvas de perda de carga no circuito de adução, os valores poderão diferir dos apresentados na referida tabela.

Tabela 11-4: Mapeamento energético preliminar

P_{inst} (MW)	E_{med} (MW _{med})	f_{c-med}	ΔE_{med} (MW _{med})	Q_{turb} (m ³ /s)	% perm ₁	% perm ₂	Despacho (% do tempo)
6,00	5,82	0,97	-	30,77	100,00%	93,81%	100,00%
6,10	5,91	0,97	0,09	31,29	100,00%	91,26%	100,00%
6,20	6,00	0,97	0,09	31,80	100,00%	87,19%	100,00%
6,30	6,09	0,97	0,09	32,31	100,00%	83,94%	100,00%
6,40	6,18	0,97	0,09	32,82	99,51%	80,96%	100,00%
6,50	6,26	0,96	0,08	33,34	98,89%	76,91%	100,00%
6,60	6,34	0,96	0,08	33,85	97,12%	73,05%	100,00%
6,70	6,41	0,96	0,07	34,36	94,31%	69,17%	100,00%
6,80	6,48	0,95	0,07	34,88	93,57%	64,30%	100,00%
6,90	6,55	0,95	0,07	35,39	90,29%	61,46%	100,00%
7,00	6,61	0,94	0,06	35,90	85,70%	54,80%	100,00%
7,10	6,67	0,94	0,06	36,41	82,89%	49,38%	100,00%
7,20	6,72	0,93	0,05	36,93	78,65%	44,05%	100,00%
7,30	6,76	0,93	0,04	37,44	75,45%	38,49%	100,00%
7,40	6,81	0,92	0,04	37,95	73,29%	34,61%	100,00%
7,50	6,84	0,91	0,04	38,47	68,34%	32,11%	100,00%
7,60	6,87	0,90	0,03	38,98	64,88%	29,43%	100,00%
7,70	6,90	0,90	0,03	39,49	60,56%	26,10%	100,00%
7,80	6,93	0,89	0,03	40,00	54,00%	24,87%	100,00%
7,90	6,95	0,88	0,03	40,52	48,25%	22,68%	100,00%
8,00	6,98	0,87	0,02	41,03	44,10%	20,69%	100,00%
8,10	7,00	0,86	0,02	41,54	39,17%	19,91%	100,00%
8,20	7,02	0,86	0,02	42,06	34,84%	18,03%	100,00%
8,30	7,03	0,85	0,02	42,57	31,98%	15,69%	100,00%
8,40	7,05	0,84	0,01	43,08	29,55%	13,77%	100,00%
8,50	7,06	0,83	0,01	43,59	26,75%	11,78%	100,00%
8,60	7,07	0,82	0,01	44,11	25,29%	10,15%	100,00%
8,70	7,08	0,81	0,01	44,62	23,49%	8,77%	100,00%
8,80	7,09	0,81	0,01	45,13	20,79%	7,08%	100,00%
8,90	7,10	0,80	0,01	45,65	20,37%	5,94%	100,00%

P_{inst} (MW)	E_{med} (MW _{med})	f_{c-med}	ΔE_{med} (MW _{med})	Q_{turb} (m ³ /s)	% perm ₁	% perm ₂	Despacho (% do tempo)
9,00	7,10	0,79	0,00	46,16	18,94%	5,04%	100,00%
9,10	7,10	0,78	0,00	46,67	16,63%	3,58%	100,00%
9,20	7,11	0,77	0,00	47,18	14,84%	2,64%	100,00%
9,30	7,11	0,76	0,00	47,70	13,15%	1,53%	100,00%
9,40	7,11	0,76	0,00	48,21	11,58%	1,30%	100,00%
9,50	7,11	0,75	0,00	48,72	9,42%	0,78%	100,00%
9,60	7,11	0,74	0,00	49,24	8,44%	0,58%	100,00%
9,70	7,11	0,73	0,00	49,75	6,89%	0,17%	100,00%
9,80	7,11	0,73	0,00	50,26	5,48%	0,08%	100,00%
9,90	7,11	0,72	0,00	50,77	4,86%	0,00%	100,00%
10,00	7,11	0,71	0,00	51,29	3,33%	0,00%	100,00%

P_{inst}	:	potência instalada de referência;
E_{med}	:	energia média (média do período total da série histórica de simulação);
f_{c-med}	:	fator de capacidade médio;
ΔE_{med}	:	variação de energia média;
Q_{turb}	:	vazão turbinada total;
%perm ₁	:	porcentagem da vazão turbinada total na curva de permanência de vazões médias mensais, sem descontar as vazões remanescentes;
%perm ₂	:	porcentagem da vazão turbinada total na curva de permanência de vazões médias mensais, descontadas as vazões remanescentes;
Despacho	:	garantia de despacho, em % do tempo (vazão unitária mínima operacional).

A Figura 11-1 mostra a curva preliminar de energia média estimada para o aproveitamento.

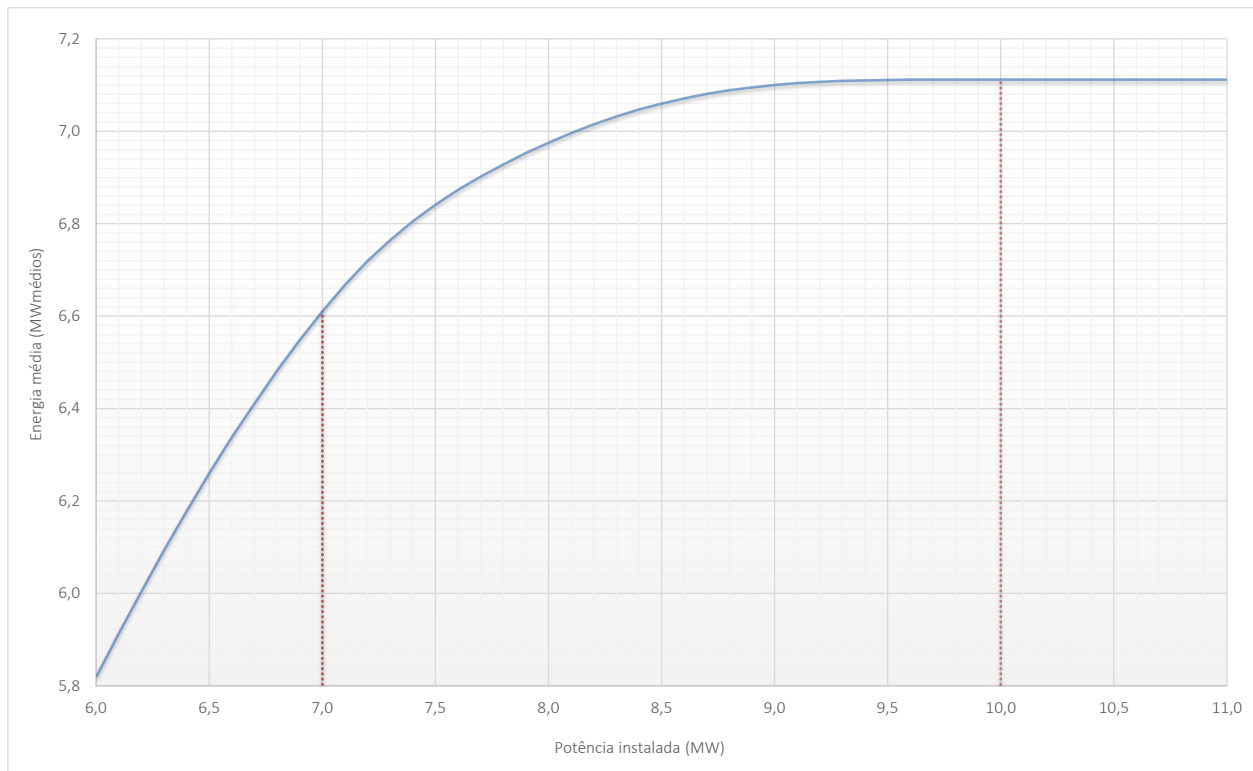


Figura 11-1: Curva de energia média produzida (preliminar)

Os resultados preliminares mostraram que a faixa operativa da usina, a ser detalhada nos estudos de motorização, estaria entre 7,0 MW e 9,5 MW, potência a partir da qual a curva de energia se mostra nitidamente saturada.

Sendo assim, os estudos de motorização abrangeram a faixa de potências instaladas entre **7,0 MW e 10,0 MW**, com incremento de **0,5 MW**.

Para cada potência, foram dimensionadas e quantificadas as estruturas principais do circuito de geração.

Para garantir maior precisão nestes estudos, estimaram-se, para cada alternativa de potência instalada, as perdas de carga em todo o circuito de adução, representadas por meio de equações inseridas no modelo computacional desenvolvido para os estudos energéticos.

O canal de adução será escavado em solo e totalmente revestido em manta PEAD, tendo a montante uma estrutura de controle em concreto.

O circuito sob pressão foi previsto em conduto metálico e deverá trabalhar com velocidades que garantam tanto a proteção contra sobrepresão como a regulação das máquinas.

A usina foi implantada, nesses estudos de motorização, com dois conjuntos turbina-gerador de eixo horizontal, do tipo Francis simples, de mesma potência.

A Tabela 11-5 seguinte apresenta os coeficientes das equações utilizadas para as perdas de carga no circuito de adução, em função da vazão turbinada total para o trecho em baixa pressão (tomada d'água de controle e canal de adução) e em função da vazão turbinada unitária para o trecho de alta pressão (entre a tomada d'água até a entrada da turbina, incluindo a saída do tubo de sucção).

Tabela 11-5: Estudos de motorização – Coeficientes das equações de perda de carga

P _{instalada} (MW)	$h_{p1} = a(Q_{turb-tot})^b$		$h_{p2} = c(Q_{turb-unit})^d$	
	a	b	c	d
7,00	3,8630832406E-05	2,1780727342E+00	1,6915372104E-03	1,9660782123E+00
7,50	3,2316835503E-05	2,1993827897E+00	1,3764577998E-03	1,9701604627E+00
8,00	2,6273342501E-05	2,2260087911E+00	1,1631156597E-03	1,9760720363E+00
8,50	2,2197039425E-05	2,2491750919E+00	1,0424420204E-03	1,9830545456E+00
9,00	1,8846404089E-05	2,2729026967E+00	8,5489978426E-04	1,9860296953E+00
9,50	1,5593491325E-05	2,3018607395E+00	7,7650215453E-04	1,9857990903E+00
10,00	1,3387740103E-05	2,3262907207E+00	6,7169539150E-04	1,9842665552E+00

A Tabela 11-6 apresenta os resultados das simulações energéticas. Os efeitos do aumento na motorização da PCH SU-93 processam-se apenas na própria usina, visto que operará a fio d'água.

Tabela 11-6: Estudos de Motorização – Simulações energéticas

P_{inst} (MW)	$H_{liq-ref}$ (m)	$H_{liq-proj}$ (m)	Q_{turb} (m ³ /s)	E_{med} (MW)	ΔE_{med} (MW)	f_{c-med}	% perm ₁	% perm ₂	Garantia de despacho
7,00	22,63	23,03	34,95	6,68	-	0,95	92,34%	64,18%	100%
7,50	22,66	23,07	37,40	6,97	0,29	0,93	76,64%	38,66%	100%
8,00	22,67	23,10	39,88	7,15	0,18	0,89	57,02%	25,32%	100%
8,50	22,65	23,12	42,41	7,27	0,11	0,86	33,75%	15,95%	100%
9,00	22,67	23,17	44,85	7,34	0,08	0,82	22,50%	7,92%	100%
9,50	22,69	23,20	47,31	7,38	0,03	0,78	14,30%	2,45%	100%
10,00	22,75	23,24	49,67	7,39	0,02	0,74	7,24%	0,19%	100%

- P_{inst} : potência instalada de referência;
- E_{med} : energia média (média do período total da série histórica de simulação);
- f_{c-med} : fator de capacidade médio;
- ΔE_{med} : variação de energia média;
- Q_{turb} : vazão turbinada total;
- $H_{liq-proj}$: queda líquida de projeto;
- $H_{liq-ref}$: queda líquida de referência;
- %perm₁ : porcentagem da vazão turbinada total na curva de permanência de vazões médias mensais, sem descontar as vazões remanescentes;
- %perm₂ : porcentagem da vazão turbinada total na curva de permanência de vazões médias mensais, descontadas as vazões remanescentes;
- Despacho : garantia de despacho, em % do tempo (vazão unitária mínima operacional).

A Figura 11-2 apresenta o comportamento da energia média em função da potência instalada.

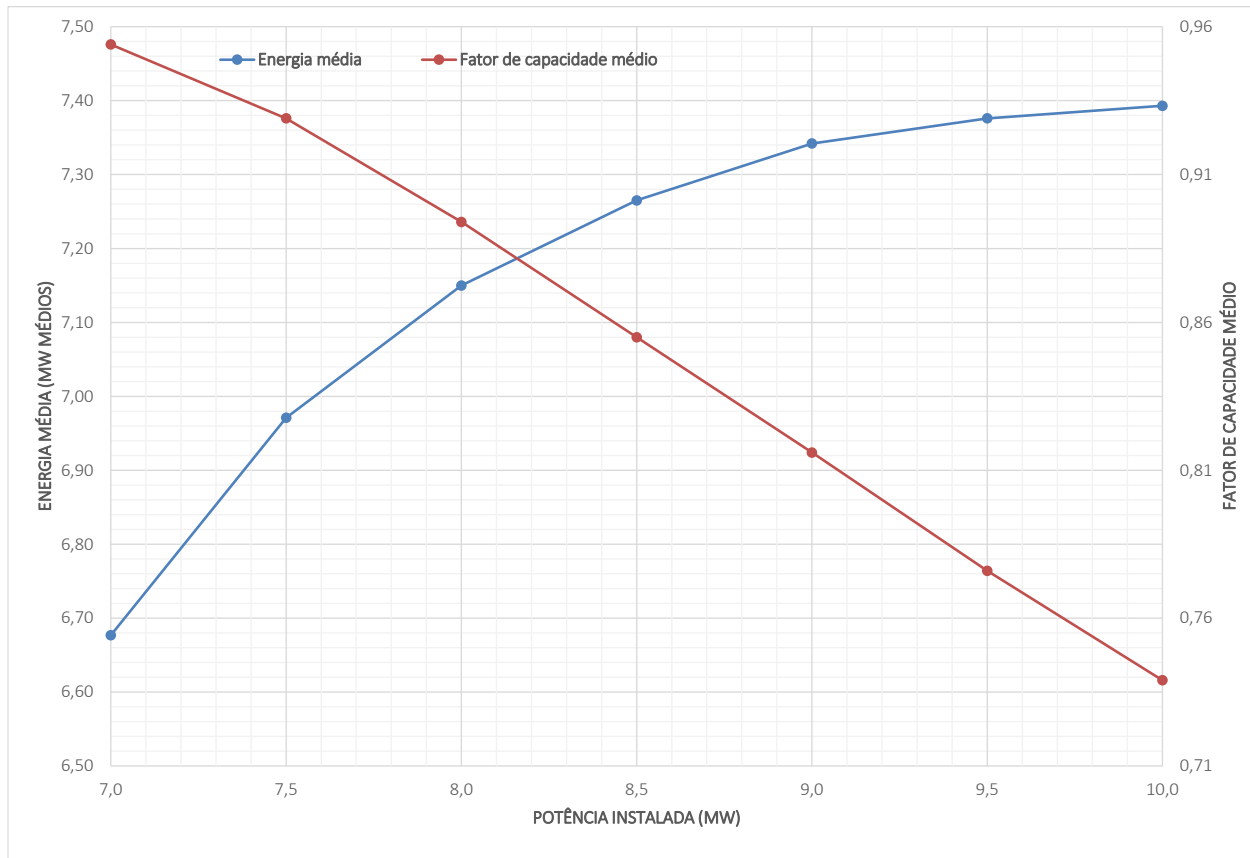


Figura 11-2: Estudos de Motorização – Energia média e Fator de Capacidade

Além da estimativa das energias médias geradas em cada alternativa, foram feitos levantamentos de quantidades e custos para as obras principais que sofrerão alterações com o acréscimo da potência instalada.

As quantidades que sofreram variações com os incrementos de potência são:

- Estrutura de controle do canal de adução: levantamento dos volumes de concreto e equipamentos;
- Canal de adução: levantamento das escavações em solo e do revestimento em PEAD;
- Tomada d'água de adução: levantamento dos volumes de concreto e equipamentos;
- Conduto forçado: levantamento dos volumes de concreto estrutural dos blocos e custos da blindagem metálica;
- Casa de força: levantamento dos volumes de concreto e custos de equipamentos eletromecânicos.

Nestes estudos de motorização optou-se por não quantificar os volumes de escavação a céu aberto na tomada d'água, conduto forçado, casa de força e canal de fuga, tendo em vista que os volumes diferenciais serão de pequena monta e não deverão impactar na escolha da motorização "ótima" do aproveitamento.

Em adição, considera-se essa envoltória como mais segura, uma vez que os diferenciais de custos, considerando-se as escavações, tenderiam a ser ligeiramente maiores, o que poderia levar o ponto "ótimo" da potência para um valor inferior ao determinado a partir das premissas aqui adotadas. A tabela seguinte

apresenta alguns parâmetros do circuito de adução que sofreram variação com o aumento da potência instalada e, conseqüentemente, da vazão turbinada.

Tabela 11-7: Estudos de Motorização – Parâmetros do circuito de adução alterados com a potência instalada

Parâmetros	P = 7,0 MW	P = 7,5 MW	P = 8,0 MW	P = 8,5 MW	P = 9,0 MW	P = 9,5 MW	P = 10,0 MW
H _{liq-referência} (m)	22,63	22,66	22,67	22,65	22,67	22,69	22,75
H _{liq-projeto} (m)	23,03	23,07	23,10	23,12	23,17	23,20	23,24
Q _{turb-total} (m ³ /s)	34,95	37,40	39,89	42,42	44,86	47,31	49,67
Nunidades	2	2	2	2	2	2	2
P _{turbina} (kW)	3.609	1.933	1.375	1.096	928	817	737
n _{turbina} (rpm)	400,00	360,00	360,00	360,00	327,27	327,27	327,27
P _{gerador} (kVA)	3.889	4.167	4.445	4.723	5.000	5.278	5.556
n _{gerador} (rpm)	400,00	360,00	360,00	360,00	327,27	327,27	327,27
η _{turb}	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%
η _{ger}	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%
L _{canal} (m)	540	540	540	540	540	540	540
b _{canal} (m)	4,40	4,50	4,70	4,80	4,90	5,10	5,20
d _{cond} (m)	2,90	3,00	3,10	3,20	3,30	3,40	3,50
L _{CF-bloco} (m)	6,20	6,50	6,60	6,60	6,90	6,90	6,90
L _{AM} (m)	10,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00
L _{CF-total} (m)	22,40	24,00	24,20	24,20	24,80	24,80	24,80
V _{escav-canal} (m ³)	59.173	59.658	60.466	60.951	61.436	62.244	62.728
PEAD (m ²)	12.220	12.495	12.823	13.098	13.372	13.700	13.974
V _{conc-TA-canal} (m ³)	410	415	420	425	429	434	439
V _{conc-TA} (m ³)	2.010	2.056	2.102	2.148	2.188	2.236	2.276
V _{conc-conduto} (m ³)	430	471	505	530	578	605	645
V _{conc-CF} (m ³)	2.030	2.150	2.340	2.410	2.540	2.600	2.750
Blindagem (t)	192	201	208	214	221	298	307

Uma vez levantadas as quantidades foram elaborados orçamentos preliminares, tendo como base o Orçamento Padrão Eletrobrás – OPE, contendo apenas as contas relativas aos itens que sofreram variação, para a estimativa, em cada alternativa, dos correspondentes incrementais de custos.

As outras contas (barragem, vertedouro, desvio do rio, etc.) não devem variar com a potência instalada, e serão quantificadas apenas para a alternativa final de motorização.

Os custos de investimento, apenas do circuito de geração da usina, estão apresentados nas tabelas seguintes. Estes foram estimados por meio levantamento de quantidades, sendo a base de dados dos custos unitários atualizada para a data de junho/2021.

Tabela 11-8: Estudos de Motorização – Estimativa de custos do circuito de geração (R\$ x 10³)

Conta	P = 7,0 MW	P = 7,5 MW	P = 8,0 MW	P = 8,5 MW	P = 9,0 MW	P = 9,5 MW	P = 10,0 MW
.10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
.11	4.410,51	4.662,42	5.014,30	5.187,30	5.453,30	5.606,53	5.906,66
.12	10.611,95	11.103,70	11.473,68	11.778,62	12.137,56	13.950,30	14.326,63
.13	11.024,13	12.116,11	12.665,35	13.183,00	14.366,12	14.901,63	15.473,67
.14	2.976,51	3.271,35	3.419,65	3.559,41	3.878,85	4.023,44	4.177,89
.15	610,74	673,92	694,98	737,10	779,22	821,34	863,46
.16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Custo Direto	29.633,84	31.827,50	33.267,96	34.445,43	36.615,05	39.303,24	40.748,31
Custos Indiretos	3.840,56	4.124,87	4.311,53	4.464,12	4.745,30	5.093,70	5.280,98
Custo Total s/ Juros	33.474,40	35.952,37	37.579,49	38.909,55	41.360,35	44.396,94	46.029,29
JDC	3.347,44	3.595,24	3.757,95	3.890,96	4.136,04	4.439,69	4.602,93
Custo Total	36.821,84	39.547,61	41.337,44	42.800,51	45.496,39	48.836,63	50.632,22

* custo total do circuito de geração – estrutura de controle, canal de adução, tomada d'água, conduto forçado e casa de força.

Na tabela anterior, foram considerados percentuais de 8% para os eventuais de cada conta e de 10% para os juros durante a construção. Os custos indiretos possuem pequena variação, em função de contas representadas por percentuais do custo direto da obra.

A Tabela 11-9 apresenta os custos totais anuais de cada alternativa de motorização, e suas variações, ou incrementos. Para a estimativa dos custos de operação e manutenção, foi adotado o seguinte parâmetro:

- Custo de operação e manutenção (O&M)..... R\$ 16,00/MWh

Tabela 11-9: Estudos de Motorização – Estimativa de custos do circuito de geração

P _{inst} (MW)	Custo total* (R\$)	ΔC _{total} (R\$)	O&M (R\$/ano)	Custo total anual (R\$)	ΔC _{anual} (R\$)
7,00	36.821.840	-	981.120	4.799.166	-
7,50	39.547.610	2.725.770	1.051.200	5.151.880	352.714
8,00	41.337.440	1.789.830	1.121.280	5.407.547	255.667
8,50	42.800.510	1.463.070	1.191.360	5.629.332	221.785
9,00	45.496.390	2.695.880	1.261.440	5.978.947	349.615
9,50	48.836.630	3.340.240	1.331.520	6.395.376	416.429
10,00	50.632.220	1.795.590	1.401.600	6.651.640	256.264

* custo total do circuito de geração – estrutura de controle, canal de adução, tomada d'água, conduto forçado e casa de força.

A análise dos incrementais dos custos totais do circuito de geração mostra variações entre R\$ 1.500.000,00 até R\$ 3.300.000,00.

Em linhas gerais, os incrementais de custos para o circuito de adução, para o aumento da potência instalada, ocorrerão nas seguintes condições:

- **Caso 1:** aumento da base do canal de adução;
- **Caso 2:** aumento do diâmetro do conduto forçado principal;
- **Caso 3:** aumento da espessura da chapa do conduto forçado;
- **Caso 4:** redução da rotação dos grupos geradores, para manter as submergências numa mesma faixa.

A Tabela 11-10 apresenta os parâmetros principais do circuito de adução para cada alternativa de potência instalada, podendo ser identificados os pontos nos quais houve alteração do circuito com relação ao passo anterior, impactando nos custos de implantação.

Tabela 11-10: Parâmetros do circuito de adução para cada alternativa de potência

P_{inst} (MW)	ΔC_{total} (R\$)	Largura da base do canal de adução [Caso 1]	Diâmetro (m) do conduto principal [Caso 2]	Espessura (mm) do conduto principal [Caso 3]	Rotação dos grupos geradores (rpm) [Caso 4]
7,00	-	4,40	2,90	9,53	400,00
7,50	2.725.770	4,50	3,00	9,53	360,00
8,00	1.789.830	4,70	3,10	9,53	360,00
8,50	1.463.070	4,80	3,20	9,53	360,00
9,00	2.695.880	4,90	3,30	9,53	327,27
9,50	3.340.240	5,10	3,40	12,70	327,27
10,00	1.795.590	5,20	3,50	12,70	327,27

Os resultados mostram que os maiores incrementais de custos foram observados na mudança na rotação dos grupos geradores (7,0 MW para 7,5 MW e 8,5 MW para 9,0 MW) e na alteração da espessura da chapa do conduto (9,0 MW para 9,5 MW).

Para as estimativas do benefício econômico de cada alternativa de motorização foram consideradas as seguintes premissas:

- Taxa de juros..... 10% a.a.
- Período da autorização..... 35 anos
- Valores de venda da energia:
 - Cenário 01..... R\$ 237,00/MWh
 - Cenário 02..... R\$ 292,00/MWh

O Cenário 01 apresenta um valor de venda da energia compatível com a média dos últimos anos dos Leilões de Energia no ACR, para a mesma fonte, conforme mostrado no item 11.1.2.

Já o Cenário 02 resulta do preço teto definido para o Leilão de Energia Nova A-4 realizado em julho de 2021, praticamente na mesma data-base dos estudos.

A Tabela 11-11 apresenta as variações de custo/benefício ($\Delta C/\Delta B$) para cada alternativa de motorização, considerando os dois cenários pré-determinados. A análise dos resultados permitirá a escolha da potência instalada da usina, cujo valor mínimo está associado ao ponto no qual a variação de custo de implantação ainda não supera o benefício gerado pelo empreendimento, ou seja, no ponto onde o índice $\Delta C/\Delta B$ for próximo de 1,0.

Os resultados também podem ser observados no gráfico da Figura 11-3. Nestes apresentam-se o comportamento da variação do incremental de custo anual pelo incremental do benefício anual, em função da potência instalada.

Tabela 11-11: Estudos de Motorização – Variação Custo/Benefício anual para cada potência instalada

P _{inst} (MW)	ΔC_{anual} (R\$)	Cenário 01 (R\$ 237,00/MWh)			Cenário 02 (R\$ 292,00/MWh)		
		B _{anual} (R\$)	ΔB (R\$)	$\Delta C/\Delta B$	B _{anual} (R\$)	ΔB (R\$)	$\Delta C/\Delta B$
7,00	-	13.868.482	-	-	17.086.906	-	-
7,50	352.714	14.470.556	602.075	0,59	17.828.702	741.797	0,48
8,00	255.667	14.844.258	373.702	0,68	18.289.128	460.426	0,56
8,50	221.785	15.093.392	249.134	0,89	18.596.078	306.950	0,72
9,00	349.615	15.238.721	145.328	2,41	18.775.133	179.054	1,95
9,50	416.429	15.321.766	83.045	5,01	18.877.450	102.317	4,07
10,00	256.264	15.342.527	20.761	12,34	18.903.029	25.579	10,02

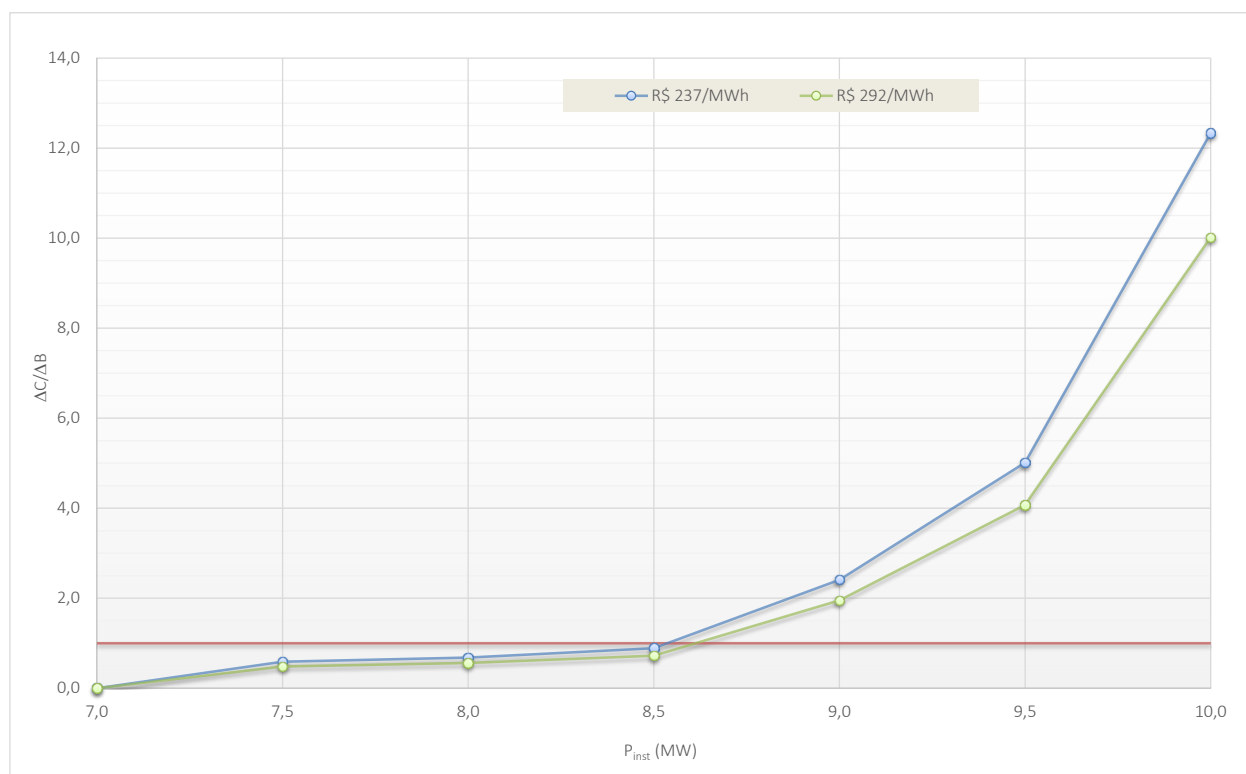


Figura 11-3: Estudos de Motorização – Variação custo/benefício

De acordo com os resultados obtidos, o índice $\Delta C/\Delta B$ assumiu definitivamente valores superiores à unidade a partir da incremental de 8,5 MW para 9,0 MW para ambos os cenários avaliados.

Ante ao exposto, foi definida a potência instalada de **8,5 MW** para a casa de força principal da PCH SU-93.

Para esta potência associa-se um fator de capacidade de aproximadamente 0,85 e uma vazão turbinada com permanência de aproximadamente 16% do tempo (descontando as vazões remanescentes), comprovando que não há qualquer evidência de submotorização.

A estimativa dos custos finais do aproveitamento, com base no dimensionamento final e detalhamento de suas estruturas principais, será realizada para a referida potência.

11.1.4. Determinação do Número de Unidades Geradoras

Em função do pequeno porte do empreendimento e da boa capacidade de regularização da bacia, optou-se, por razões econômicas, pela implantação de duas unidades geradoras tipo Kaplan “S” de eixo horizontal na casa de força principal da PCH SU-93, o que resultará em garantia de despacho em 100% do tempo.

11.1.5. Estudos de Otimização do Circuito de Adução

Após as definições das posições finais das estruturas do circuito e da modulação das unidades geradoras, foram promovidas otimizações no projeto do conduto forçado, com relação ao estimado na fase de motorização.

Após todos os dimensionamentos, o circuito de adução otimizado foi devidamente implantado.

11.1.6. Determinação da Energia Média

Após a implantação do circuito otimizado, foi elaborada a curva de perdas de carga para balizar os estudos energéticos finais do aproveitamento.

As perdas hidráulicas no circuito de adução foram estimadas por meio de equações em função das características físicas do circuito, desde a tomada d'água de controle do canal de adução até a entrada das turbinas, incluindo também a saída do tubo de sucção e o canal de fuga.

De maneira geral, as perdas no circuito final, h_p , foram representadas pela seguinte relação:

$$h_p = h_{p1} + h_{p2} + h_{p\text{-canal de fuga}}$$

onde

- h_{p1} : perdas hidráulicas no circuito de baixa pressão, desde a tomada d'água de controle do canal até a câmara de carga, em função da vazão turbinada total;
- h_{p2} : perdas hidráulicas no circuito de alta pressão, desde a tomada d'água até a entrada da turbina e também a saída do tubo de sucção, em função da vazão turbinada unitária;
- $h_{p\text{-canal de fuga}}$: perdas hidráulicas no canal de fuga (valor nominal, devido à pequena magnitude).

A Figura 11-4 apresenta as referidas curvas, que relacionam as perdas de carga com as vazões turbinadas totais para o trecho de baixa pressão e unitárias para o trecho de alta pressão.

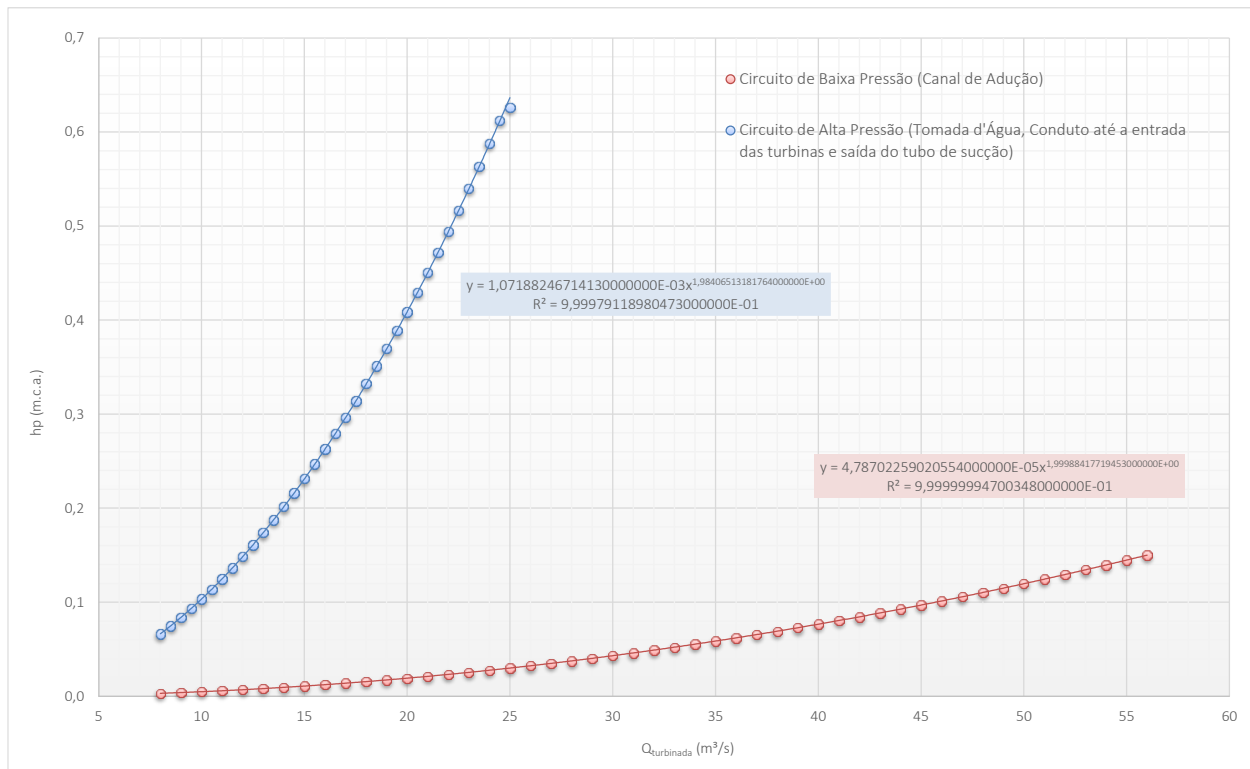


Figura 11-4: Curvas de perdas de carga no circuito de adução

$$h_{p1} = 4,78702259020554 \times 10^{-5} Q_{turb-tot}^{1,99988417719453}$$

$$h_{p2} = 1,0718824671413 \times 10^{-3} Q_{turb-unit}^{1,98406513181764}$$

$$h_{p-can\ de\ fuga} = 0,01\ m$$

Com isso, estimou-se a energia média gerada na casa de força principal da PCH SU-93, resultando em 7,27 MW médios, já descontadas as indisponibilidades.

A Figura 11-5 mostra a curva de energia produzida no aproveitamento, representada pela área abaixo da curva em azul, considerando a série de vazões médias mensais turbináveis (descontadas as vazões remanescentes).

Observa-se que à potência instalada de 8,5 MW, definida como o ponto ótimo de motorização, associa-se uma vazão turbinada máxima de 42,4 m³/s, cujo valor tem permanência, na série de vazões médias mensais turbináveis, de aproximadamente 16% do tempo, o que evidencia que a usina não está submotorizada.

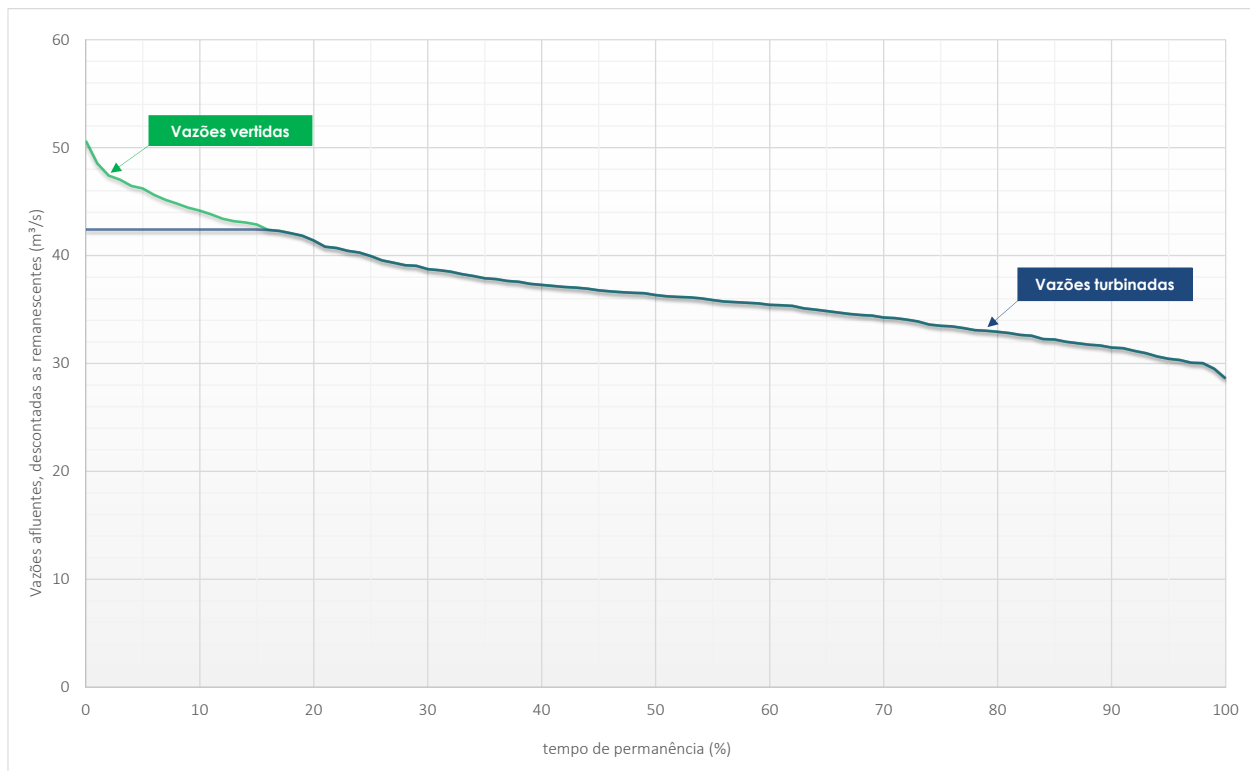


Figura 11-5: Curva de energia produzida pelo aproveitamento (série de vazões turbináveis)

11.1.7. Determinação das Quedas de Projeto e de Referência

A Figura 11-6 apresenta a curva de permanências de quedas brutas, enquanto a Figura 11-7 apresenta a curva de permanências de quedas líquidas, na qual foram descontadas as perdas de carga impostas para cada valor de vazão a ser turbinada.

A queda líquida de referência do aproveitamento foi definida como a queda com 95% do tempo de permanência, na curva mostrada na Figura 11-7. O dimensionamento das turbinas deverá ser feito a partir dessa queda, com vistas à definição do engolimento máximo de cada unidade.

A queda líquida de projeto, por sua vez, foi estimada por meio do cálculo do valor médio ponderado com a produção energética, de acordo com a equação seguinte:

$$h_{liq-proj} = \frac{\sum_{i=1}^n h_{liq-i} E_{med-i}}{\sum_{i=1}^n E_{med-i}}$$

onde n é o número de meses da simulação energética.

Essa queda estará associada ao ponto no qual o rendimento da turbina é máximo, e deve ser utilizada para o cálculo da energia assegurada da usina.

Dessa forma, os seguintes valores foram calculados e adotados:

- Queda líquida de referência22,65 m
- Queda líquida de projeto23,12 m

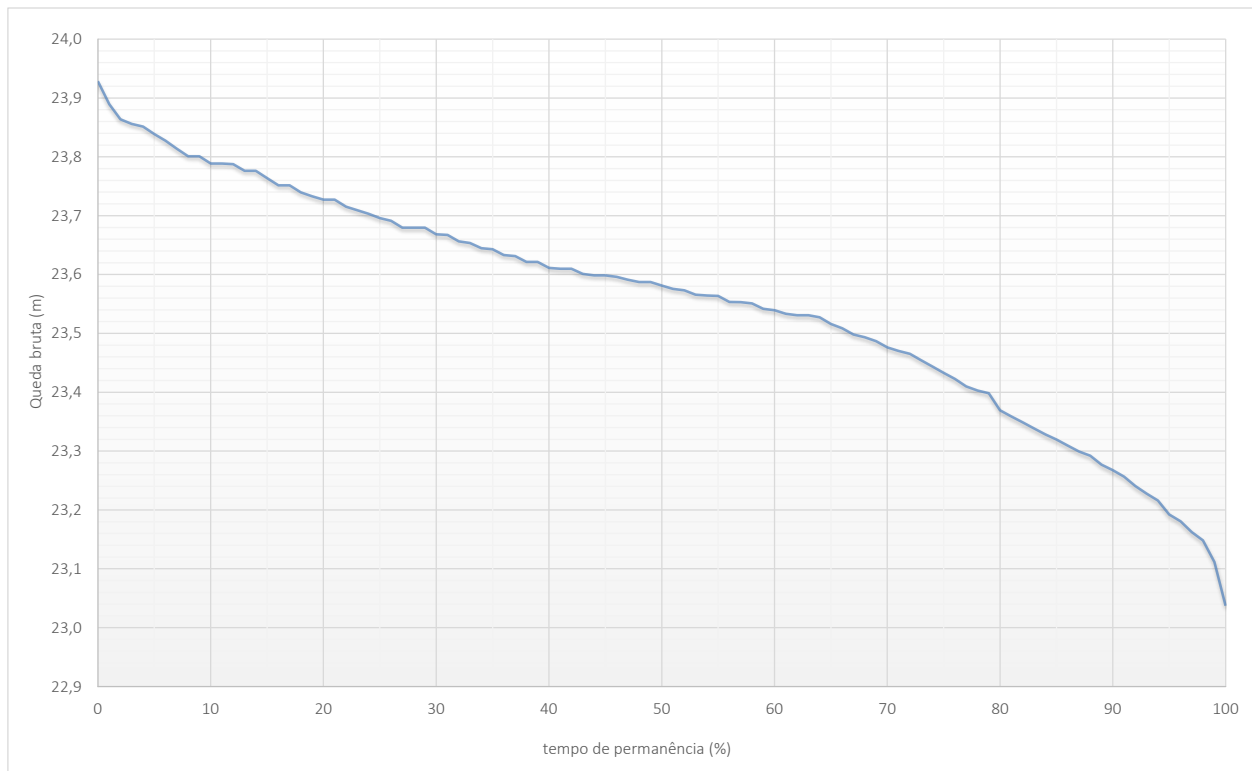


Figura 11-6: Curva de permanência de quedas brutas

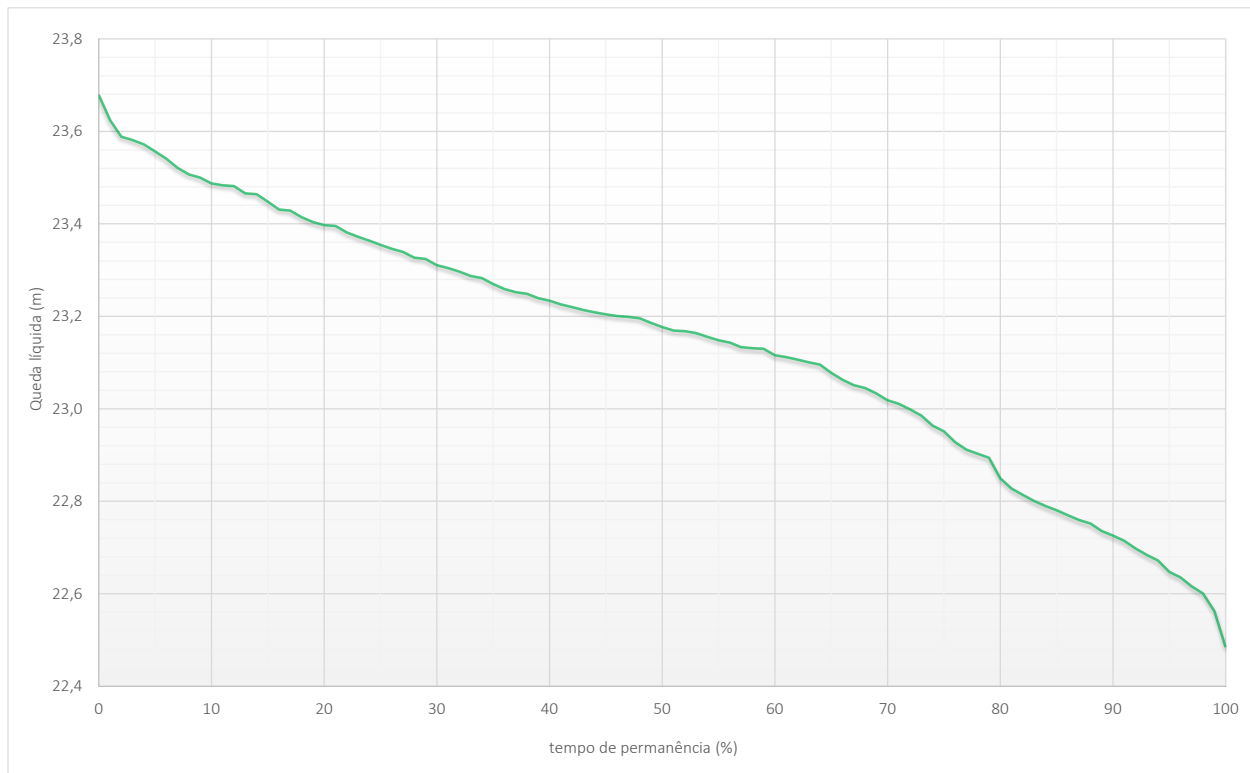


Figura 11-7: Curva de permanência de quedas líquidas

11.2. Casa de Força Complementar

Neste item são apresentadas as simulações energéticas para a casa de força complementar, prevista para o aproveitamento energético da vazão remanescente.

11.2.1. Parâmetros para as Simulações Energéticas

Os parâmetros adotados para a simulação energética da casa de força complementar foram os seguintes:

- Nível d'água de montante310,00 m
- Nível d'água de jusante.....curva-chave no eixo do barramento (NA nominal = 292,43 m)
- Queda bruta nominal.....17,57 m
- Perda hidráulica nominal..... 3% da queda bruta
- Queda líquida nominal.....17,04 m
- TEIF (Taxa Equivalente de Indisponibilidade Forçada) 1,26%
- IP (Indisponibilidade Programada)..... 1,74%
- Rendimento nominal da turbina.....91,0%
- Rendimento nominal do gerador.....95,0%
- Série de vazões médias mensais..... jan/1974 a dez/2020
- Potência instalada..... 650 kW

- Número de unidades 1
- Tipo de turbina hélice
- Consumo interno inseridas na casa de força principal
- Perdas elétricas.....contabilizadas na casa de força principal
- Vazão remanescente nula
- Vazões para usos consuntivos nula

Nos itens subsequentes apresentam-se as justificativas técnicas para os parâmetros do projeto.

a) Nível d'Água normal de jusante

As variações no nível de jusante serão regidas pela curva-chave definida para o eixo do barramento, conforme a seguinte equação:

$$NA = \left(\frac{Q_{defl}}{9,25517076335179} \right)^{1/1,79004785734982} + 291,75$$

O nível d'água normal de jusante está associado à vazão turbinada nominal da unidade geradora.

Dessa forma, o NA normal de jusante para a casa de força complementar seria:

- Vazão turbinada nominal da unidade geradora.....4,50 m³/s (resultado do modelo)
- NA normal de jusante para a casa de força complementar.....292,43 m

b) Queda bruta nominal

A queda bruta nominal é a diferença entre o NA máximo normal de montante e o NA normal de jusante:

- Nível d'água máximo normal de montante310,00 m
- Nível d'água normal de jusante292,43 m
- Queda bruta nominal na casa de força complementar17,57 m

c) Perdas hidráulicas e Queda líquida nominal

As perdas hidráulicas no circuito de adução foram estimadas em 3% da queda bruta, devido à simplicidade do sistema adutor.

- Perda hidráulica nominal.....0,53 m.c.a.
- Queda líquida nominal.....17,04 m

d) Tipo de turbina

Em função da queda e da vazão turbinada, foi selecionada uma unidade geradora tipo hélice, apropriada para aproveitamento energético de vazão remanescente.

Na Figura 11-8 apresenta-se um exemplo da solução proposta neste projeto. Neste caso, a instalação do grupo gerador para motorização da vazão sanitária ocorreu após a usina entrar em operação comercial.



Figura 11-8: Turbina tipo hélice instalada no barramento de uma PCH (Fonte: VERKA)

e) Indisponibilidades Forçada e Programada

Foram mantidas as indisponibilidades previstas para a casa de força principal.

f) Vazões médias mensais disponíveis

A simulação energética da casa de força principal resultou numa série de vazões médias mensais vertidas, que considera a previsão mensal de vazão remanescente.

Estas vazões estariam disponíveis para geração de energia na casa de força complementar.

Sendo assim, a série utilizada para a modelagem energética da casa de força complementar, mostrada na Tabela 11-12, será a série de vazões vertidas na simulação da casa de força principal.

Tabela 11-12: Série de vazões médias mensais disponíveis (jan/1974 a dez/2020)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1974	7,51	8,77	9,57	9,10	7,56	4,83	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
1975	4,52	7,01	5,54	6,08	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
1976	4,34	4,53	5,52	4,55	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
1977	4,57	6,45	4,82	4,55	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,30
1978	8,34	6,56	8,94	5,67	5,36	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,19
1979	7,59	9,50	11,68	10,01	5,18	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
1980	5,00	8,06	10,40	8,80	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
1981	6,40	7,56	8,52	8,39	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
1982	7,72	9,52	11,40	6,74	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
1983	5,25	6,17	7,68	5,98	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	5,32
1984	4,34	4,53	6,24	6,01	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
1985	4,82	4,53	6,42	5,98	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
1986	7,00	8,36	7,82	6,66	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
1987	4,34	5,00	5,03	4,55	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
1988	5,33	7,21	9,49	8,61	4,25	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1989	6,21	10,51	10,86	8,42	6,27	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,92
1990	4,48	7,31	7,03	5,50	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
1991	5,93	7,84	8,63	9,23	5,09	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
1992	4,34	5,54	5,52	5,74	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
1993	4,77	7,38	9,46	8,15	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
1994	4,34	8,67	9,19	9,46	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
1995	6,86	10,50	12,58	11,28	6,34	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	6,60
1996	4,51	4,53	7,12	5,29	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
1997	4,34	4,53	7,38	7,12	5,03	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
1998	4,34	4,53	6,34	4,77	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
1999	4,34	4,53	4,65	4,55	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
2000	4,34	4,53	4,77	4,55	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
2001	4,34	4,53	4,65	4,55	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
2002	4,34	4,53	4,65	4,55	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
2003	4,34	4,53	4,65	4,55	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
2004	4,34	4,53	4,65	4,55	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
2005	4,34	4,53	4,65	4,55	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
2006	4,34	4,53	4,65	4,55	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
2007	4,34	4,53	4,65	4,55	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
2008	4,34	4,53	4,65	4,55	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
2009	4,34	4,53	4,65	4,55	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
2010	4,34	4,53	4,65	4,55	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
2011	4,34	4,53	4,65	4,55	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
2012	4,34	4,53	4,65	4,55	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
2013	4,34	4,53	4,65	4,55	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
2014	4,34	4,53	4,65	4,55	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
2015	4,34	4,53	4,65	4,55	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
2016	4,34	4,53	4,65	4,55	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
2017	4,34	4,53	4,65	4,55	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
2018	4,34	4,53	4,65	4,55	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
2019	4,34	4,53	4,65	5,54	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10
2020	4,34	4,53	4,65	4,55	4,24	4,00	3,84	3,74	3,73	3,79	3,92	4,10

g) Potência instalada

Para a definição da potência instalada na casa de força complementar partiu-se da premissa de geração de energia a partir das vazões remanescentes disponibilizadas mensalmente.

Assim sendo, a vazão turbinada nominal deverá ser próxima da vazão remanescente máxima, que será no mês de março.

$$P_{m\acute{a}x} = \rho g H_{liq} Q_{turb} \eta_t \eta_g = 9810 \times 17,05 \times 4,65 \times 0,91 \times 0,95 = 672 \text{ kW}$$

Sendo assim, o valor adotado para a casa de força complementar foi de 650 kW.

h) Vazões remanescentes (Q_r)

A proposta da casa de força complementar é a de aproveitamento energético da vazão remanescente da PCH, com geração de energia ao pé do barramento.

i) Vazões para usos consuntivos (Q_u)

Assim como na casa de força principal, as vazões para usos consuntivos serão nulas.

j) Perdas Elétricas

O cálculo das perdas elétricas na casa de força principal, a ser apresentado no item 11.3, já considera o acréscimo de potência da casa de força complementar.

k) Consumo interno

O valor previsto para a casa de força principal contempla o acréscimo de potência na casa de força complementar.

11.2.2. Cálculo da Energia Média

De posse das informações obtidas, as simulações energéticas resultaram numa energia média equivalente a **0,58 MW médios** a ser produzida somente na casa de força complementar.

Considerando apenas as vazões remanescentes, os valores mensais de potência gerada seriam os seguintes.

Tabela 11-13: Potências médias mensais geradas a partir das vazões remanescentes (kW)

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
627	650	650	650	613	578	555	541	539	548	567	592

11.3. Garantia Física

A Garantia Física (GF) da PCH SU-93 será calculada pelo MME, por meio da metodologia definida na Portaria nº 463/2009, a partir dos parâmetros aprovados pela ANEEL.

Para a casa de força principal, em relação à energia média estimada no item 11.1.6, a GF apresenta as seguintes diferenças conceituais, de acordo com a referida Portaria do MME:

- Utilização da queda bruta nominal, associada à vazão turbinada nominal;
- Utilização da perda de carga hidráulica nominal, ou seja, associada à vazão turbinada nominal, desconsiderando as variações mensais calculadas por meio da curva de perdas hidráulicas;
- Inserção das perdas no consumo interno;
- Inserção das perdas elétricas no sistema de transmissão.

A queda bruta nominal, segundo entendimento da EPE, é a diferença entre o NA do reservatório e o NA do canal de fuga associado à vazão turbinada nominal, ou seja:

- NA máximo do reservatório.....310,00 m
- Vazão turbinada nominal..... 42,14 m³/s
- Vazão remanescente máxima..... 4,65 m³/s
- Vazão defluente nominal (turbina nominal + remanescente máxima)..... 46,79 m³/s
- NA de jusante para a condição nominal:
 - Curva-chave natural (NA associado à vazão defluente nominal)286,67 m
 - NA da usina de jusante.....286,00 m
 - Valor adotado.....286,67 m
- Queda bruta nominal.....23,33 m

De acordo com o modelo elaborado para a PCH, as perdas hidráulicas nominais representam 0,54 m, valor equivalente a aproximadamente 2,3% da queda bruta, conforme a seguinte distribuição:

$$h_p = h_{p1} + h_{p2} + h_{p-\text{canal de fuga}}$$

$$h_{p1} = 0,08 \text{ m (trecho de baixa pressão)}$$

$$h_{p2} = 0,45 \text{ (trecho de alta pressão)}$$

$$h_{p-\text{canal de fuga}} = 0,01 \text{ m}$$

$$h_p = 0,08 \text{ m} + 0,45 \text{ m} + 0,01 \text{ m} = 0,54 \text{ m}$$

As perdas no consumo interno, calculadas de acordo com proposta da ANEEL, representariam 0,3% da potência instalada, tendo sido assumidos 30 kW médios para o projeto.

As perdas elétricas na transmissão, também calculadas por metodologia proposta pela ANEEL, seriam dadas por meio da seguinte equação:

$$h_{p-\text{elet}} = \frac{RL \sum_{i=1}^n \left\{ \min \left[\frac{9,81 [Q_i - (q_r + q_u)] (H_b - h) \eta_{tg}}{1000}; P_{inst} \right] - C_{int} \right\}^2}{V^2 n} \text{ (MW médios)}$$

onde

- R : Resistência ôhmica do condutor (Ohms/km);
- L : Comprimento da linha de transmissão (km);
- P_{inst} : Potência instalada da Central Geradora (MW);
- V : Tensão na linha de interesse restrito (kV);
- C_{int} : consumo interno (MWMédio);
- n : Quantidade de meses do histórico de vazões;

- Q_i : Vazão média do mês i do histórico de vazões (m^3/s);
 q_r : Vazão remanescente do aproveitamento (m^3/s);
 q_u : Vazão de uso consuntivos (m^3/s);
 H_b : Queda bruta nominal (m);
 h : Perdas hidráulicas nominais (m);
 η_{tg} : Rendimento do conjunto turbina e gerador (%)

A conexão da PCH SU-93 com o sistema elétrico da ENERGISA-MT deverá ser efetuada na Subestação Manobra Sapezal, em conjunto com as PCHs SU-104, SU-93 e SU-75, conforme croqui mostrado na Figura 11-9.

Para o cálculo das perdas elétricas considerou-se como potência instalada total o somatório da casa de força principal e da casa de força complementar (potência instalada total da PCH SU-93):

$$P_{inst} = 8.500 \text{ kW} + 650 \text{ kW} = 9.150 \text{ kW}$$

Para a conexão dos empreendimentos serão construídos quatro trechos de linhas de transmissão em circuito simples, conforme mostrado na Tabela 11-14.

Tabela 11-14: Linha de Transmissão – Trechos até a SE Manobra Sapezal

Trecho	Descrição	P _{máxima} (kW)	Tensão (kV)	Extensão (km)	Cabo
1	SU 118 - SU 104	8.500	34,5	7,0	336,4 MCM
2	SU 104 - SU 93	15.200	34,5	5,0	336,4 MCM
3	SU 75 - SU 93	8.100	34,5	13,0	336,4 MCM
4	SU 93 - SE Manobra Sapezal	32.450	138,0	63,0	397,5 MCM

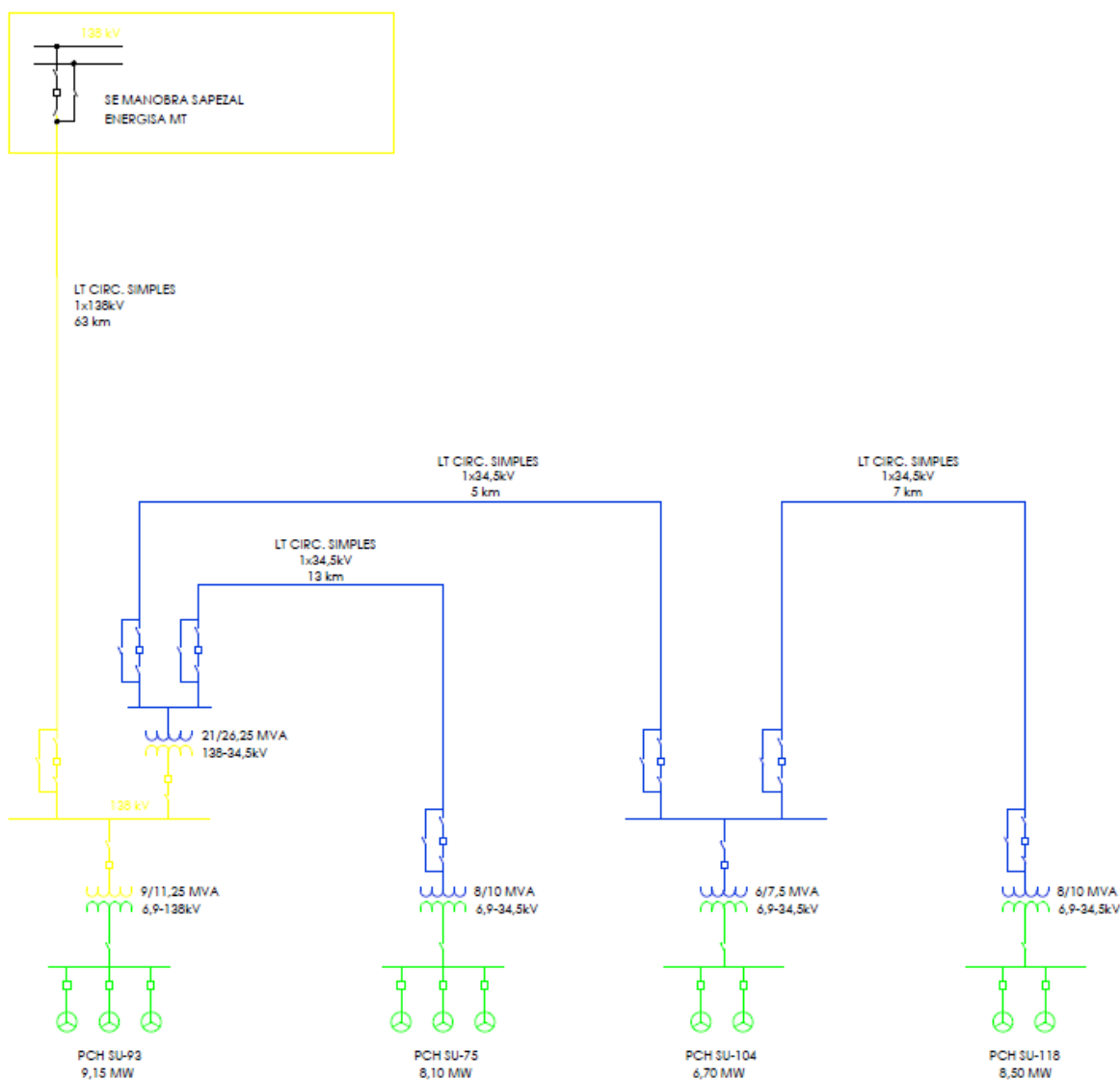


Figura 11-9: Croqui esquemático do sistema de conexão para as PCHs SU-118, SU-104, SU-93 e SU-75

As parcelas das perdas elétricas em cada trecho foram divididas de acordo com as potências instaladas de cada PCH, resultando na distribuição apresentada na Tabela 11-15.

Tabela 11-15: Perdas elétricas em cada trecho (distribuição entre as PCHs)

Trecho	PCH SU-118	PCH SU-104	PCH SU-93	PCH SU-75
1	100,0%	-	-	-
2	55,9%	44,1%	-	-
3	-	-	-	100,0%
4	26,2%	20,6%	28,2%	25,0%

Dessa forma, foram realizados os cálculos das perdas elétricas em cada trecho da conexão e distribuídos entre os aproveitamentos, resultando nos valores da Tabela 11-16.

Tabela 11-16: Perdas elétricas em cada trecho, em MW médios (valores finais por PCH)

Trecho	PCH SU-118	PCH SU-104	PCH SU-93	PCH SU-75
1	0,065	-	-	-
2	0,083	0,065	-	-
3	-	-	-	0,086
4	0,112	0,088	0,120	0,107
Total (MW médios)	0,260	0,153	0,120	0,193

Sendo assim, os parâmetros utilizados para a estimativa da GF da casa de força principal foram os seguintes (perdas elétricas incorporando a casa de força complementar):

- Potência instalada..... 8.500 kW
- Número de unidades2
- Nível d'água máximo normal de montante310,00 m
- Nível d'água normal de jusante286,67 m
- Queda bruta nominal.....23,33 m
- Perda de carga nominal0,54 m
- Queda líquida nominal.....22,79 m
- Consumo interno 0,03 MW médios
- Perdas no sistema de transmissão..... 0,120 MW médios (1,71%)

De posse desses e dos demais dados já informados neste relatório, a Garantia Física da casa de força principal da PCH SU-93 foi estimada em **7,01 MW médios**.

Para a casa de força complementar, que aproveitará energeticamente as vazões remanescentes, o acréscimo de Garantia Física foi equivalente a **0,58 MW médios**.

Sendo assim, a Garantia Física total da PCH SU-93, associada à potência instalada total de 9,15 MW, será de **7,59 MW médios**.

Este número, apesar de não ser oficial, será utilizado para as avaliações econômicas do empreendimento.

As Figura 11-10 e Figura 11-11 apresentam, respectivamente, as séries históricas de vazões vertidas e turbináveis, e a série histórica de potências geradas, para a casa de força principal.

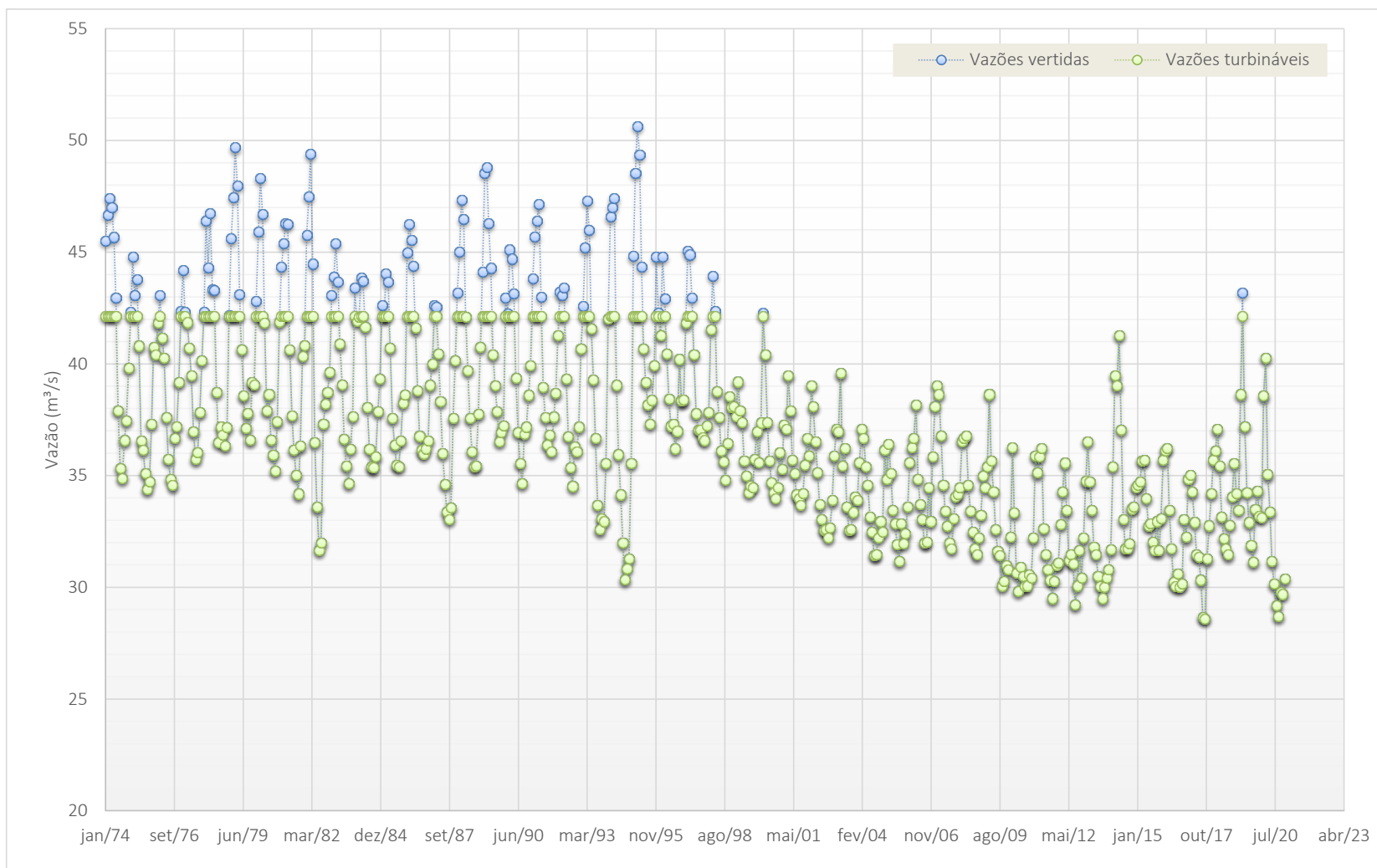


Figura 11-10: Séries históricas de vazões vertidas e turbináveis (1974 a 2020) – Casa de força principal

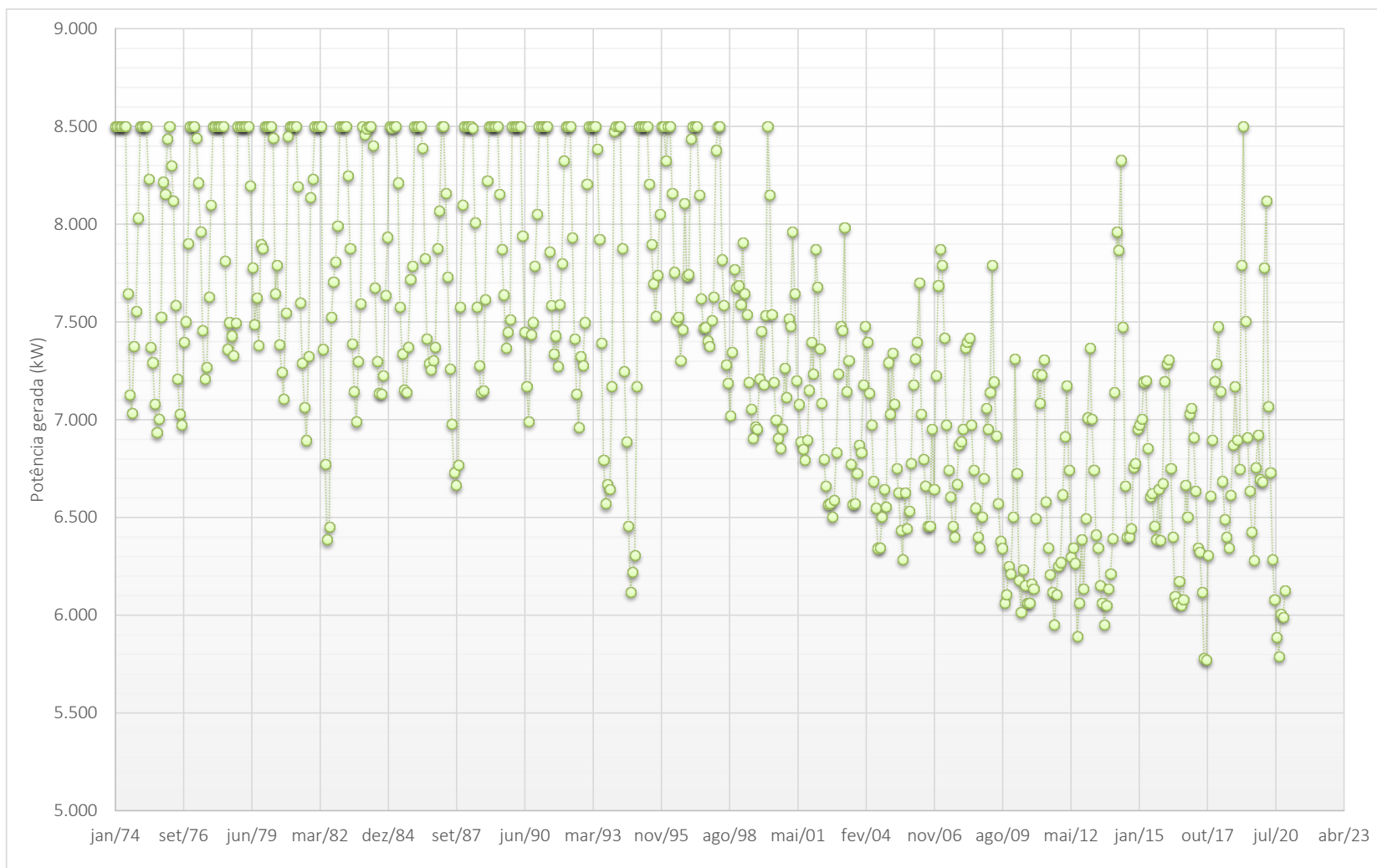


Figura 11-11: Série histórica de potências médias mensais (1974 a 2020) – Casa de força principal

11.4. Determinação das Características Finais do Empreendimento

Com base em todos os estudos realizados até o momento, e com vistas ao detalhamento das estruturas e equipamentos, podem-se definir, para a PCH SU-93, as seguintes características finais:

Tabela 11-17: PCH SU-93 – Características finais

Características	CF principal	CF complementar	Total
Nível d'água máximo normal de montante	310,00 m	310,00 m	-
Nível d'água máximo excepcional de montante	311,50 m	311,50 m	-
Nível d'água mínimo de montante	310,00 m	310,00 m	-
Nível d'água normal de jusante	286,67 m	292,43 m	-
Nível d'água mínimo de jusante	284,60 m	292,35 m	-
Nível d'água máximo excepcional de jusante	288,80 m	295,35 m	-
Queda bruta nominal	23,33 m	17,57 m	-
Perda de carga nominal	0,54 m	0,53 m	-
Queda líquida nominal	22,79 m	17,04 m	-
Queda líquida de referência	22,65 m	17,04 m	-
Queda líquida de projeto	23,12 m	17,04 m	-
Potência instalada	8,50 MW	0,65 MW	9,15 MW
Energia média gerada (jan/1974 a dez/2020)	7,27 MW médios	0,58 MW médios	7,85 MW _{méd}
Fator de capacidade	0,86	0,89	0,86
Indisponibilidade forçada	1,26%	1,26%	-
Indisponibilidade programada	1,74%	1,74%	-
Tipo de turbina	Kaplan "S" de jusante	Hélice	-
Número de unidades	2	1	3
Vazão turbinada nominal (total)	42,14 m ³ /s	4,50 m ³ /s	-
Vazão turbinada unitária nominal	21,07 m ³ /s	4,50 m ³ /s	-
Rendimento nominal da turbina	93,0%	91,0%	-
Rendimento nominal do gerador	97,0%	95,0%	-
Despacho mínimo da turbina	30% da vazão unitária	50% da vazão unitária	-
Vazão mínima turbinada	6,32 m ³ /s	3,73 m ³ /s	-
Potência unitária da turbina	4.382 kW	685 kW	-
Fator de potência	0,90	0,90	-
Potência unitária do gerador	4.723 kVA	723 kVA	-
Garantia Física (expectativa)	7,01 MW médios	0,58 MW médios	7,59 MW _{méd}
Fator de capacidade	0,82	0,89	0,83

12. DETALHAMENTO DO PROJETO

Definidos os parâmetros energéticos para o aproveitamento, foram desenvolvidos os estudos finais de engenharia, nos quais o detalhamento das estruturas e a implantação do arranjo geral delas foram os principais objetivos.

O arranjo apresenta estruturas otimizadas em conformidade com o nível de precisão das informações disponíveis nesta etapa de estudos.

12.1. Arranjo Geral da Usina

A PCH SU-93 terá seu reservatório formado na El. 310,00 m, por meio de um barramento definido pelas coordenadas aproximadas 8.585.205N e 321.429E (ombreira direita) e 8.585.581N e 321.404E (ombreira esquerda).

A concepção do arranjo geral consiste em uma usina hidrelétrica de derivação, na qual as águas do rio serão desviadas de seu leito natural e encaminhadas para a casa de força por meio de um canal de adução, onde serão turbinadas e posteriormente restituídas ao curso d'água. O circuito de adução será posicionado na margem esquerda do rio.

O barramento será constituído por barragem de terra com seção zonada (solo argiloso compactado e solo arenoso/laterítico compactado), realizando o fechamento da ombreira, estrutura de desvio incorporada ao barramento e vertedouro de soleira livre, localizado na margem esquerda do rio e com traçado retilíneo, além da tomada d'água de controle do canal de adução, também incorporada ao barramento. A ligação da barragem de terra com a estrutura de desvio do rio, na margem esquerda do rio, será realizada por meio de um muro de topo, dimensionado para conter os espaldares da barragem. O fechamento do barramento na ombreira esquerda será feito por meio de uma barragem gravidade de concreto massa. Por fim, a estrutura do vertedouro, adjacente à estrutura de desvio do rio pelo muro direito, e da tomada d'água de controle estão interligadas por trecho de barragem gravidade em concerto massa.

O barramento da PCH SU-93 terá, de ombreira a ombreira, um comprimento total de aproximadamente 390 m. Da extensão total de barramento, aproximadamente 58% (225 m) correspondem a obras de terra e 42% (165 m) a obras de concreto.

Com borda livre de 1,0 m e nível d'água máximo maximorum do reservatório na El. 311,50 m, o coroamento da barragem foi fixado na El. 312,50 m, com 6,0 m de largura de crista.

O escoamento das vazões de cheia será feito por meio de um vertedouro de soleira livre localizado na margem esquerda do rio. A estrutura vertente foi dimensionada para garantir a passagem da cheia milenar majorada pela unidade do coeficiente de Füller (134 m³/s). A passagem da cheia decamilenar (155 m³/s), também majorada pela unidade do coeficiente de Füller, foi verificada para que não ocorra galgamento das estruturas do barramento.

O vertedouro de soleira livre terá 32,0 metros de comprimento de crista, tendo sido dimensionado para uma carga de projeto de 1,5 m e projetado em traçado retilíneo e incorporado ao eixo do barramento. A estrutura vertente será constituída por uma ogiva com paramento de montante inclinado (1,00V:0,30H), com o objetivo de se garantir a estabilidade da estrutura, e paramento de jusante com inclinação resultante de 1,00V:0,85H, após o trecho projetado com perfil tipo Creager.

Seu paramento de jusante será dotado de degraus para garantir a dissipação de parte da energia de fluxo das vazões vertidas. A energia remanescente do fluxo nos degraus será dissipada por ressalto hidráulico em uma pequena bacia a ser executada em concreto armado.

No muro esquerdo da estrutura de desvio será embutida uma tubulação para garantia de escoamento da vazão remanescente durante a fase de enchimento do reservatório. Para a operação da usina, no vão esquerdo da estrutura de desvio, será instalada uma máquina vertical para geração hidrelétrica complementar, aproveitando a vazão remanescente a ser mantida no trecho a jusante.

A configuração do desvio do rio foi definida em duas etapas distintas e consecutivas. Na primeira etapa, as áreas em construção junto ao barramento permanecerão protegidas por meio de septos naturais de solo remanescente. Nesta etapa, as obras do barramento estarão concentradas na margem esquerda, com a conclusão das estruturas para o desvio de segunda etapa, sem interferências no leito natural do rio. Concomitante com as obras do barramento, seguirão as escavações do circuito de geração na também na margem esquerda, com escavação do canal de adução, câmara de carga, tomada d'água, condutos forçados e casa de força, estando esta última protegida por meio de septo natural de solo remanescente no canal de fuga.

Visando a continuidade das obras no leito e nas adjacências de suas duas margens, a segunda fase de desvio será caracterizada pela execução de ensecadeiras a montante e jusante do eixo de barramento, de forma a direcionar o fluxo para a estrutura de desvio de segunda etapa: um bloco estrutural com duas (2) adufas de desvio posicionada na margem esquerda do rio, adjacente à estrutura do vertedouro.

De acordo com o planejamento construtivo das obras civis, as proteções para a primeira fase (septos naturais) e para a segunda fase do desvio do rio (ensecadeiras de montante e jusante) foram dimensionadas para exposição a um período de cheias com tempo de retorno de 25 anos (99,0 m³/s).

As adufas, com seção hidráulica transversal quadrangular de 3,0 m de lado, apresentam comprimento total de 22,0 m. A estrutura de desvio será dotada de comportas tipo ensecadeira e vagão, com soleira na El. 292,00 m e coroamento na El. 312,50 m.

Após a operação de desvio e enchimento do reservatório, um dos vãos das adufas cederá espaço para a implantação de uma unidade geradora para aproveitamento energético da vazão remanescente.

A ensecadeira de montante de segunda etapa terá seção em enrocamento lançado, com vedação externa em solo lançado. Entre o enrocamento e o solo lançado haverá um trecho na seção transversal preenchido por transição lançada. Essa estrutura será coroada na El. 297,00 m e terá largura de crista de 7,0 m. Os taludes externos da seção apresentam as seguintes inclinações: 1,0V:3,0H (montante) e 1,0H:1,5H (jusante).

A ensecadeira de jusante de segunda etapa deverá ser corada na El. 294,00 m e terá seção idêntica à de montante, também com vedação externa.

As ensecadeiras de montante e jusante terão, respectivamente, comprimentos de aproximadamente 76,9 m e 37,2 m, e alturas máximas de 5,0 m e 3,0 m.

O circuito de adução/geração, previsto para ser implantado na margem esquerda do rio, será composto por tomada d'água de controle, canal de adução, câmara de carga, tomada d'água, conduto forçado, casa de força e canal de fuga, sendo este último o responsável pela restituição das vazões turbinadas ao rio.

A estrutura de controle, a ser executada em concreto armado, será composta por três (3) vãos com ranhuras para lançamento de comportas ensecadeiras metálicas. As comportas serão operadas por meio de talha elétrica, instalada em monovia.

O canal de adução, com comprimento de aproximadamente 500 m, apresentará trechos escavados integralmente em solo e trechos com seções tipo corte/aterro. Os taludes laterais do canal apresentam em toda sua extensão inclinação 1,0V:1,8H e largura da base igual a 4,8 m. Ao longo de todo o canal a área molhada estará confinada em seção de solo. O revestimento previsto ao longo de toda a seção do canal será composto por geomembrana em PEAD e geotêxtil não-tecido para proteção mecânica.

Ao final do canal de adução e montante da tomada d'água foram previstas escavações para construção da câmara de carga para compensar as paradas e partidas das máquinas. Essa estrutura, com comprimento aproximado de 20,0 m, foi dimensionada com fundo na El. 304,30 m e base com largura igual a 11,6 m. A transição entre a câmara de carga e a tomada d'água será realizada por meio de estrutura de concreto armado.

No trecho final do canal será implantada a tomada d'água (acoplada à câmara de carga), do tipo frontal, dotada de grade, comportas tipo enscadeira e comporta de emergência tipo vagão. Será constituída por um bloco de concreto armado, com 11,2 m de largura total e 17,0 m de comprimento, apresentando dois vãos independentes. A soleira, região de apoio das grades metálicas, estará posicionada na El. 296,70 m, as comportas apoiadas na El. 297,20 m e sua estrutura assentada em rocha, na El. 292,70 m. Seu coroamento foi dimensionado e posicionado na El. 312,50 m.

A ligação entre tomada d'água e as unidades geradoras foi prevista por meio de dois condutos forçados, com diâmetro igual a 3,2 m e comprimento de aproximadamente 116,0 m medido a partir da saída da tomada d'água a entrada da casa de força. Os condutos forçados deverão ser apoiados em rocha, com blocos de apoio cada 10,0 m e blocos de ancoragem nas alterações de direção e nas ramificações.

A casa de força será do tipo abrigada e foi dimensionada para a instalação de dois (2) grupos hidrogeradores, seus equipamentos auxiliares e de comando e controle.

A área de montagem, contígua à casa de força, permitirá a recepção e montagem dos equipamentos, com intervalo máximo de dois meses entre a entrada em operação de cada unidade. A sala de comando e controle e demais dependências auxiliares são instaladas no interior do bloco da área de montagem. O piso da área de montagem foi dimensionado para a El. 289,30 m, piso no qual será feito o acesso à área de descarga e à casa de força.

A casa de força possuirá dois (2) grupos hidrogeradores de eixo horizontal do tipo Kaplan S, com larguras iguais a 11,0 m e 8,5 e comprimento igual a 21,0 m. A área de montagem terá largura igual a 8,0 m.

A fundação mais profunda da estrutura da casa de força estará na El. 275,80 m, enquanto o topo de sua cobertura na El. 302,20 m. A saída do tubo de sucção estará na El. 277,30 m e a entrada do canal de fuga na El. 276,80 m.

Da saída do tubo de sucção, o canal de fuga, escavado na El. 276,80 m por um trecho de 10,0 m, tem sua cota elevada por meio de uma escavação com inclinação 1,0V:6,0H, com o objetivo de se restituir as vazões turbinadas ao rio. Seu comprimento total será de aproximadamente 47,0 m e sua largura na base igual a 21,1 m.

A **Ilustração 18** apresenta o arranjo geral das estruturas.

12.2. Reservatório

O reservatório formado pelo eixo de barramento da PCH SU-93 foi previsto para operar a fio d'água, com nível d'água definido pelo máximo normal do aproveitamento, ou seja, 310,00 m. O reservatório sofrerá variações de nível d'água apenas para a passagem das cheias.

A PCH SU-93 apresenta reservatório com uma área correspondente de 1,76 km² (incluindo a calha do rio) e volume de 9,40 hm³, para o nível máximo normal de operação. Considerando-se o reservatório operando nas cotas correspondentes aos níveis d'água máximos excepcionais (El. 311,50 m), a área de alague (incluindo a calha do rio) será de 2,24 km², considerando a passagem da cheia com recorrência de 1.000 anos.

Suas profundidades média e máxima serão, respectivamente, 5,3 m e 20,0 m, enquanto seu perímetro será de aproximadamente 22,0 km.

A **Ilustração 23** apresenta a planta do reservatório.

12.3. Fases do Desvio e Sequência Construtiva

Neste item será apresentada uma breve descrição da sequência construtiva das obras civis do futuro empreendimento.

Na primeira etapa da obra o rio deverá permanecer em seu leito natural, enquanto terão início as escavações obrigatórias e o preparo/tratamento das fundações para implantação das estruturas. Para garantir que os níveis d'água excepcionais do rio não interfiram nas obras, a escavação deve ser protegida por septos naturais de solo remanescente. A segunda etapa do desvio do rio será caracterizada pela construção de ensecadeiras a montante e a jusante do eixo de barramento. Dessa forma, o fluxo será integralmente conduzido, por um canal de aproximação, às adufas de desvio, construídas na margem esquerda do rio.

No primeiro estágio do primeiro ano de obra, com o rio em seu leito natural e mantendo-se septos naturais de solo remanescente, terão início as escavações nas seguintes áreas do barramento: canal de desvio, barragem de concreto da margem esquerda, estrutura de controle (tomada d'água de baixa pressão) e estrutura de desvio (adufas). Cabe aqui ressaltar que nessa fase deverão ser preservados os septos naturais a montante (entrada) e jusante (saída) no canal de desvio. De forma concomitante, terão início as escavações das seguintes áreas do circuito de adução/geração: canal de adução, câmara de carga, tomada d'água, condutos forçados, casa da força/área de montagem, pátio de manobras, subestação e, por fim, canal de fuga. Ressalta-se aqui a manutenção do septo natural no final do canal de fuga.

No segundo estágio do primeiro ano de obra, está previsto o preparo e o tratamento das fundações da barragem de concreto da margem esquerda, da estrutura de desvio, da tomada d'água de alta pressão e da casa de força. Nesse período da obra foi prevista a conclusão da estrutura de desvio e das estruturas de concreto da margem esquerda. A concretagem da estrutura da tomada d'água e da casa de força também serão iniciadas nessa fase da obra.

Para o primeiro estágio do segundo ano de obra foi prevista a conclusão das ensecadeiras de montante e de jusante, com a remoção dos septos naturais nos extremos do canal de desvio. Dessa forma será possível, nessa fase da obra, a operação do desvio de segunda etapa. Os serviços de escavações obrigatórias e de limpeza e tratamento das fundações, na área de implantação do vertedouro, serão iniciados e concluídos nesse período da obra. A concretagem do vertedouro também será concluída nessa etapa da obra. As escavações do canal de adução e da área dos condutos forçados serão concluídas. A montagem dos condutos forçados será feita nessa fase da obra, em conjunto com a conclusão da concretagem das estruturas da tomada d'água e da casa de força. Por fim, nesse estágio da obra será executado o tratamento das fundações para construção da barragem de terra da margem direita, do leito do rio e de parte da margem esquerda (adjacente ao bloco de adufas).

No segundo estágio do segundo ano de obra foi prevista a conclusão da barragem de terra da margem direita e da montagem eletromecânica. Ocorrerá ainda o fechamento das comportas das adufas de desvio, com conseqüente enchimento do reservatório. Também será removido o septo de terreno natural na saída do canal de fuga. Por fim, a realização dos testes finais nos equipamentos permitirá o início da geração comercial da usina.

A **Ilustração 23** apresenta resumidamente a sequência construtiva das obras civis da usina.

12.4. Desvio do Rio

O desvio do rio foi concebido admitindo-se diversos fatores, tais como as características topográficas e geológico-geotécnicas, vazões extremas, tipo de barramento, bem como aspectos logísticos da futura obra.

A configuração do desvio do rio foi definida em duas etapas distintas e consecutivas. No desvio de primeira fase as áreas em construção permanecerão protegidas por septos naturais de solo remanescente, tanto na região do barramento quanto no canal de fuga. Nessa fase, não ocorrerão interferências no leito natural do rio.

Visando a continuidade das obras no leito e nas adjacências de suas margens, a segunda fase de desvio será caracterizada pela execução de ensecadeiras a montante e a jusante do eixo do barramento, de forma a direcionar o fluxo para a estrutura de desvio de segunda etapa; um bloco estrutural com duas (2) adufas de desvio, localizado na margem esquerda do rio.

De acordo com o planejamento construtivo das obras civis, as proteções para a primeira fase (septos naturais) e para a segunda fase do desvio do rio (ensecadeiras de montante e jusante) foram dimensionadas para exposição a um período de cheias com tempo de retorno de 25 anos (99,0 m³/s).

As adufas, com seção hidráulica transversal quadrangular de 3,0 m de lado, apresentam comprimento total de 22,0 m. A estrutura de desvio será dotada de comportas tipo ensecadeira e vagão, com soleira na El. 292,00 m e coroamento na El. 312,50 m.

Nas **Ilustrações 39 e 41** estão sintetizadas as fases concebidas para o desvio do rio e ainda o detalhamento estrutural das estruturas de desvio.

12.4.1. Ensecadeiras

A construção das ensecadeiras de segunda etapa (montante e jusante) permitirá o desvio de rio pelas adufas, com o início do tratamento de fundação para implantação do barramento no leito do rio e nas adjacências de suas margens, além da construção da barragem de terra da margem direita.

As implantações das ensecadeiras de segunda etapa estão apresentadas na **Ilustração 39**, juntamente com sua seção típica.

A ensecadeira de montante, coroada na El. 297,00 m, apresenta seção de enrocamento lançado com vedação externa de solo lançado na água. Sua altura máxima é da ordem de 5,0 m e seu comprimento medido pela crista, de aproximadamente 76,9 m.

Para a ensecadeira de montante, os taludes em enrocamento lançado apresentam inclinação de 1,0V:1,3H, largura na crista de 3,0 m. A vedação externa lançada foi projetada com inclinação de 1,0V:3,0H e 3,0 m de largura. Entre os dois materiais foi projetada uma camada de 1,0 m de transição ampla com inclinação externa e interna iguais a 1,0V:1,5H e 1,0V:1,3H respectivamente.

A ensecadeira de jusante apresenta a mesma disposição geométrica da ensecadeira de montante, exceto pelo seu coroamento, dimensionado na El. 294,00 m. Sua altura máxima é da ordem de 3,0 m e seu comprimento medido pela crista, de aproximadamente 37,2 m.

As dimensões do enrocamento das ensecadeiras deverão ser definidas na fase do Projeto Executivo, em função das fases de fechamento do rio e de acordo com as vazões e grau de avanço das ensecadeiras e consequente estrangulamento da seção do rio.

12.4.2. Fechamento do Desvio e Enchimento do Reservatório

Após a conclusão das obras civis, a estrutura de desvio deverá ser fechada, tendo início o enchimento do reservatório.

A partir do fechamento do desvio e até que o nível d'água atinja a soleira do vertedouro, restabelecendo assim o fluxo natural para jusante, deverá ser mantida uma vazão remanescente para o trecho de jusante do rio.

Para esta operação foi prevista uma tubulação em aço, com diâmetros de 1.200 mm e 950 mm, locada no muro lateral esquerdo do bloco de adufas, que terá seu fluxo regulado e direcionado por meio da instalação de uma válvula dispersora, com diâmetro nominal de 950 mm.

A referida tubulação também deve ser utilizada durante a operação da usina, com o objetivo de atender ao trecho de vazão reduzida. Isso deverá ocorrer por meio da instalação de uma máquina vertical no vão 2 do desvio do rio, que turbinará a vazão remanescente a ser lançada a jusante. Dessa forma, a válvula será fechada e o circuito hidráulico será estabelecido pela turbina.

A **Ilustração 41** mostra um detalhe do sistema de dotação sanitária projetado tanto para a fase de enchimento do reservatório quanto para a operação da usina.

12.4.3. Equipamentos Eletromecânicos

Nas adufas de desvio serão implantadas ranhuras para receber uma comporta corta-fluxo, possibilitando o ensecamento dos vãos por montante.

Em uma das duas adufas foram previstas ranhuras para descida da comporta vagão tipo corta-fluxo e, imediatamente a montante, foi prevista a instalação de ranhuras para a descida de comporta ensecadeira de concreto.

Na outra adufa foram previstas apenas as ranhuras para descida da comporta vagão, que possibilitará eventuais operações de desarenação ou rebaixamento do reservatório.

Dessa forma, a operação de fechamento será da seguinte maneira:

- Lançamento da comporta corta-fluxo no primeiro vão;
- Lançamento dos elementos da comporta ensecadeira de concreto no primeiro vão;
- Retirada da comporta corta-fluxo do primeiro vão, com verificação da vedação da comporta ensecadeira de concreto;
- Lançamento da comporta corta-fluxo no segundo vão e retirada das equipes e equipamentos, em função do início do enchimento do reservatório;
- Lançamento, por jusante, dos plugues de concreto no primeiro vão.

Para essa operação será necessária apenas uma comporta corta-fluxo, que permitirá o fechamento de uma adufa de cada vez.

Sendo assim, o único equipamento mecânico a ser utilizado no desvio do rio será a comporta corta-fluxo de montante.

12.4.3.1. Comporta Vagão

Nas adufas de desvio serão instaladas guias para receber uma comporta vagão corta-fluxo, com a finalidade de possibilitar o ensecamento dos dois vãos.

A comporta vagão terá vedação a montante, e possuirá, além das rodas principais, rodas de contraguia e, para o guiamento lateral, sapatas de guia.

A movimentação da comporta será por meio de guindaste de obra, que deverá operar a partir do coroamento da barragem.

As características principais da comporta vagão serão as seguintes:

- Tipo..... vagão corta-fluxo
- Quantidade de adufas2
- Número de comportas.....1
- Quantidade de elementos articulados.....2
- Dimensão do vão livre3,00 m
- Altura da abertura livre.....3,00 m
- Altitude da soleira.....292,00 m
- Altitude da frontal.....295,00 m
- Nível d'água máximo a montante310,00 m
- Nível d'água máximo excepcional a montante311,50 m
- Cota do coroamento da estrutura312,50 m

12.5. Vazão Remanescente

A descarga da vazão sanitária será efetuada, desde o período de enchimento do lago até a operação da PCH, por um mecanismo a ser implantado no muro lateral esquerdo da adufa de desvio, capaz de escoar as vazões remanescentes durante o enchimento e a operação.

A garantia da vazão sanitária se dará pela instalação de uma tubulação em aço, capaz de descarregar a vazão a partir de uma carga mínima, dada por um determinado nível d'água, que deverá ser o nível mínimo para fechamento completo da adufa.

No trecho final do tubo haverá a incorporação de uma válvula dispersora, o que permitirá o controle de vazões para qualquer carga do reservatório. Dessa forma, esse sistema poderá ser utilizado a qualquer momento ao longo da operação da usina.

A descarga da vazão remanescente será feita preferencialmente por uma turbina hidráulica a ser implantada aproveitando-se o referido sistema de tubulações, com derivação para a unidade geradora. O objetivo será o de aproveitamento energético da vazão remanescente.

Em eventuais operações de manutenção da unidade geradora, a vazão remanescente passará a escoar pela válvula dispersora.

Na **Ilustração 40** apresenta-se um detalhamento deste sistema.

12.5.1. Equipamentos Eletromecânicos

Os equipamentos mecânicos da estrutura da casa de força complementar compreendem o sistema de tubulações, válvulas e a turbina hidráulica.

12.5.1.1. Tubulações

As características principais do sistema das tubulações são as seguintes:

- Número de tubulações principais 1
- Elevação da linha de centro do início do trecho blindado 306,15 m
- Trecho 01 (principal):
 - Comprimento 1 x 10 m
 - Diâmetro 1.200 mm
 - Espessura mínima da chapa 6,35 mm (1/4")
- Trecho 02 (ramificação tipo 1 - até a entrada da turbina):
 - Comprimento 1 x 10 m
 - Diâmetro 1.200 mm
 - Espessura mínima da chapa 6,35 mm (1/4")
- Trecho 03 (ramificação tipo 2 - válvula dispersora):
 - Comprimento 1 x 10 m
 - Diâmetro 1.200 mm
 - Espessura mínima da chapa 6,35 mm (1/4")
- Trecho 04 (até a válvula dispersora):
 - Comprimento 1 x 10 m
 - Diâmetro 950 mm
 - Espessura mínima da chapa 6,35 mm (1/4")
- Vazão máxima de dimensionamento 4,65 m³/s

12.5.1.2. Válvulas

As características principais da válvula são as seguintes:

- Válvula borboleta motorizada (proteção da unidade):
 - Diâmetro 1.200 mm
- Válvula borboleta manual:
 - Diâmetro 950 mm
- Válvula Dispersora
 - Elevação da válvula dispersora 297,15 m
 - Diâmetro da válvula dispersora 720 mm
 - Nível d'água de montante mínimo para garantia de 4,65 m³/s 310,00 m

12.5.1.3. Turbina Hidráulica

O dispositivo será equipado com uma turbina do tipo hélice de simples regulação, de eixo vertical, com 685 kW de potência nominal e rotação assíncrona de 727 rpm. O gerador trifásico, também de eixo vertical,

com potência nominal de 723 kVA, será acoplado diretamente à turbina e instalado em compartimento totalmente à prova de água, isolado com grau de proteção IP68 de modo que a casa de força possa ser inundada no período das cheias.

O sistema de adução será acoplado ao sistema de dotação de vazão remanescente, aproveitando aquele circuito desde sua tomada de água até sua saída da estrutura da adufa de desvio.

O sistema de adução será dotado de válvula borboleta motorizada, programada para interromper o fluxo em qualquer caso de parada da turbina, que operará em concomitância com a válvula borboleta do sistema de dotação de vazão remanescente, garantindo, desta forma, que a passagem de água para jusante do barramento não sofra descontinuidade.

A casa de força auxiliar será conectada com a subestação da PCH por meio de linha de transmissão em 6,9 kV.

A turbina da unidade geradora será composta dos seguintes elementos:

- rotor do tipo Hélice com cubo e pás;
- eixo e sistema de selagem do eixo;
- sistema distribuidor composto das tampas interna e externa e pás fixas;
- mancais de guia e escora tipo rolamento na turbina;
- mancais de guia tipo rolamento no gerador;
- unidade de lubrificação e refrigeração dos mancais;
- instrumentação para controle e supervisão da turbina e gerador;
- peças fixas necessárias a fixação da unidade geradora a ser embutidas no concreto.

A linha de eixo da turbina será composta de 4 mancais de tipo rolamento, sendo um mancal combinado guia/escora localizado perto do acoplamento no eixo do gerador e um mancal de guia localizado na parte superior do gerador.

O rotor da turbina será suportado por 2 mancais de rolamentos guia. O eixo da turbina e o eixo do gerador serão acoplados do lado externo do conduto de entrada por meio de um acoplamento flexível, permitindo absorver pequenas deflexões e deslocamento.

A Unidade hidráulica do regulador será responsável por acondicionar o óleo de maneira apropriada, garantir a filtragem necessária, fornecer pressão suficiente ao óleo e limitar a pressão do sistema, permitindo o ajuste do modo de operação da bomba para contínuo ou intermitente. Esta unidade será responsável pela abertura da válvula borboleta. O fechamento será por peso (via gravidade). Será localizada no contêiner, junto com os painéis de controle.

As características técnicas principais da turbina hélice de simples regulagem com motor assíncrono externo serão as seguintes:

- Posição do eixo vertical
- Quantidade 1
- Queda líquida nominal 17,04 m
- Potência nominal no eixo 685 kW
- Vazão nominal 4,50 m³/s
- Vazão máxima 4,65 m³/s

- Velocidade de rotação 727 rpm (assíncrona)
- Velocidade de disparo 2.050 rpm

12.6. Barragem

A seção transversal típica da barragem apresenta talude externo de montante com inclinação 1,0V:2,2H e o de jusante com inclinação 1,0V:2,0H e bermas de 3,5 m. A largura da crista foi fixada em 6,0 m.

A seção típica será do tipo zonada com região de vedação ao centro e filtro inclinado. Os espaldares serão compostos por aterro compactado proveniente das escavações obrigatórias, predominantemente arenoso e com características adequadas para aplicação no aterro. Na região inferior do espaldar de montante está previsto tapete de montante para aumentar o caminho de percolação e auxiliar a vedação da barragem. O tapete drenante será do tipo “sanduíche” de cinco camadas com 1,2 m de espessura total, devido à alta permeabilidade da fundação. A jusante, o tapete drenante será protegido com filtro de pé constituído de uma camada de transição fina, que por sua vez será confinada com uma camada intermediária de transição grossa e uma camada externa de enrocamento de proteção, para assegurar que os materiais não sejam erodidos pela ação da água de jusante.

Em adição, haverá trincheira drenante, com profundidade mínima de 3,0 m e largura de 0,8 m, escavada no pé da barragem para interceptar percolação de água pela fundação e não captada pelo tapete drenante.

Foi prevista a instalação de geocélula GeoWeb (ou similar) com preenchimento de concreto para a proteção do talude de montante contra ondas, visto que provavelmente não serão obtidos blocos adequados para utilização como enrocamento.

A barragem deverá ser assentada em material ausente de matéria orgânica e com resistência satisfatória, obedecendo ao critério de índice SPT>7 em toda fundação.

A **Ilustração 36** apresenta a seção característica da barragem.

12.7. Vertedouro

O escoamento das vazões de cheia será feito por meio de um vertedouro de soleira livre localizado na margem esquerda do rio, adjacente ao bloco de adufas de desvio. A estrutura vertente foi dimensionada para garantir a passagem da cheia milenar majorada pela unidade do coeficiente de Füller (134 m³/s). A passagem da cheia decamilenar (155 m³/s), também majorada pela unidade do coeficiente de Füller, foi verificada para que não ocorra galgamento das estruturas do barramento.

O vertedouro de soleira livre terá 32,0 metros de comprimento de crista, tendo sido dimensionado para uma carga de projeto de 1,5 m e projetado em traçado retilíneo e perpendicular ao curso natural do rio. A estrutura vertente será constituída por uma ogiva com paramento de montante inclinado (1,00V:0,30H), com o objetivo de se garantir a estabilidade da estrutura, e paramento de jusante com inclinação resultante de 1,00V:0,85H, após o trecho projetado com perfil tipo Creager.

Seu paramento de jusante será dotado de degraus para garantir a dissipação de parte da energia de fluxo das vazões vertidas. A energia remanescente do fluxo nos degraus será dissipada por ressalto hidráulico em uma pequena bacia a ser executada em concreto armado.

A **Ilustração 40** apresenta a seção típica do vertedouro de soleira livre.

12.8. Estrutura de Controle do Canal de Adução

A estrutura de controle será executada em concreto armado e composta por três (3) vãos com ranhuras para lançamento de comportas ensecadeiras metálicas. As comportas serão operadas por meio de talha elétrica, instalada em monovia.

O bloco da estrutura terá comprimento de 8,0 m e largura total de 18,7 m. Os vãos terão largura de 4,7 m cada, com pilares internos de espessura 1,3 m e pilares extremos com 1,0 m de largura.

Na **Ilustração 43** apresenta-se o detalhamento da tomada d'água de controle do canal de adução.

12.8.1. Equipamentos Eletromecânicos

Os equipamentos a serem implantados na tomada d'água de controle do canal de adução são representados pelas grades, comportas ensecadeiras e ponte rolante.

12.8.1.1. Grades

O emboque de montante do canal de adução será protegido por grades metálicas, com a finalidade de reter os detritos com dimensões prejudiciais ao canal e à tomada d'água de controle. Enquanto os detritos menores que não apresentam risco ao revestimento serão retirados no limpa grades da Tomada d'Água de Alta Pressão.

Cada emboque da tomada d'água de controle terá largura livre de 4,70 m, com carga de 3,40 m até o NA máximo. Cada grade terá três (3) painéis, com 4,70 m de largura por 1,80 m de altura, cada painel.

Nas laterais do emboque estão projetadas guias laterais para receber os painéis de grade. As grades serão fixas e com 90° em relação a horizontal.

As principais características das grades serão as seguintes:

- Tipo de grade fixa
- Cota da soleira 306,60 m
- Cota da frontal 311,60 m
- Cota do coroamento da Tomada d'Água 312,50 m
- Relação de inclinação vertical
- Largura do vão 4,70 m
- Altura livre inclinada do emboque 5,00 m
- Quantidade de vãos 3
- Quantidade de painéis por vão 3
- Dimensões aproximadas do painel (largura x altura) 4,70 x 1,80 m
- Vazão máxima para dimensionamento 42,40 m³/s
- Velocidade máxima do fluxo na seção bruta 1,00 m/s
- Carga de projeto 30 kN/m²
- Vão livre entre barras verticais 120 mm

12.8.1.2. Comporta Ensecadeira

Cada um dos vãos da estrutura poderá ser fechado por intermédio de uma (1) comporta ensecadeira, estando desligadas todas as unidades geradoras e fechadas as tomadas d'água (sem fluxo pelo canal).

Cada comporta ensecadeira será constituída por três (3) elementos. Estes possibilitarão o isolamento de todo o canal de adução, para eventuais manutenções.

A movimentação dos elementos da comporta ensecadeira será feita por meio de ponte rolante, operando no coroamento da estrutura, por meio de viga pescadora própria para a comporta.

Os elementos da comporta somente serão manobrados nas ranhuras em condições de carga hidráulica equilibrada, supervisionado pelo sistema de detecção de pressões diferenciais, incluindo no fornecimento.

O equilíbrio de pressões, para retirada dos elementos, será feito por meio de sistema de "by-pass", composto por duas (2) válvulas localizadas no elemento superior de cada comporta, acionadas pelo peso próprio da viga pescadora.

A estocagem dos elementos será feita em nichos situados no muro lateral direito da tomada.

As características principais das comportas ensecadeiras serão:

- Tipo.....	deslizante
- Quantidade.....	3
- Quantidade de elementos.....	3
- Vão livre.....	4,70 m
- Cota da soleira.....	306,60 m
- Altura da comporta.....	5,30 m
- Nível d'água máximo normal a montante.....	310,00 m
- Cota do coroamento da tomada d'água de controle.....	312,50 m

12.8.1.3. Ponte Rolante

No coroamento da estrutura será instalada uma ponte rolante, cujas finalidades são:

- movimentar os elementos da comporta ensecadeira;
- movimentar os painéis de grade.

Suas principais características serão:

- Capacidade do gancho.....	20 kN (*)
- Vão entre eixos.....	7,15 m
- Comprimento do caminho do rolamento.....	18,20 m
- Curso de levantamento do guincho.....	9,60 m
- Cota da máxima elevação do gancho.....	316,20 m
- Velocidade de translação da ponte	
▪ máxima.....	15,00 m/min
▪ mínima.....	1,50 m/min

- Velocidade de direção do carro
 - máxima..... 10,00 m/min
 - mínima 1,00 m/min
- Velocidade de elevação do gancho
 - máxima..... 5,00 m/min
 - mínima 0,50 m/min

* Valor a ser confirmado pelo fabricante, quando do projeto executivo.

12.9. Canal de Adução

O canal de adução será implantado na margem esquerda do rio, com seção trapezoidal e totalmente escavado em solo, com comprimento total de 500 m, contendo trechos com seções tipo corte/aterro.

O canal possuirá largura de base de 4,8 m, com taludes laterais de 1,0V:1,8H, e será revestido por manta PEAD até a cota 311,50 m. Acima dessa cota, os taludes receberão cobertura vegetal.

O canal terá cota de fundo na El. 306,60 m em toda a sua extensão, uma vez que as perdas hidráulicas serão pequenas.

O revestimento previsto ao longo de toda a seção do canal será composto por geomembrana em PEAD e geotêxtil não-tecido para proteção mecânica.

Entre a estrutura de controle e a câmara de carga foi concebida uma linha de drenos longitudinais, compostos por trincheiras preenchidas por brita e tubulações KNT-S perfurados com diâmetro de 230 mm, com a finalidade de minimizar as subpressões desenvolvidas sob a manta PEAD. Foram previstas saídas transversais da drenagem em regiões topográficas mais favoráveis, com drenos KNT-S de 450 mm de diâmetro, para a condução das águas coletadas pelos drenos longitudinais.

Na **Ilustração 37** são apresentadas as seções típicas do canal de adução.

12.10. Câmara de Carga

Ao final do canal de adução e montante da tomada d'água foram previstas escavações para construção da câmara de carga para compensar as paradas e partidas das máquinas.

Essa estrutura, com comprimento aproximado de 20,0 m, foi dimensionada com fundo na El. 304,30 m e base com largura igual a 11,6 m.

A transição entre a câmara de carga e a tomada d'água será realizada por meio de estrutura de concreto armado, com seção transversal variável e largura total, em seu bloco principal, igual a 13,6 m. Os vãos, nesse bloco estrutural, terão largura de 4,2 m, separados por um pilar de 1,2 m de espessura. O piso desse bloco estrutural estará na El. 302,00 m.

Na **Ilustração 45** é apresentado o detalhamento da câmara de carga para o circuito de adução.

12.11. Tomada d'Água

Este item apresenta a descrição da tomada d'água projetada para a PCH SU-93, com ênfase em suas obras civis e equipamentos eletromecânicos.

12.11.1. Obras Cíveis

No trecho final do canal será implantada a tomada d'água (acoplada à câmara de carga), do tipo frontal, dotada de grade, comportas tipo ensecadeira e comporta de emergência tipo vagão, que será seu dispositivo de segurança.

Será constituída por um bloco de concreto armado, com 11,2 m de largura total e 17,0 m de comprimento, apresentando dois vãos independentes.

A soleira, região de apoio das grades metálicas, estará posicionada na El. 296,70 m, as comportas apoiadas na El. 297,20 m e sua estrutura assentada em rocha, na El. 292,70 m. Seu coroamento foi dimensionado e posicionado na El. 312,50 m.

Na entrada da tomada existirão guias para os painéis de grade. A submergência da tomada d'água foi verificada segundo os critérios de Y.L. Gordon e do U.S.B.R., atendendo com folga aos limites preconizados.

O circuito de adução foi dimensionado para vazão máxima de engolimento, devendo atender aos requisitos de estabilidade do conjunto hidrogerador e de pressões máximas no circuito.

As principais características geométricas das estruturas são apresentadas na *Ilustração 47*.

12.11.2. Equipamentos Eletromecânicos

Os equipamentos hidromecânicos da tomada d'água de adução serão representados pela grade e rastelo limpa-grades, comporta ensecadeira, comporta vagão e ponte rolante.

12.11.2.1. Grades metálicas

O emboque a montante do conduto forçado será protegido por uma grade metálica, com a finalidade de reter os detritos com dimensões prejudiciais à operação das turbinas.

A grade terá três (03) painéis, com 4,20 m de largura por 1,70 m de altura, cada painel.

Nas laterais do emboque serão instaladas guias para receber os painéis de grade. As barras da grade deverão permitir a movimentação do rastelo limpa-grades.

A inclinação das guias laterais será de 1V:0,15H (~81,5° em relação a horizontal).

Para a retirada dos painéis da grade será utilizado o guincho da ponte rolante da tomada d'água. Esta operação será feita com auxílio de uma viga pescadora dotada de rodas que deslizarão nas mesmas guias da grade.

A perda de carga na grade será monitorada por meio de medidores de pressão instalados a montante e jusante do equipamento.

As principais características da grade serão as seguintes:

- Tipo de grade..... guiada removível
- Cota da soleira296,70 m
- Cota da frontal.....302,20 m
- Cota do coroamento da Tomada d'Água312,50 m
- Relação de inclinação0,15H:1,00V (81,5° em relação à horizontal)
- Largura do vão4,00 m

- Quantidade de vãos2
- Quantidade de painéis por vão3
- Dimensões aproximadas do painel (largura x altura)..... 4,00 x 1,95 m
- Vazão máxima para dimensionamento..... 21,20 m³/s
- Velocidade máxima do fluxo na seção bruta1,00 m/s
- Carga de projeto30 kN/m²
- Vão livre entre barras verticais 80 mm
- Limpeza..... rastelo limpa-grades
- Acionamento ponte rolante e viga pescadora

12.11.2.2. Rastelo Limpa-Grades

Um rastelo limpa-grades, instalado sobre o coroamento da tomada d'água, possibilitará a remoção dos detritos retidos pela grade, sem que haja necessidade de interromper o funcionamento das turbinas.

O rastelo deverá operar sobre a grade, realizando a coleta de detritos na descida. As rodas do rastelo deslizarão sobre as barras verticais da grade. Os movimentos de descida e subida do rastelo serão proporcionados pelo guincho da ponte rolante (o mesmo que manobrará a grade).

As características principais do rastelo limpa-grades serão:

- Tipo guiado sobre as barras verticais com fechamento/abertura semiautomática
- Curso do rastelo.....15,80 m
- Capacidade volumétrica do rastelo 0,5 m³
- Capacidade gravimétrica 10 kN
- Cota da soleira296,70 m
- Cota do coroamento.....312,50 m
- Velocidade de descida/subidaver ponte rolante

12.11.2.3. Comporta Ensecadeira

A tomada d'água de cada unidade geradora poderá ser fechada por intermédio de uma (01) comporta ensecadeira, com qualquer nível d'água do reservatório, estando fechada a comporta de emergência.

A comporta ensecadeira será constituída por dois (02) elementos. Estes possibilitarão o esvaziamento do espaço existente a jusante desta comporta, para manutenção da galeria ou dos dispositivos da comporta vagão.

A manobra da comporta ensecadeira será efetuada pela ponte rolante que atende a tomada d'água, operando no coroamento da estrutura, por meio de viga pescadora própria para esta comporta.

Os elementos da comporta somente serão manobrados nas ranhuras em condições de carga hidráulica equilibrada, supervisionado pelo sistema de detecção de pressões diferenciais, incluindo no fornecimento.

O equilíbrio de pressões, para retirada dos elementos, será feito por meio de sistema de "by-pass", composto por duas (02) válvulas localizadas no elemento superior da comporta, acionadas pelo peso próprio da viga pescadora.

A estocagem do elemento será feita nas próprias ranhuras de um vão.

As características principais da comporta ensecadeira serão:

- Tipo	deslizante
- Quantidade	1
- Quantidade de elementos	2
- Quantidade de vãos	2
- Vão livre	3,20 m
- Cota da soleira	297,20 m
- Cota da viga frontal.....	300,60 m
- Altura livre	3,40 m
- Nível d'água máximo a montante.....	310,00 m
- Cota do coroamento da tomada d'água	312,50 m

12.11.2.4. Comporta Vagão

Cada conduto forçado e a respectiva unidade geradora serão protegidas por comporta vagão na tomada d'água, de deslocamento vertical, projetada para atuar como órgão de fechamento do conduto forçado, tanto em condições normais, para possibilitar o esvaziamento da turbina ou do conduto, quanto em condições de emergência, em caso de inoperância do distribuidor da turbina, sob qualquer nível d'água a montante e através da vazão máxima da turbina em condições de disparo.

A comporta será constituída por um painel com vedação a montante, o que facilita a aeração do conduto a jusante da comporta e reduz os esforços hidrodinâmicos por ocasião do fechamento.

A comporta vagão terá, além das rodas principais, rodas de contraguia e para o guiamento lateral, sapatas de guia.

A comporta será manobrada pelo gancho da ponte rolante.

Será instalado, numa posição intermediária, dispositivo de calagem de fácil manobra, que permitirá manter a comporta em repouso, tanto para a montagem como para manutenção.

O enchimento do conduto a jusante da comporta será efetuado por meio de válvulas by-pass situadas na comporta de emergência, ou por meio de operação de "cracking".

As características principais da comporta vagão serão:

- Tipo	vagão em elementos
- Quantidade	2
- Quantidade de vãos	2
- Quantidade de elementos articulados.....	2
- Dimensão do vão livre	3,20 m
- Altura da abertura livre.....	3,30 m
- Altitude da soleira.....	297,20 m
- Altitude da frontal.....	300,50 m

- Nível d'água máximo a montante310,00 m
- Nível d'água máximo excepcional a montante311,50 m
- Cota do coroamento da tomada d'água312,50 m

12.11.2.5. Ponte Rolante

No coroamento da tomada d'água será instalada uma ponte rolante, cujas finalidades são:

- movimentar as coberturas metálicas das ranhuras;
- movimentar os painéis de grade e o rastelo limpa-grades;
- movimentar a comporta ensecadeira;
- auxiliar na montagem e desmontagem e movimentar a comporta de emergência.

Suas principais características serão:

- Capacidade do gancho..... 20 kN (*)
- Vão entre eixos6,00 m
- Comprimento do caminho do rolamento10,70 m
- Curso de levantamento do guincho20,30 m
- Cota da máxima elevação do gancho319,00 m
- Velocidade de translação da ponte
 - máxima 15,00 m/min
 - mínima 1,50 m/min
- Velocidade de direção do carro
 - máxima 10,00 m/min
 - mínima 1,00 m/min
- Velocidade de elevação do gancho
 - máxima 5,00 m/min
 - mínima 0,50 m/min

* Valor a ser confirmado pelo fabricante, quando do projeto executivo.

12.12. Conduto Forçado

O circuito de alta pressão será composto por dois condutos forçados metálicos, conectados aos vãos da tomada d'água, com entrada independente nas duas unidades geradoras.

O conduto terá diâmetro de 3,20 m até a proximidade da casa de força, com comprimento de aproximadamente 120 m, desde a tomada d'água até a entrada nas unidades geradoras.

Os condutos terão espessura suficiente para suportar uma sobrepressão de até 40%, nas proximidades da entrada da turbina, e deverão ser autoportantes.

As características técnicas principais dos condutos forçados serão as seguintes:

- Número de condutos principais.....2

- Elevação da linha de centro do conduto forçado:
 - Início do trecho blindado298,80 m
 - Entrada da casa de força282,30 m
- Trecho 01 (conduto metálico principal):
 - Comprimento 2 x 120 m
 - Diâmetro 3.200 mm
 - Espessura mínima da chapa 9,53 mm (3/8")
- Trecho 02 (reduções cônicas):
 - Diâmetro de entrada..... 2 x 3.200 mm
 - Diâmetro de saída 2 x 2.800 mm
 - Espessura mínima da chapa 9,53 mm (3/8")
- Trecho 03 (entrada da turbina nas Unidade 01 e 02):
 - Comprimento 2 x 7 m
 - Diâmetro 2.800 mm
 - Espessura mínima da chapa 9,53 mm (3/8")
- Vazão máxima de dimensionamento..... 21,20 m³/s
- Máxima sobrepressão incluindo o golpe de aríete 40%
- Máxima pressão incluindo o golpe de aríete, calculado na seção de entrada da caixa espiral 400 kPa

12.13. Casa de Força, Área de Montagem e Canal de Fuga

A casa de força será do tipo abrigada e foi dimensionada para a instalação de dois (2) grupos hidrogeradores, seus equipamentos auxiliares e de comando e controle.

A área de montagem, contígua à casa de força, permitirá a recepção e montagem dos equipamentos, com intervalo máximo de dois meses entre a entrada em operação de cada unidade. A sala de comando e controle e demais dependências auxiliares são instaladas no interior do bloco da área de montagem.

12.13.1. Obras Civas

A casa de força apresentará dois (2) grupos hidrogeradores de eixo horizontal do tipo Kaplan S, com larguras iguais a 11,0 m e 8,5 e comprimento igual a 21,0 m.

A área de montagem terá largura igual a 8,0 m. O piso da área de montagem foi dimensionado para a El. 289,30 m, piso no qual será feito o acesso à área de descarga e à casa de força.

A fundação mais profunda da estrutura da casa de força estará na El. 275,80 m, enquanto o topo de sua cobertura na El. 302,20 m. A saída do tubo de sucção estará na El. 277,30 m e a entrada do canal de fuga na El. 276,80 m.

Da saída do tubo de sucção, o canal de fuga, escavado na El. 276,80 m por um trecho de 10,0 m, tem sua cota elevada por meio de uma escavação com inclinação 1,0V:6,0H, com o objetivo de se restituir as vazões

turbinadas ao rio. Seu comprimento total será de aproximadamente 47,0 m e sua largura na base igual a 21,1 m.

As **Ilustrações 52 a 60** apresentam as principais características das estruturas da casa de força e da área de montagem.

12.13.2. Equipamentos Eletromecânicos

Os equipamentos mecânicos da casa de força compreendem as turbinas hidráulicas, reguladores de velocidade, ponte rolante, comportas ensecadeiras do tubo de sucção e talha elétrica de jusante.

As **Ilustrações 62 a 64** apresentam o arranjo eletromecânico da casa de força e área de montagem.

12.13.2.1. Turbinas Hidráulicas e Reguladores

A casa de força possuirá dois grupos turbogeradores de eixo horizontal iguais, sendo cada grupo constituído basicamente de um gerador de potência nominal de 4.723 kVA, sob tensão de 6,9 kV e frequência de 60 Hz, e de uma turbina hidráulica, tipo Kaplan “S” e potência nominal de 4.382 kW, sob queda líquida de referência de 22,65 m, na qual o engolimento é máximo, e queda líquida de projeto de 23,12 m, na qual o rendimento do conjunto é máximo.

Os grupos turbogeradores deverão operar com a velocidade de rotação síncrona de 360 rpm, controlados cada um por um regulador de velocidade eletrônico que, por meio de um sistema óleo-dinâmico, atuará sobre o distribuidor da turbina.

Cada turbina será alimentada por um conduto adutor. Em cada tomada d’água será instalada uma comporta corta-fluxo, que deverá atuar como órgão de fechamento da máquina, sob condições normais para manutenção ou sob condições de emergência, possibilitando que a turbina seja desligada e isolada sem prejuízo do funcionamento da outra turbina da casa de força.

A água será conduzida a cada turbina e será restituída ao canal de fuga da casa de força por um tubo de sucção com trecho de saída sem partição e dotado de ranhuras para instalação de uma comporta ensecadeira.

Cada grupo turbogerador será dotado de mancais de escora e guia, com óleo recirculante resfriado a água.

Os componentes da turbina serão descarregados na área de montagem, e serão preparados para montagem e montados nos próprios “bays”. As dimensões e as posições da área de montagem e da ponte rolante da casa de força possibilitarão receber e pré-estocar os componentes a serem montados, de modo a reduzir ao mínimo a quantidade e a complexidade dos serviços de montagem a serem realizados nos “bays” das unidades geradoras.

As turbinas serão projetadas para operarem com queda líquida de referência de 22,65 m, tendo, nesse ponto, seu engolimento máximo. Em adição, o ponto de rendimento máximo será dado a partir da queda líquida de projeto, definida em 23,12 m.

As turbinas deverão operar com um nível mínimo de jusante de até 284,60 m, para a vazão parcial de uma unidade, sem risco de erosão por cavitação.

Os níveis adotados para a operação da usina são:

- máximo normal de montante310,00 m
- normal de jusante286,67 m
- mínimo de jusante284,60 m

As características técnicas principais das turbinas serão as seguintes:

- Tipo.....	Kaplan “S”, de eixo horizontal
- Potência unitária no eixo	4.382 kW
- Quantidade	2
- Queda líquida de referência	22,65 m
- Vazão máxima de engolimento (unitária).....	21,20 m ³ /s
- Rotação síncrona	360 rpm
- Rotação específica	498,94
- Rendimento nominal da turbina.....	93%
- Sistema de regulação.....	regulador de velocidade eletrônico
- Afogamento mínimo.....	$h_s = -2,30$ m
- Nível da linha de centro da turbina	282,30 m
- Nível inferior do tubo de sucção.....	277,30 m

12.13.2.2. Comporta Ensecadeira

As comportas ensecadeiras dos tubos de sucção terão a finalidade de possibilitar o esvaziamento das turbinas, vedando a entrada de água do canal de fuga nos tubos de sucção.

Na casa de força haverá uma comporta ensecadeira para cada tubo de sucção, que possibilitará o esvaziamento da unidade.

A comporta ensecadeira será constituída por dois elementos com vedações de soleira, laterais e frontal, podendo ser instalado indistintamente em quaisquer dos dois tubos de sucção existentes na casa de força. Será movimentada por meio de viga pescadora, por uma talha elétrica existente no lado externo da extremidade jusante da casa de força.

Cada comporta será dotada de válvulas de equilíbrio de pressões que, quando acionadas pelo peso próprio da viga pescadora, possibilitará a entrada da água do canal de fuga no tubo de sucção vazio, promovendo-se assim o enchimento da turbina e o equilíbrio de pressões necessário para a abertura da comporta ensecadeira.

Seu armazenamento se dará nas próprias ranhuras. A viga pescadora será armazenada em cavalete instalado no coroamento da estrutura.

As características técnicas principais da comporta ensecadeira serão as seguintes:

- Quantidade de vãos.....	2
- Quantidade de comportas.....	2
- Quantidade de elementos por comporta	2
- Vão livre.....	4,50 m
- Altura livre	3,30 m
- Cota da soleira	277,30 m
- Cota da peça fixa frontal.....	280,60 m

- Nível da área externa de jusante (coroamento)289,30 m

12.13.2.3. Ponte Rolante

Na casa de força será instalada uma ponte rolante com capacidade de 350 kN, cuja finalidade principal é o descarregamento, o transporte e a montagem das turbinas, dos geradores e dos equipamentos auxiliares. Após a entrada em operação das unidades geradoras, a ponte será utilizada nas operações de manutenção dos equipamentos principais.

A ponte rolante deslocar-se-á sobre o caminho de rolamento apoiado sobre vigas de concreto engastadas nas paredes laterais da casa de força.

O vão entre eixos dos trilhos será de 11,9 m. O curso do gancho será de 17,60 m.

As características principais da ponte rolante são as seguintes:

- Capacidade de gancho 350 kN (*)
- Vão entre eixos dos trilhos11,90 m
- Comprimento do caminho de rolamento27,40 m
- Curso dos ganchos17,60 m
- Cota da máxima elevação dos ganchos297,10 m
- Velocidade de translação da ponte
 - máxima 10,00 m/min
 - mínima 1,00 m/min
- Velocidade de direção do carro
 - máxima 10,00 m/min
 - mínima 1,00 m/min
- Velocidade de elevação do gancho principal
 - máxima 1,50 m/min
 - mínima 0,10 m/min
- Velocidade de elevação do gancho auxiliar
 - máxima 5,00 m/min
 - mínima 0,50 m/min

* Valor a ser confirmado pelo fabricante, quando do projeto executivo.

12.13.2.4. Talha Elétrica

Na área externa de jusante estará instalada uma talha elétrica com a finalidade de movimentar as comportas ensecadeiras dos tubos de sucção.

Esta talha elétrica será dotada de trole motorizado e se movimentará em uma monovia fixada a uma viga de concreto.

O curso do gancho permitirá a movimentação da comporta ensecadeira dentro da ranhura, bem como retirá-la e colocá-la sobre um veículo.

Os movimentos de translação e elevação motorizados serão acionados por meio de uma botoeira pendente, por um operador que se deslocará na área externa de jusante.

As operações de descida e subida da comporta serão sempre realizadas com pressões equilibradas, entre montante e jusante, e com o auxílio da viga pescadora.

As características principais da talha elétrica são as seguintes:

- Capacidade da talha..... 20 kN (*)
- Curso do gancho16,70 m
- Velocidade de elevação 5,0 m/min
- Velocidade de translação..... 15,0 m/min
- Extensão da monovia.....27,30 m

* Valor a ser confirmado pelo fabricante, quando do projeto executivo.

12.14. Sistemas de Utilidades

12.14.1. Sistema de Esvaziamento e Enchimento

O sistema de esvaziamento e enchimento terá por finalidade esvaziar e encher completamente o canal de adução, o conduto forçado, caixa espiral e tubo de sucção das unidades geradoras.

A **Ilustração 67** apresenta a concepção desse sistema.

- **Enchimento do canal de adução**

O enchimento do canal de adução será feito por meio de válvulas "by-pass" instaladas nas comportas ensecadeiras da estrutura de controle.

O elemento superior do tabuleiro de cada comporta deverá ser provido de duas válvulas "by-pass", com diâmetro de DN 200 mm, que possibilitarão o enchimento do canal. As válvulas deverão ser abertas pela ação do peso próprio da viga pescadora e deverão fechar sempre que a viga pescadora for desacoplada da comporta ensecadeira.

- **Enchimento do conduto forçado**

O enchimento de cada circuito será feito por meio de válvulas "by-pass" instaladas na comporta ensecadeira da tomada d'água.

O elemento superior do tabuleiro das comportas deverá ser provido de duas válvulas "by-pass", com diâmetro de DN 200 mm, que possibilitarão o equilíbrio de pressões hidráulicas. As válvulas deverão ser abertas pela ação do peso próprio da viga pescadora e deverão fechar sempre que a viga pescadora for desacoplada da comporta ensecadeira.

Alternativamente, o enchimento poderá ser executado por meio da operação de "cracking" da comporta vagão.

- **Enchimento do tubo de sucção**

O enchimento do tubo de sucção será feito através de válvulas "by-pass" instaladas nas comportas ensecadeiras de jusante.

Um dos elementos da comporta ensecadeira da casa de força será dotado de duas válvulas de equilíbrio de pressões (válvula "by-pass"), com diâmetro de DN 150 mm que, quando acionadas pelo peso próprio da

viga pescadora, possibilitarão a entrada da água do canal de fuga no tubo de sucção vazio, promovendo-se assim o enchimento deste.

- **Esvaziamento do circuito de adução**

O esvaziamento do circuito de adução será feito por gravidade até o nível de jusante. A água contida no circuito, abaixo do nível de jusante, será recalçada para fora da usina, por meio de conjunto eletrobomba, que será inserida no poço de esgotamento.

- **Esvaziamento da caixa espiral e tubo de sucção**

Após o fechamento da comporta da tomada d'água e abertura manual da válvula de esvaziamento, a água contida no conduto de adução, caixa espiral e tubo de sucção escoará para o canal de fuga, por gravidade, até se equilibrar com o nível de jusante.

Após o fechamento da comporta ensecadeira do tubo de sucção, a água restante será bombeada para o canal de fuga.

Será implantado um poço de esgotamento para o esvaziamento das unidades, por meio de lançamento da bomba de esgotamento. O poço estará situado na cota de fundo na El. 276,40 m.

O tempo de esvaziamento será de aproximadamente oito (8) horas.

As características técnicas das bombas serão as seguintes:

- Tipo submersível
- Quantidade 02
- Vazão 48,00 m³/h
- Altura manométrica 26,10 m.c.a.
- Potência estimada do motor 5,70 kW

12.14.2. Sistema de Água de Resfriamento e de Serviço

O sistema de água de resfriamento, de vedação e de serviço tem por finalidade fornecer água para o resfriamento dos equipamentos da casa de força, por meio dos respectivos trocadores de calor, água para as vedações dos eixos das turbinas e água de serviço para os diversos sistemas e instalações da casa de força e área de montagem.

Tem como equipamentos principais dois filtros de água instalados no piso das unidades geradoras (nível 281,55 m).

O critério de projeto estabeleceu que cada filtro terá 100% de capacidade adicional de reserva, para suprir a necessidade de água na eventual falha ou manutenção de um dos filtros.

A **Ilustração 66** apresenta a concepção desse sistema.

As características técnicas dos filtros são as seguintes:

- Tipo Limpeza Automática
- Vazão Unitária 30,00 m³/h
- Pressão de Trabalho 0,40 MPa (4,0 kgf/cm²)
- Malha de Filtragem 500 µm (35 mesh)

12.14.3. Sistema de Drenagem

O sistema de drenagem tem a finalidade de coletar e conduzir para o canal de fuga todas as águas de percolação e infiltração provenientes dos condutos blindados de adução e dos ambientes interiores da casa de força, bem como as águas provenientes de descargas dos equipamentos, tais como lavagem dos filtros, vazamentos de tubulações e limpeza de pisos.

Este sistema possuirá um poço de bombeamento localizado no piso da casa de força (El. 277,30 m), com nível de fundo na El. 274,30 m, com uma área útil de 13,5 m² (3,0 x 4,5 m). Serão instaladas duas bombas de recalque, sendo uma de reserva. A bomba de reserva poderá entrar em operação nas condições excepcionais em que a vazão afluyente ao poço for superior à prevista.

Os critérios de projeto estabelecem que cada bomba terá 100% de capacidade adicional de reserva, tendo em vista a importância deste sistema na segurança da usina.

A **Ilustração 65** apresenta a concepção desse sistema.

As características técnicas de cada bomba serão as seguintes:

- Tipo submersível
- Quantidade 02
- Vazão 22,00 m³/h
- Altura manométrica 19,00 mca.
- Potência estimada do motor 2,90 kW

12.14.4. Sistema de Ar Comprimido de Serviço

O sistema de ar comprimido de serviço terá por finalidade produzir, armazenar e suprir as necessidades de ar comprimido da casa de força e da área de montagem, para limpeza de tubulações, equipamentos e superfícies, operação de ferramentas pneumáticas, alimentação de instrumentos, alimentação de ar para o sistema de freio do gerador, para os filtros do sistema de água de resfriamento, e para as vedações de parada dos eixos das turbinas.

Este sistema será constituído de dois (02) compressores, sendo um de reserva, um reservatório de ar, e uma rede de tubulações de distribuição.

Nos pontos baixos da rede de ar comprimido serão instalados purgadores de condensado para manter o ar seco.

A **Ilustração 68** apresenta a concepção desse sistema.

As características técnicas dos equipamentos são as seguintes:

- Compressor de Ar
 - Quantidade 2
 - Tipo alternativo, com reservatório acoplado
 - Descarga Livre Efetiva 30 pcm
 - Pressão de Descarga 7,0 bar
 - Potência do Motor Estimada 5,5 kW
- Reservatório de Ar
 - Tipo Cilindro vertical

- Capacidade..... 1.000 l (1,0 m³)

12.14.5.Sistema de Ventilação

A ventilação da casa de força e área de montagem, incluindo galerias, será do tipo natural.

12.14.6.Sistemas de Água Potável e Esgoto Sanitário

- **Água Potável**

O projeto do sistema visa captar, armazenar e distribuir água potável para as instalações hidrossanitárias da casa de força.

Está projetada uma estação de tratamento de água tipo compacta. A água tratada será bombeada para caixa d'água elevada, localizada na parte externa da casa de força. A caixa possuirá uma capacidade total de 3.000 l (3 m³), suficiente para dois dias de consumo.

A estação de tratamento com capacidade de 1 m³/h, terá as seguintes funções:

- Dosagem de produtos químicos;
- Mistura rápida;
- Floculação mecânica;
- Decantação com módulos tubulares;
- Filtração;
- Bombeamento de água tratada.

- **Esgoto Sanitário**

O projeto do sistema tem por finalidade oferecer as condições de higiene aos funcionários e eventuais visitantes, através da coleta, tratamento e despejos do esgoto sanitário.

As quantidades, dimensões e localizações dos sanitários, copa e vestiário serão determinadas por requisitos arquitetônicos.

Os dejetos provenientes dos aparelhos sanitários serão descarregados para a fossa séptica e recalçados para área externa da Casa de Força. O lodo digerido efluente da fossa passará por filtro anaeróbico antes de ser lançado no canal da fuga.

12.14.7.Sistema de Proteção Contra Incêndios

Os sistemas de proteção contra incêndio têm por finalidade proteger, detectar e combater incêndio em equipamentos e ambientes da usina sujeitos à ocorrência de sinistro.

A usina disporá dos seguintes sistemas de proteção contra incêndio:

- **Sistema de Hidrantes para Proteção Contra Incêndio**

O sistema será do tipo fixo pressurizado por conjuntos moto-bombas centrífugas e entrará em funcionamento abrindo-se manualmente qualquer hidrante.

Os hidrantes serão instalados na área de montagem e na área externa ao edifício de acesso, para combater eventuais incêndios e dar proteção à saída de pessoal de dentro do edifício.

- **Sistema de Extintores para Proteção Geral das Instalações**

O sistema será constituído basicamente de extintores portáteis do tipo CO₂ e pó químico seco (PQS).

Os extintores de CO₂ serão destinados a proteger os equipamentos eléctrico/eletrónicos, e os de pó químico para proteger locais e/ou equipamentos que contenham produtos inflamáveis.

O dimensionamento do sistema e a distribuição adequada das unidades extintoras serão feitos por ocasião do projeto executivo da usina.

12.14.8. Sistema de Medições Hidráulicas

O sistema de medições hidráulicas possuirá os seguintes instrumentos de medição, conforme mostrado na *Ilustração 69*.

- **Medições dos Níveis de Água da Estrutura de Controle, da Tomada d'Água e a Jusante da Usina**

Será instalado um medidor de nível tipo limnómetro de boia em local próximo a estrutura de controle para medição de variações de níveis do reservatório. Outro medidor do mesmo tipo será instalado a montante da tomada d'água para medição de variações de níveis da câmara de carga. Por fim, será instalado outro medidor a jusante, próximo a saída d'água no canal de fuga.

- **Medição de Perda de Carga nas Grades da Estrutura de Controle**

Serão instalados detectores de pressão diferencial na estrutura de controle, para medição de perda de carga nas grades.

- **Detecção de Equilíbrio de Pressão nas Comportas Ensecadeira da Estrutura de Controle**

Serão instalados detectores de pressão diferencial na estrutura de controle para detecção de equilíbrio de pressões nas comportas ensecadeira.

- **Medição de Perda de Carga na Grade da Tomada d'Água Principal**

Será instalado detector de pressão diferencial na tomada d'água, para medição de perda de carga na grade.

- **Detecção de Equilíbrio de Pressão na Comporta Ensecadeira da Tomada d'Água**

Será instalado detector de pressão diferencial na tomada d'água para detecção de equilíbrio de pressões na comporta ensecadeira.

- **Detecção de Equilíbrio de Pressão na Comporta de Emergência**

Será instalado detector de pressão diferencial na tomada d'água para detecção de equilíbrio de pressões na comporta vagão.

- **Medição de Vazão**

Serão instaladas tomadas de pressão em duas secções de cada turbina, para medição de vazão turbinada.

- **Medição de Pressão do Tubo de Sucção**

Serão instaladas duas (02) tomadas de pressão no tubo de sucção de cada turbina, para medição de pressão do tubo de sucção.

Será instalada uma (01) tomada de pressão em cada ramal do tubo de sucção de cada turbina próximo a extremidade, para medição de pressão.

- **Detecção de Equilíbrio de Pressão na Comporta Ensecadeira de Jusante**

Serão instalados detectores de pressão diferencial em cada uma das unidades geradoras para detecção de equilíbrio de pressão na comporta ensecadeira do tubo de sucção.

12.15. Equipamentos e Sistemas Elétricos Principais

No interior da Casa de Força os equipamentos eletromecânicos serão dispostos conforme mostrado nas **Ilustrações 62 a 64**.

Assim, acoplado a cada gerador será instalado um cubículo de surto e de fechamento do neutro, e os equipamentos ligados à excitação do mesmo.

Os demais cubículos com disjuntores de saída, do transformador elevador e de alimentação dos serviços auxiliares, bem como os sistemas auxiliares elétricos gerais (corrente alternada e corrente contínua), serão distribuídos nas áreas disponíveis da Casa de Força e no anexo à Área de Montagem.

A Sala de Controle Centralizada (Estação de Operação, Painéis de Proteção e Medição e de Comunicação) estará em área própria reservada com acesso pela Área de Montagem. Nesta mesma área será instalado o grupo gerador diesel de emergência.

O transformador elevador trifásico ficará localizado no interior da Subestação Elevadora, juntamente com os equipamentos de manobra, os transformadores para instrumentos e para-raios, conforme mostrado nas **Ilustrações 77 e 78**.

Na **Ilustração 70** é apresentado o Diagrama Unifilar do Sistema de Proteção e Medição concebido para a Casa de Força da PCH SU-93, na **Ilustração 71** o Diagrama Unifilar para a Subestação Elevadora – Setor 138 kV, e na **Ilustração 72** o Diagrama Unifilar para a Subestação Elevadora – Setor 34,5 kV.

A configuração do sistema elétrico contempla dois geradores síncronos de 4.723 kVA, acionados por turbinas hidráulicas do tipo Kaplan S, localizados na Casa de Força, e um gerador assíncrono de 723 kVA, acionado por uma turbina hélice de eixo vertical, localizado na Casa de Força Auxiliar (estrutura de desvio).

Os geradores principais serão conectados aos seus respectivos cubículos de surto e de fechamento de neutro, e destes interligados ao conjunto de cubículos nos correspondentes cubículos disjuntores. O gerador da Casa de Força Auxiliar será conectado no seu respectivo cubículo disjuntor através de uma linha interna. Um seccionador próprio será conectado ao transformador elevador trifásico 6,9-138 kV, por meio de cabos isolados.

Do mesmo conjunto de cubículos serão alimentados os transformadores de serviços auxiliares, por meio de seccionadores com fusíveis incorporados.

As características elétricas obtidas no pré-dimensionamento para os equipamentos elétricos principais são apresentadas nos itens seguintes.

12.15.1. Geradores Principais

O gerador síncrono, de eixo horizontal, será instalado em maciço de concreto, com sistema de resfriamento a ar, com sistema de excitação brushless e com reguladores de tensão do tipo digital.

A proteção contra surtos de tensão para o gerador, compreendendo para-raios e capacitores, e o fechamento de neutro, com os transformadores de corrente e o transformador de distribuição monofásico, para fins de limitação da corrente do neutro, serão realizados por meio de cubículo acoplado ao gerador.

As características técnicas principais dos geradores serão as seguintes:

- Tipo síncrono, eixo horizontal
- Quantidade 2
- Potência nominal 4.723 kVA
- Tensão nominal 6.900 V

- Número de fases.....3
- Fator de potência.....0,90
- Frequência nominal 60 Hz
- Velocidade Síncrona Nominal 360 rpm
- Rendimento médio97%
- Tipo de acionamentosem multiplicador de velocidade
- Sistema de resfriamento preferencial ar
- Temperaturas de funcionamento:
 - 80°C no enrolamento do estator na potência nominal
 - 40°C ambiente
- Classe de Isolamento F
- Resistências de aquecimento 1 conjunto
- Supervisão de temperatura do estator 2 RTD's/fase
- Supervisão de temperatura dos mancais..... 2 RTD's
- Supervisão de temperatura do óleo dos mancais..... 2 RTD's
- Termômetros para supervisão e proteção dos mancais 2 unidades
- Resistência para desumidificação 3 unidades
- Valores de reatância (síncrona, transitória e subtransitória) a ser confirmado pelo fabricante na fase do projeto executivo;
- Aterramento do neutro por meio de transformador de aterramento;
- Sistema de excitação sem escovas "Brushless" com excitatriz estática e com transformador de excitação do tipo seco.

12.15.1.1. Sistema de Excitação

Cada gerador deverá ser fornecido com o sistema de excitação do tipo "Brushless" com diodos rotativos, alternador de excitação, diretamente acoplado ao gerador, equipamento de excitação, inclusive transformador de excitação, dispositivos de desexcitação e de escorvamento do campo e regulador de tensão. O fornecimento deve incluir todos os equipamentos necessários para perfeito funcionamento em todas as condições de operação.

O equipamento de excitação e regulação de tensão deve ser do tipo com componentes de estado sólido e circuitos integrados, proporcionando uma regulação automática de tensão, de ação muito rápida, nos bornes do gerador, em todas as condições de carga.

O sistema de excitação deve possuir todas as características necessárias de modo a se ter uma excitação adequada em condições permanentes, bem como durante as possíveis perturbações transitórias, ajudando assim na operação estável dos geradores em paralelo.

12.15.2. Gerador da Casa de Força Auxiliar

As características técnicas principais do gerador serão as seguintes:

- Gerador assíncrono trifásico, auto ventilado, carcaça com proteção IP68, apoiado em eixo vertical, acoplado diretamente a turbina por flange e disco;
- Potência Nominal Trifásica723 kVA
- Tensão Nominal entre Fases660 V
- Fator de potência.....0,9
- Frequência nominal60 Hz
- Tipo de ligação estrela aterrado
- Classe de isolamento do estator e rotor classe F

12.15.3. Cubículos de Média Tensão

Os cubículos de média tensão serão blindados, tipo *metal-clad*, equipados com todos os componentes e ligações internas necessárias para a pronta operação, completos com disjuntores, TC's, TP's e demais componentes. As siglas dos equipamentos estão mostradas nas **Ilustrações 70, 71 e 72**.

Estão previstos os seguintes cubículos:

- Cubículo de Proteção Contra Surtos e de Fechamento do Neutro do Gerador 1 CSN-U1
- Cubículo de Proteção Contra Surtos e de Fechamento do Neutro do Gerador 2 CSN-U2
- Cubículo de Saída do Gerador 1 CDU-U1
- Cubículo de Saída do Gerador 2 CDU-U2
- Cubículo de Saída do Gerador 3 CDU-U3
- Cubículo de Alimentação do Transformador Elevador CSTE
- Cubículo da Chave Seccionadora para Serviços Auxiliares 1 CSA1
- Cubículo da Chave Seccionadora para Serviços Auxiliares 2 CSA2

12.15.3.1. Características Principais

- Cubículos de Proteção Contra Surtos e de Fechamento do Neutro
 - Quantidade02
 - Tensão Nominal (eficaz) 7,2 kV
 - Frequência nominal..... 60 Hz
 - Corrente nominal em regime contínuo..... 1.250 A
 - Nível Básico de Isolamento 60 kV
 - Tensão de ensaio a 60 Hz.....20 kV
 - Corrente de curta duração por 1s (eficaz).....25 kA
- Cubículos de Saída dos Geradores
 - Quantidade03
 - Tensão Nominal (eficaz) 17,5 kV
 - Frequência nominal..... 60 Hz
 - Corrente nominal em regime contínuo..... 1.250 A

- Nível Básico de Isolamento 110 kV
- Tensão de ensaio a 60 Hz 34 kV
- Corrente de curta duração por 1s (eficaz)..... 25 kA
- Cubículo de Alimentação do Transformador Elevador
 - Quantidade01
 - Tensão Nominal (eficaz) 15 kV
 - Frequência nominal..... 60 Hz
 - Corrente nominal em regime contínuo..... 1.250 A
 - Nível Básico de Isolamento 110 kV
 - Tensão de ensaio a 60 Hz 34 kV
 - Corrente de curta duração por 1s (eficaz)..... 25 kA
- Cubículos dos Secionadores para Serviços Auxiliares
 - Quantidade02
 - Tensão Nominal (eficaz) 15 kV
 - Frequência nominal..... 60 Hz
 - Corrente nominal em regime contínuo..... 400 A
 - Nível Básico de Isolamento 110 kV
 - Tensão de ensaio a 60Hz 34 kV
 - Corrente de curta duração por 1s (eficaz)..... 25 kA

12.15.4. Transformadores Elevadores

Os transformadores elevadores serão trifásicos, com dois enrolamentos, adequados para instalação externa, imersos em óleo mineral isolante, com tanques de expansão e comutador de derivações sem tensão.

As características técnicas dos transformadores serão as seguintes:

12.15.4.1. TE-01

- Tipo trifásico
- Quantidade01
- Potência nominal 9/11,25 MVA
- Tensão primária 6,9 kV
- Tensão secundária 138 kV ($\pm 2 \times 2,5\%$)
- Frequência Nominal..... 60 Hz
- Reatância indutiva a 75 °C..... 10%
- Ligação YNd1
- Método de resfriamento ONAN/ONAF
- Comutador de taps em vazio

- Classe de isolamento F

12.15.4.2. TE-02

- Tipo trifásico
- Quantidade 01
- Potência nominal 21/26,25 MVA
- Tensão primária 34,5 kV
- Tensão secundária 138 kV ($\pm 2 \times 2,5\%$)
- Frequência Nominal 60 Hz
- Reatância indutiva a 75 °C 10%
- Ligação YNd1
- Método de resfriamento ONAN/ONAF
- Comutador de taps em vazio
- Classe de isolamento F

12.15.5. Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC)

O Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDCD) da usina e subestação será concebido conforme a Arquitetura Geral Simplificada, mostrado na *Ilustração 75*.

Resumidamente, este sistema será responsável pela integração dos diversos equipamentos assegurando um nível de operacionalidade conjunta e harmônica, realizando as funções de comando, controle e proteção, assim como, a monitoração e o registro sequencial dos eventos inerentes.

São pré-requisitos do SDSC: a confiabilidade, a modularidade, a intercomunicabilidade e a robustez. Portanto, deverá ser assegurada a completa compatibilidade lógica e operacional entre os equipamentos que integrem o sistema de automação.

O comando, o controle e a supervisão da usina serão executados normalmente a partir da Estação de Operação localizada no interior da Casa de Força ou ainda pelos painéis de proteção e controle de cada unidade. Adicionalmente, prevê-se para o SDSC a capacidade de executar as mesmas funções a partir do Centro de Operação Remota (COR), fora do presente escopo, por meio de comunicação em protocolo aberto com o Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC).

Este sistema possibilitará a operação a partir de três níveis, assim definidos:

- Nível 1: Unidades de aquisição de dados e controle (UACs) que deverão ser constituídas por módulos funcionais, tais como processadores e interfaces com o processo e comunicação;
- Nível 2: Corresponde às funções centralizadas da usina, de comando, supervisão e controle. O conjunto de equipamentos do nível 2 deverá estar totalmente interconectado por meio de rede digital de comunicação de alta velocidade;
- Nível 3: Corresponde às funções centralizadas no COR. O conjunto de equipamentos do nível 3 deverá estar totalmente interconectado por meio de rede digital de comunicação (fora do presente escopo).

Os equipamentos que compõem o SDSC, incluindo os reguladores eletrônicos de velocidade e de tensão, serão instalados na Sala de Controle em ambiente climatizado.

12.15.5.1. Descrição dos Painéis dos Sistemas do SDSC

Na **Ilustração 75** são apresentados os painéis que compõem o SDSC, que serão instalados na Sala de Controle da Casa de Força e na Sala de Controle da Subestação.

Os painéis previstos são os seguintes:

- Painel de Controle e Proteção da Unidade Geradora 01PCP-U1
- Painel de Controle e Proteção da Unidade Geradora 02PCP-U2
- Painel de Controle e Proteção da Unidade Geradora 03PCP-U3
- Painel de Controle e Proteção do Transf. Elevador 01 e Serv. Auxiliares..... PCP-TE1
- Painel de Controle e Proteção do Transf. Elevador 02 PCP-TE2
- Painel de Controle e Proteção da LT PCH SU-104.....PCP-(SU-104/118)
- Painel de Controle e Proteção da LT PCH SU-75 PCP-(SU-75)
- Painel de Controle e Proteção da LT SE M. SapezalPCP-L1
- Painel de Medição de Faturamento PCH SU-93.....PMF-SU-93
- Painel de Medição de Faturamento PCHs SU-104/118PMF-(SU-104/118)
- Painel de Medição de Faturamento PCH SU-755PMF-SU-75
- Quadro de Distribuição Corrente Alternada – Tomada d Água +QDA-TA
- Painel de Telecom..... +PTC-01
- Painel de Segurança Eletrônica.....+PSE-01

O quantitativo de painéis poderá sofrer variações em função do tipo de equipamento oferecido pelos Fabricantes.

12.15.6. Sistema de Proteção

Na **Ilustração 70** é apresentado o Diagrama Unifilar do Sistema de Proteção e Medição concebido para a Casa de Força da PCH SU-93, e nas **Ilustrações 71 e 72** o Diagrama Unifilar para a respectiva Subestação Elevadora.

O sistema de proteção elétrica dos geradores, do transformador elevador e da linha de transmissão será baseado em relés numéricos “stand alone”, usualmente utilizados para proteção desses equipamentos. Os relés de proteção serão instalados nos painéis de controle e proteção de cada unidade, conforme mostrado nas respectivas ilustrações.

As proteções deverão apresentar como pré-requisitos básicos: a seletividade, a superposição das áreas protegidas (sem zonas de sombra) e retaguarda.

Os equipamentos deverão apresentar interfaces padronizadas e protocolos de comunicação abertos, dando-se preferência para a comunicação pelo protocolo MODBUS ou IEC865-101 ou DNP3.0, com possibilidade de parametrização local por meio de botões frontais ou via software; e desejável possibilidade de parametrização remota, por meio de linha discada.

Preveem-se as seguintes funções, segundo o padrão ANSI:

- Proteção das Unidades Geradoras:
 - Proteção de subtensão (27)
 - Relé de Verificação de Sincronismo (25)
 - Proteção de Potência Reversa (32)
 - Proteção de Perda de Excitação (40)
 - Proteção de Corrente de Sequência Negativa (46)
 - Proteção de Sobrecorrente Instantânea (50)
 - Proteção de Sobrecorrente Instantânea de Neutro (50N)
 - Proteção de Sobrecorrente Temporizada (51)
 - Proteção de Sobrecorrente Temporizada de Neutro (51N)
 - Proteção de Sobrecorrente com Restrição de Tensão (51V)
 - Proteção de Sobretensão (59)
 - Proteção de Sobretensão de Neutro (59N)
 - Proteção de Falha Disjuntor (50BF)
 - Proteção de Terra do Estator (64)
 - Proteção de Sub e Sobrefrequência (81)
 - Relé de Bloqueio do Gerador (86)
 - Proteção Diferencial do Gerador (87G)
- Proteção do Transformador Elevador:
 - Relé de Pressão da Válvula de Segurança (20VS)
 - Relé de Temperatura do Óleo (26)
 - Relé de Temperatura do Enrolamento (49)
 - Proteção de Sobrecorrente Instantânea (50)
 - Proteção de Sobrecorrente Instantânea de Neutro (50N)
 - Proteção de Sobrecorrente Temporizada (51)
 - Proteção de Sobrecorrente Temporizada de Neutro (51N)
 - Proteção de Falha Disjuntor (50BF)
 - Relé de Pressão de Gás – Bochholz (63)
 - Relé de Nível de Óleo (71)
 - Relé de Bloqueio do Transformador (86)
 - Proteção Diferencial do Transformador (87T)
- Proteção das Linhas de Transmissão 34,5 e 138 kV:
 - Relé de distância (21)
 - Relé de sincronismo (25)
 - Relé de Subtensão (27)
 - Relé de Sobrecorrente Instantânea (50)

- Relé de Sobrecorrente Temporizada (51)
- Relé de Sobretensão (59)
- Relé de Direcional de Sobrecorrente (67)

A proteção de distância (21) deverá ser sensível a todos os tipos de faltas entre fases e entre fase e terra. Deverá ter no mínimo três zonas de proteção e elementos direcionais de partida.

Será previsto ainda um relé para detecção de falta à terra na barra do cubículo de média tensão, função 59N, para o caso de alimentação da barra por meio do sistema interligado e de um relé de sincronização e de verificação de sincronismo dos geradores e a barra do cubículo de média tensão, função 25.

12.15.7. Subsistema de Medição e Supervisão

Os medidores das grandezas elétricas serão digitais e possuirão interfaces de comunicação com o Subsistema Supervisivo. Este subsistema irá monitorar também os sinais analógicos e digitais vitais nos equipamentos da usina e da subestação, condicioná-los para leitura remota por meio de interfaces padrão Ethernet ou RS485, quando cabíveis, e promover o seu registro e a elaboração de relatórios gerenciais no computador de comando e supervisão do subsistema. A determinação dos pontos e quantidades monitoradas será objeto do projeto executivo.

As medições de faturamento serão efetuadas por sistemas dedicados e instalados na subestação própria da PCH SU-93 e na subestação de conexão, SE Manobra Sapezal, da Energisa MT. Para estas medições prevêem as interfaces de comunicação requisitadas pela CCEE/ONS.

12.15.8. Sistema de Segurança Eletrônica

O monitoramento de área e a supervisão de segurança da usina serão feitos por televisão em circuito fechado CFTV, com câmeras distribuídas para observação das áreas supervisionadas.

Está previsto monitorar os acessos, para prevenção de entrada indevida de pessoas nas áreas restritas, a situação das chaves seccionadoras da subestação, entre outros pontos.

O monitoramento será constituído por uma central de transmissão e rastreamento das câmeras e o equipamento de geração de vídeo e som.

12.15.9. Sistema de Telecomunicações

A configuração do sistema de telecomunicações está indicada no diagrama de blocos incluído nos desenhos anexos a este relatório (*Ilustração 76*).

As comunicações da usina com a rede pública serão atendidas por um PABX convencional, com troncos independentes e ramais na estação de operação, na sala de média tensão e próximo às unidades geradoras.

As comunicações internas por telefones convencionais cobrem as galerias mecânica e elétrica e outras dependências da casa de força e estão estendidas às estruturas civis do sistema de adução, com telefones na tomada de água.

Será instalado um sistema de comunicação via OPGW na linha de transmissão, com funções de teleproteção, de tráfego de dados e voz entre a subestação da PCH SU-93 e a subestação Manobra Sapezal, da Energisa MT. Será previsto ainda um sistema de Enlace Rádio Digital para comunicação com as usinas SU-104 e SU-75.

O sistema terá capacidade para atender a transferência em tempo real dos dados de operação e supervisão da usina gerados pelo SDSC.

12.15.10. Serviços Auxiliares em Corrente Alternada

12.15.10.1. Configuração do Sistema

O Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Alternada terá a configuração apresentada no diagrama unifilar mostrado na **Ilustração 73**.

O sistema será composto por dois cubículos (+CSA1/2) derivados do conjunto de cubículos de MT, que alimentam seus respectivos Transformadores de Serviços Auxiliares (TSA-01/02) e destes o Quadro Geral de Serviços Auxiliares em Corrente Alternada (QDA-01).

Será previsto ainda, como fonte de emergência, um Grupo Gerador Diesel de Emergência (GGD-CF) que também alimentará o mesmo quadro geral (QDA-01) com potência adequada a atender aos serviços auxiliares prioritários da Casa de Força, Tomada d'Água e Subestação.

A partir do Quadro Geral de Serviços Auxiliares (QDA-01), serão alimentados: o Quadro de Distribuição (QDA-TA) da Tomada D'Água, o Quadro de Distribuição (QDA-SE) da Subestação, o e as demais cargas em corrente alternada da Casa de Força.

Será adotado o nível de tensão de 380/220 V \pm 10%, trifásico, 4 fios, solidamente aterrado para alimentação de todos os motores de potência, tomadas de força trifásicas e alimentação primária do sistema de iluminação.

Para as cargas monofásicas dos resistores de aquecimento e das iluminações internas dos quadros elétricos e das tomadas de força será utilizada tensão de 220 V (F+N).

12.15.10.2. Critérios de Operação

As alimentações desde o conjunto de cubículos e do Grupo Gerador Diesel de Emergência (GGD-CF) até o Quadro Geral de Serviços Auxiliares em Corrente Alternada (QDA-01) serão feitas radialmente não sendo permitida a operação em paralelo de qualquer uma das fontes.

Em condições normais de operação uma das fontes provenientes dos transformadores de serviços auxiliares alimentará o quadro geral (QDA-01). Na ocorrência da falta de uma delas deverá ocorrer a comutação automática da outra.

Quando ocorrer a falta simultânea destas fontes entrará automaticamente em operação a fonte proveniente do Gerador Diesel (GGD-CF).

12.15.10.3. Descrição dos Quadros Auxiliares em Corrente Alternada

Na **Ilustração 73** são apresentados os quadros que compõem os Serviços em Corrente Alternada.

Os quadros previstos são os seguintes:

- Quadro Geral de Serviços Auxiliares em Corrente Alternada QDA-01
- Quadro de Distribuição em Corrente Alternada – Tomada d'Água QDA-TA
- Quadro de Distribuição em Corrente Alternada – Subestação QDA-SE
- Quadro de Iluminação e Tomadas QLT-CF
- Quadro de Tomadas de Força QTF-CF

12.15.10.4. Transformadores de Serviços Auxiliares

Será previsto o fornecimento de dois Transformadores de Serviços Auxiliares instalados na Sala de MT da Casa de Força, e terão as principais características:

- Quantidade02
- Potência nominal225 kVA
- Tipo seco
- Ligação delta-estrela..... Dyn1
- Frequência nominal 60 Hz
- Tensão nominal no enrolamento primário6.900 V
- Tensão máxima.....7.200 V
- Tensão nominal no enrolamento secundário 380 V ($\pm 2 \times 2,5\%$)
- Comutador de tapsem vazio

12.15.10.5. Gerador Diesel de Emergência

Para atender, em emergência, as cargas com maior probabilidade de funcionamento quando a usina e a subestação estiverem sob colapso total de energia, será instalado um Grupo Gerador Diesel de Emergência (GGD-CF) de corrente alternada.

A potência do grupo deverá ser suficiente para alimentação dos motores e outros equipamentos acionados por energia elétrica, em corrente alternada, dos quais a usina não pode prescindir em caso de falha no sistema elétrico.

O sistema de resfriamento do motor deverá ser a ar/água, com radiador. O gerador síncrono será trifásico, 380/220V, 60Hz e terá sistema de excitação com regulador automático de tensão.

Um tanque de combustível, para uso diário, terá capacidade tal que permita o funcionamento ininterrupto do grupo, sob carga nominal, por um período superior a 8 (oito) horas.

12.15.11. Serviços Auxiliares em Corrente Contínua

12.15.11.1. Configuração do Sistema

O Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Contínua terá a configuração apresentada no diagrama unifilar simplificado mostrado na **Ilustração 74**.

O Quadro Geral de Serviços Auxiliares em Corrente Contínua (QDC-01) será alimentado por dois Carregadores de Baterias (CB-01/02), e destes as suas respectivas Baterias de Acumuladores (BAT-01/02).

A partir do Quadro Geral de Serviços Auxiliares (QDC-01) serão alimentados os Quadros de Distribuição: o Quadro de Distribuição (QDC-TA) da Tomada d'Água, o Quadro de Distribuição (QDC-SE) da Subestação, e as demais cargas em corrente contínua da Casa de Força.

Será adotado o nível de tensão de 125 V \pm 10% para todas as cargas.

12.15.11.2. Critérios de Operação

Em condições normais de operação, uma das fontes provenientes dos Carregadores de Baterias (CB-01/02) alimentará o quadro geral (QDC-01). Na ocorrência da falta de uma delas deverá ocorrer a comutação automática da outra.

12.15.11.3. Descrição dos Quadros Auxiliares em Corrente Contínua

Na **Ilustração 74** são apresentados os quadros que compõem os Serviços em Corrente Contínua.

Os quadros previstos são os seguintes:

- Quadro Geral de Serviços Auxiliares em Corrente Contínua QDC-01
- Quadro de Distribuição em Corrente Contínua – Tomada d’Água QDC-TA
- Quadro de Distribuição em Corrente Contínua – Subestação QDC-SE

12.15.11.4. Carregadores de Baterias

Os carregadores de baterias (CB-01 e CB-02) serão do tipo estático, constituídos por retificadores de silício, alimentados em 380/220 V, a partir do Quadro Geral de Serviços Auxiliares em Corrente Alternada (QDA-01), com um alimentador independente para cada carregador.

Os carregadores de baterias terão como ciclo de serviço seu funcionamento com todas as unidades operando normalmente, ou seja, o mesmo ciclo de serviço usado para dimensionamento da bateria que considera todas as unidades funcionando normalmente.

- Quantidade 02
- Tensão de entrada nominal 380 Vca a 4 fios $\pm 10\%$
- Tensão de saída nominal 125 Vcc $\pm 0,5\%$
- Tensão de flutuação 132 Vcc
- Tensão de equalização 144 Vcc
- Corrente nominal 35 A
- Frequência de entrada 60 Hz +/- 5%
- Limitação de corrente em % da potência nominal 150%

12.15.11.5. Baterias de Acumuladores

Os Bancos de Baterias de Acumuladores (BAT-01/02) serão formados por elementos do tipo selado, para sistema com tensão de 125 V (+10% a -20%).

- Quantidade 02
- Tensão nominal de serviço 125 Vcc (+10% a -20%)
- Capacidade em (Ah) do banco 100 Ah

12.15.12. Sistema de Iluminação e Tomadas

12.15.12.1. Iluminação Normal

A iluminação normal será projetada de tal modo a possibilitar a livre circulação pelas diversas áreas da usina e permitir o bom desempenho, com segurança, de todas as atividades normais do pessoal de operação e manutenção.

Os níveis médios mínimos de iluminância a serem adotados para a iluminação normal estarão de acordo com as normas brasileiras pertinentes, dentre as quais, a NBR 5413 – Iluminância de Interiores e NBR 510 –1 Iluminação Pública. As instalações elétricas serão concebidas de acordo com a NBR – 5410 Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

Na iluminação normal, serão empregados os seguintes tipos de luminárias:

- Luminárias equipadas com lâmpadas do tipo fluorescente, destinadas a áreas internas com pé direito baixo e médio, tais como, galerias, escritórios, sala de controle, oficinas, depósitos, instalações sanitárias, escadas de acesso, etc. Estas luminárias serão adequadas ao ambiente do local, ambiente normal ou com presença de umidade, gases ou vapores ou com risco de explosão;
- Luminárias equipadas com lâmpadas a vapor de sódio, destinadas a áreas internas com pé direito elevado, tais como, a sala de máquinas;
- Luminárias equipadas com lâmpadas a vapor de sódio destinadas a áreas externas, tais como, plataforma dos transformadores e canal de fuga, vias e acessos, plataformas do pórtico na tomada d'água e pátio da subestação.

O comando local da iluminação será feito por meio de interruptores junto aos acessos. Em áreas especiais, serão previstos interruptores convenientemente distribuídos.

Em áreas externas, a iluminação será comandada por dispositivos fotoelétricos e de maneira centralizada por chaves de comando manual local. O acionamento será feito por contatores.

12.15.12.2. Iluminação de Emergência

A iluminação de emergência será projetada de modo a possibilitar o escoamento de pessoal e manter níveis de iluminância adequados nas áreas mais críticas de operação, nos períodos de falta da iluminação normal.

Os níveis de iluminância serão compatíveis para estabelecer um balizamento das passagens e áreas de circulação, mantendo um nível mínimo de iluminância que possibilite a circulação e, principalmente, a saída de pessoal dos locais de menor segurança.

Poderão ser empregados sistemas autônomos de iluminação de emergência, compostos por alojamento, carregador, bateria de níquel cádmio, inversor e lâmpadas fluorescentes compactas.

12.15.12.3. Tomadas

A seguir estão definidos os tipos de tomadas a serem empregadas e instaladas onde necessário:

- Tomadas monofásicas, tipo universal, 16 A, 220 Vca, 60 Hz, 2 polos + terra, instaladas a 0,30 m do piso acabado nas galerias elétricas;
- Conjunto de tomadas montado em caixa de material plástico resistente, composto por uma tomada monofásica, tipo universal, 16 A, 220 Vca, 60 Hz, 2 polos + terra, e uma tomada trifásica, 30 A, 380 Vca, 60 Hz, 3 polos + terra, instalado a 0,90 m do piso das unidades geradoras;

- Conjunto de tomadas em caixa de alumínio com tampa mola, composto por uma tomada monofásica, tipo universal, 16 A, 220 Vca, 60Hz, 2 polos + terra, e uma tomada trifásica, 30 A, 380 Vca, 60 Hz, 3 polos + terra, instalado a 0,90 m do piso acabado em áreas externas;
- Tomadas trifásicas, 60 A, 380 Vca, 60 Hz, 3 polos + terra, instaladas a 0,90 m do piso das unidades geradoras, área de montagem, pátio da subestação e na tomada d'água.

As tomadas para uso externo serão apropriadas para tal, com blindagem em caixa de alumínio fundido com tampa mola e vedação.

Aquelas destinadas a áreas internas serão instaladas em caixas de ligação aparentes em alumínio, instaladas diretamente em parede.

12.15.13. Sistema de Vias Para Cabos e Condutores

12.15.13.1. Sistema de Vias Para Cabos

O projeto do sistema de vias de cabos será executado numa fase inicial do projeto da obra, permitindo, assim, que sejam tomadas as devidas providências, como a inclusão no projeto civil de blackouts, canaletas, eletrodutos embutidos, perfilados embutidos, etc.

Os cabos serão instalados em leitos metálicos, em canaletas, em eletrodutos, em bancos de dutos ou em galerias.

Os leitos para cabos ou bandejas serão utilizados extensivamente em toda Usina, principalmente na casa de força, fixadas em perfilados embutidos nas paredes, teto e no fundo de canaletas.

Os eletrodutos rígidos serão utilizados, em sua maioria, para instalação dos circuitos de iluminação, telefonia e na derivação a partir dos leitos para os equipamentos de controle, instrumentação e na alimentação de motores. Nos casos em que os equipamentos estiverem sujeitos a vibração serão utilizados eletrodutos flexíveis.

As dimensões das canaletas e galerias serão definidas conforme a necessidade, sendo que as mesmas deverão possuir sistema de drenagem.

Os bancos de dutos deverão ser envelopados em concreto, quando em áreas sujeitas a trânsito de veículos, ou areia, utilizando-se eletrodutos rígidos ou flexíveis, respectivamente, adequadamente espaçados, devendo proporcionar a segregação dos circuitos de diferente natureza, o mesmo ocorrendo com as caixas de passagem.

Na sala de controle poderá ser utilizado piso elevado e, neste caso, as vias de cabos deverão ser constituídas de leitos, eletrocalhas ou eletrodutos aparentes.

O sistema de vias de cabos no pátio da subestação será composto de canaletas e eletrodutos, convenientemente distribuídos em toda a área da subestação.

12.15.13.2. Condutores

No dimensionamento da seção dos cabos para iluminação serão considerados queda de tensão máxima, conforme norma NBR-5410, os critérios de capacidade de condução de corrente, de curto circuito e o de coordenação com a proteção.

Para instalação em eletrodutos, serão utilizados cabos com isolamento de 750 V e para instalação em canaletas e leitos 0,6/1 kV.

A seção mínima dos condutores a ser empregada será de 2,5 mm².

12.15.14. Sistema de Aterramento e de Proteção Contra Descargas Atmosféricas

O sistema será concebido de tal modo que atenda, primordialmente, às seguintes finalidades:

- Estabelecer uma ligação entre a terra e as carcaças de equipamentos, cubículos, estruturas metálicas, etc., visando a proteção de pessoas durante a ocorrência de uma falta de fase para terra;
- Possibilitar uma baixa resistência de aterramento para os sistemas elétricos, contribuindo para um melhor desempenho dos relés de terra;
- Propiciar um controle adequado das tensões de passo e de toque, na subestação, durante os curtos-circuitos fase-terra;
- Oferecer proteção contra as descargas diretas de origem atmosférica, seu escoamento e a equalização de potencial, garantindo a integridade das instalações e equipamentos, bem como a segurança pessoal. O SPDA será projetado conforme norma NBR-5419, na sua última revisão.

A fim de superar as dificuldades causadas pela alta resistividade do terreno e atingir as finalidades do sistema de aterramento, o mesmo deverá contar, basicamente, dos seguintes componentes:

- Malhas de aterramento embutidas e de conexão de estruturas e equipamentos na Casa de Força, na Tomada d' Água e no Vertedouro;
- Malha de aterramento da subestação;
- Malha auxiliar (se necessário);
- Condutores de interligação entre malhas.

Além de suportar as correntes de curto-circuito, os cabos deverão ser robustos o bastante para não sofrerem danos, devido a eventuais ações mecânicas que possam ocorrer durante a construção ou durante a vida útil dos mesmos. Deste modo, os cabos das malhas enterradas ou embutidas terão seção mínima de 95 mm².

Os cabos das derivações para aterramento dos equipamentos e estruturas serão dimensionados também para suportarem a corrente de curto-circuito a que ficarão expostos. A seção mínima recomendável para estes cabos, por razões mecânicas, é 35 mm².

Todas as emendas, junções ou conexões inacessíveis (embutidas no concreto ou enterradas) deverão ser feitas, exclusivamente, por soldas exotérmicas.

As conexões acessíveis serão feitas por meio de conectores aparafusados. No percurso exposto dos cabos de aterramento, os mesmos deverão ser presos firmemente às estruturas e/ou equipamentos, por meio de conectores adicionais e/ou braçadeiras, em quantidades adequadas, de acordo com o comprimento do cabo.

12.15.15. Subestação Elevadora

A subestação de 34,5-138 kV da usina terá configuração de barras simples, conforme mostrado nas **Ilustrações 77 e 78**. Será constituída de dois vãos de transformação, dois vãos de saída em 34,5 kV para as PCHs SU-104 e SU-75, e um vão de saída em 138 kV para a subestação Manobra Sapezal, da Energisa MT.

As tensões de transmissão de 34,5 e 138 kV são utilizadas pela distribuidora na região, assim como os equipamentos de alta tensão da subestação como transformador elevador, disjuntor, seccionadores, transformadores de medição e para-raios.

A alimentação do transformador 01 será realizada por meio de cabos isolados de 6,9 kV, provenientes das unidades geradoras, passando pelo conjunto de cubículos. O transformador 02 será alimentado pelas linhas de transmissão 34,5 kV provenientes das PCHs SU-104 e SU-75.

Os equipamentos de alta tensão serão de classe de isolamento 36 e 145 kV, próprios para instalação ao ar livre, categoria adequada para sistemas de transmissão.

Os disjuntores serão de acionamento tripolar, isolamento interno e câmara de extinção a gás SF6, trifásicos montados sobre estrutura metálica.

Os seccionadores, de isolamento dos disjuntores, serão de abertura central e de montagem horizontal, providos de acionamento tripolar manual. O seccionador para a função By-Pass, será de abertura central e de montagem vertical, provido de acionamentos manual e motorizado. Um dos seccionadores de isolamento do disjuntor deverá ser equipado com lâmina de aterramento.

Os transformadores de corrente e de potencial serão especificados com núcleos de categoria para proteção, dando cobertura à medição. Para as Medições de Faturamento serão instalados transformadores exclusivos.

As distâncias entre equipamentos no pátio e o dimensionamento das vias internas deverão possibilitar o acesso aos equipamentos e o trânsito de pessoas e veículos para montagem, manutenção e ensaios.

Os sistemas de serviços auxiliares da subestação serão dispostos nos quadros de distribuição QDA-SE e QDC-SE, respectivamente para a corrente alternada e contínua, e serão localizados junto à área de montagem da casa de força.

As proteções dos transformadores e das linhas de transmissão serão dispostas nos painéis de controle e proteção PCP-TE1, PCP-TE2, PCP-(SU-104/118), PCP-(SU-75) e PCP-L1, e serão localizados junto às salas de controle da Casa de Força.

Os barramentos e condutores serão dimensionados para operar na potência máxima de transmissão sem atingir o limite térmico, nas condições mais adversas que possam ocorrer, com capacidade para suportar o curto-circuito do Sistema Interligado pelo tempo mais longo de atuação das proteções.

As instalações da subestação, além das obras e estruturas civis, compreenderão estruturas metálicas ou estruturas de concreto pré-formado de suporte dos equipamentos, condutores aéreos do barramento, isoladores de ancoragem, condutores e conectores dos barramentos.

Toda a área da subestação terá instalações de aterramento, iluminação, canaletas e dutos de distribuição de cabos de força e de controle.

A subestação será protegida contra descargas de origem atmosférica e sobretensões por surtos de tensão por um sistema de cabos para-raios e blindagens contra surtos.

As características principais da subestação na fase do projeto básico da usina estão indicadas em seguida.

- Potência nominal do sistema de barras 37,5 MVA
- Configuração de barra Simples
- Tipo de disjuntor Extinção e isolamento a gás SF6
- Quantidade de disjuntor 5
- Quantidade de seccionadores 11
- Transformadores de corrente 15
- Transformadores de potencial indutivo 16

- Para-raios tipo estação15

12.16. Linha de Transmissão

O traçado preliminar da Linha de Transmissão será conforme o mostrado na *Ilustração 79*, onde a inserção da energia gerada no Sistema Elétrico será feita na SE Manobra Sapezal, por meio de uma linha de transmissão em 138 kV, circuito simples, com aproximadamente 63 km de extensão.

Os critérios para a definição dos parâmetros da linha de transmissão na fase do projeto deverão ser os utilizados pela distribuidora local, coincidindo com os usuais das linhas de transmissão da Energisa MT para conexão neste nível de potência de geração. Deverão ser contemplados os requisitos indicados em seguida para condições de tempo bom:

- Sistema de proteção adequado ao fluxo de potência;
- Potência máxima transmitida de 37,5 MVA sob fator de potência 0,90, compatível com a potência aparente da usina;
- Garantia de preservação do limite térmico dos condutores e isoladores, mesmo com temperatura ambiente máxima e velocidade de ar mínima;
- Capacidade de suportar o curto circuito do Sistema Interligado pelo tempo regulado de atuação das proteções.

O resumo dos critérios básicos para o projeto da linha de transmissão são os seguintes:

- Comprimento..... 63 km
- Tensão nominal de isolamento..... 145 kV
- Configuração..... Trifásica circuito simples
- Potência máxima transmitida 37,5 MVA
- Corrente nominal..... 157 A
- Tipo de condutores aéreos 397,5 MCM
- Tipo de cabo guarda A 3/8

13. INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA DE ABASTECIMENTO

Neste capítulo serão apresentados os principais aspectos referentes à infraestrutura e logística de abastecimento para construção do futuro empreendimento.

13.1. Localização e Principais Acessos ao Sítio

O aproveitamento hidrelétrico deverá ser implantado em área do município de Sapezal, localizado no estado de Mato Grosso.

Para acesso ao local previsto para construção da usina, devem ser percorridos, a partir da cidade de Cuiabá, aproximadamente 605 km (acesso ao sítio pela margem esquerda do rio), transitando-se por rodovias federais e estaduais, além de estradas de acesso às fazendas da região, denominadas aqui vicinais.

No Item 2.4 deste relatório apresenta-se a localização da área definida para construção da usina e suas principais rotas de acesso.

13.2. Infraestrutura Disponível

As cidades mais próximas ao sítio previsto para implantação da PCH são:

- Sapezal/MT, localizada a 80 km do sítio (distância aproximada), com aproximadamente 26.688 habitantes (2020; estimativa IBGE);
- Campos de Júlio/MT, localizada a 140 km do sítio (distância aproximada), com aproximadamente 7.070 habitantes (2020; estimativa IBGE);
- Campo Novo do Parecis/MT, localizada a 190 km do sítio (distância aproximada), com aproximadamente 36.143 habitantes (2020; estimativa IBGE);
- Comodoro/MT, localizada a 210 km do sítio (distância aproximada), com aproximadamente 21.008 habitantes (2020; estimativa IBGE);
- Brasnorte/MT, localizada a 300 km do sítio (distância aproximada), com aproximadamente 20.140 habitantes (2020; estimativa IBGE);
- Vilhena/RO, localizada a 330 km do sítio (distância aproximada), com aproximadamente 102.211 habitantes (2020; estimativa IBGE).

Dessa forma, pode-se concluir que essas cidades não estão próximas o suficiente da área da futura obra para lhe oferecer algum tipo de apoio direto.

As obras de infraestrutura têm como objetivo principal dar suporte à construção do aproveitamento de acordo com o cronograma estabelecido em projeto. O local de implantação da usina não possui infraestrutura estabelecida, sendo seu acesso local, como já descrito, previsto por caminhos internos das propriedades rurais da região.

No âmbito da obra deverão ser projetados e construídos os acessos aos locais de implantação das estruturas do empreendimento, levando-se em consideração as frentes de serviço, as dependências administrativas e o canteiro de obras.

Em adição, deverá ser prevista a construção do canteiro de obras, com suas instalações administrativas e industriais, tais como almoxarifado, escritórios e central de concreto.

O fato de não se ter infraestrutura pré-estabelecida próxima ao local da futura obra exigirá a construção de alojamentos para mão de obra e para a equipe técnica especializada (engenheiros, consultores, entre outros).

Especial atenção deverá ser dada ao projeto e à construção do ambulatório do canteiro de obras, pois, em caso de necessidade, as distâncias a serem percorridas serão grandes e o tempo poderá não ser suficiente para o socorro de uma eventual vítima.

13.3. Logística para as Obras

A logística é a área da gestão responsável por prover recursos, equipamentos e informações para a execução de todas as atividades de uma obra. Entre as atividades da logística está o transporte, a movimentação de materiais, o armazenamento, a produção de materiais de construção e gerenciamento de informações.

Em termos quantitativos, uma parte dos materiais de construção e de consumo poderá ser adquirida diretamente nos municípios localizados mais próximos ao local da futura obra.

Cabe aqui ressaltar que o local previsto para implantação da usina fica distante de centros urbanos, não sendo seu acesso muito simples, o que deverá exigir um planejamento mais criterioso para a compra de insumos da obra e manutenção do canteiro/alojamentos.

Os principais materiais a serem transportados para a obra são o cimento, os produtos siderúrgicos, tais como chapas, perfis e barras de aço para construção e os diversos equipamentos eletromecânicos da usina.

As alternativas mais próximas para o fornecimento de cimento ao canteiro de obras são fábricas da indústria VOTORANTIM:

(1) VOTORANTIM

Nobres/MT
Rodovia BR-163/364, Km 480,5;
Pinhal – CEP: 78.460-000
www.votorantimcimentos.com.br
Fone: (65) 3376-4417
Distante aproximadamente 470 km do sítio da usina;
Marca: ITAÚ
Tipos: CP II-Z 32 e CP IV 32RS
Coordenadas Geográficas: 14°38'27,32" (Sul) e 56°16'41,62" (Oeste).

(2) VOTORANTIM

Cuiabá/MT
Rodovia MT-401, Km 14,4 – Zona Rural, Fazenda Bela Vista, Distrito do Aguaçu;
Cuiabá – CEP: 78.018-000
www.votorantimcimentos.com.br
Fone: (65) 3637-6766
Distante aproximadamente 600 km do sítio da usina;
Marca: ITAÚ
Tipos: CP II-Z 32 e CP IV 32RS
Coordenadas Geográficas: 15°20'22,54" (Sul) e 56°08'37,99" (Oeste).

A Figura 13-1 apresenta imagens aéreas das áreas dessas duas fábricas de cimento da empresa Votorantim, obtidas a partir do Google Earth.



Figura 13-1: Fábricas de cimento Votorantim (Nobres e Cuiabá) (Fonte: Google Earth)

Para o suprimento de produtos siderúrgicos, as indústrias mais próximas do local da obra estão a uma distância aproximada de 2.000 km (ARCELORMITTAL Aços Longos – Piracicaba/SP; GERDAU Aços Longos – Divinópolis/MG e SINOBRAS Siderúrgica Norte Brasil S.A. – Marabá/PA).

De forma suplementar, os produtos siderúrgicos poderão ser obtidos a partir dos estados de Minas Gerais, São Paulo e Paraná, indicando, nesses casos, como potencial fornecedor para a obra as indústrias de aços GERDAU, que possui duas lojas no estado do Mato Grosso, uma na cidade de Cuiabá e outra na cidade de Sinop.

O transporte do cimento e dos produtos siderúrgicos deverá ser feito por via rodoviária até o local do aproveitamento, transitando-se por rodovias federais e estaduais pavimentadas e por estradas de acesso às fazendas da região.

Cabe ressaltar que esses acessos internos deverão passar por substanciais reformas, para oferecerem condições adequadas ao tipo do tráfego que será exigido durante a execução da obra.

Os equipamentos eletromecânicos poderão ser adquiridos a partir do parque industrial de São Paulo, Santa Catarina ou Paraná, e serão transportados por via terrestre.

A implantação das obras da PCH, tomando-se por base as informações disponíveis, os dados de projeto, os materiais de construção e os estudos de planejamento desenvolvidos, requer recursos convencionais, tanto dos equipamentos quanto de mão-de-obra para o desenvolvimento dos trabalhos das obras civis, e de fácil mobilização.

Quanto à rocha para produção de agregados de concreto, os ensaios realizados durante a execução das investigações geológico-geotécnicas no sítio do aproveitamento indicaram que o produto das escavações obrigatórias será inadequado para implantação das estruturas. De forma alternativa, deverá ser prevista a utilização de pedreiras comerciais e/ou de jazidas a serem oportunamente mapeadas e exploradas.

A areia natural, necessária para complementar o traço de concreto, poderá ser adquirida direto da cidade de Campo Novo do Parecis. Em caso de insuficiência no fornecimento, as cidades São José do Rio Claro e Brasnorte devem ser consideradas.

Onde possível e a critério do empreiteiro, desde que previamente aprovado pela empresa responsável pelo Projeto Executivo, poderão ser utilizadas peças em concreto pré-moldado.

A energia elétrica utilizada para a construção das obras será obtida por meio de geradores portáteis movidos a óleo diesel e ou por meio de suprimento do sistema elétrico de baixa tensão (13,8 kV) existente na região.

A água necessária para abastecimento dos canteiros será proveniente de poços profundos. Caso sejam necessárias, serão previstas estações de tratamento de água (ETA) compactas para tratamento da água não industrial.

Especial atenção será dada à coleta e ao tratamento das águas servidas, visando impedir a poluição do rio Sauê-Uiná por dejetos industriais ou residenciais.

As estradas de serviço serão encascalhadas e regadas periodicamente, impedindo, deste modo, a formação prejudicial de nuvens de poeira causada pelo tráfego.

Com base no volume de trabalho necessário à implantação das obras e na experiência em obras anteriores, estima-se que o número de trabalhadores envolvidos na construção será da ordem de 250 pessoas no período máximo e 50 pessoas no período mínimo.

13.4. Canteiros e Acampamentos

Em princípio, canteiros de obras e alojamentos para construção de empreendimentos do porte de usinas hidrelétricas deverão ser construídos próximos à área de maior concentração de obras e com topografia a menos acidentada possível.

No caso específico da PCH em estudo, o canteiro de obras deverá ser construído próximo à área definida para implantação do circuito de geração, na margem esquerda do rio.

A **Ilustração 22** apresenta a disposição geral de parte das obras da usina com a localização do canteiro de obras principal e seus alojamentos.

O canteiro será implantado em área do município de Sapezal, na margem esquerda do rio Sauê-Uiná, e será formado pelas seguintes unidades principais, agrupadas em conjuntos separados de edificações. Cumpre aqui informar que a numeração entre parênteses refere-se à identificação da edificação na **Ilustração 22**.

- Escritório de serviços gerais (administração) – edificação em madeira destinada aos serviços de recursos humanos, recrutamento, segurança do trabalho e transporte (12);
- Ambulatório médico – prédio em madeira/alvenaria (13);
- Refeitório central/cozinha industrial – ambos instalados em uma mesma edificação (14);
- Alojamentos/sanitários – blocos de alojamentos construídos em madeira, em formato retangular com sanitários coletivos posicionados entre os blocos de alojamento (16), (17) e (18);
- Lavanderia – área coberta, localizada próximo aos alojamentos, dotada de tanques e, eventualmente, máquinas, para lavagem de roupas de uso pessoal ou de serviço, dos funcionários alojados (19);
- Sistema compacto de filtros para tratamento de água – destinado ao tratamento de água dos canteiros, para utilização humana nos escritórios, alojamentos, sanitários e refeitórios (33);
- Captação e reservatório de água bruta – sistemas dotados de flutuantes, bombas d’água e redes. Destinam-se à captação de água de poços subterrâneos para abastecimento de reservatório elevado, para utilização doméstica e industrial nos serviços de corte, produção e cura do concreto, lavagem de equipamentos, materiais (33);
- Balança rodoviária – balança com guarita de controle, destinada a aferição de pesos dos materiais e insumos a serem utilizados na construção, tais como: cimento, aço, equipamentos etc., locada em área terraplenada com drenagem superficial (09);
- Portaria – guarita localizada próxima aos acessos das áreas de construção, com vigilância para controle de acesso de pessoas e veículos aos canteiros de obra, bem como controle de entrada e saída de materiais (01);
- Oficina mecânica – composta de oficina destinada à manutenção dos equipamentos leves e pesados, funilaria, reparos e pintura, instalações elétricas de equipamentos e fabricação dos embutidos metálicos do concreto de primeiro estágio, e de galpão coberto, construído em estrutura metálica, onde serão instaladas as máquinas e acessórios tais como: furadeira de coluna e radial, tornos mecânicos, plaina, serra hidráulica, prensas, calandra, talhas, máquinas de solda elétrica, máquina de dobrar tubos, e ferramentaria (24);
- Almojarifado/compras – instalado sob a cobertura em estrutura metálica e ou alvenaria/madeira, para abrigar escritórios de compra/romaneio e estocagem de materiais, peças e insumos (26);

- Borracharia/lubrificação/lavador – composta de oficina destinada a reparos, montagem e manutenção de pneus, lubrificação e lavagem dos equipamentos e veículos leves e pesados em serviço no canteiro de obra, e de galpão coberto, construído em estrutura metálica, onde serão instaladas as máquinas e acessórios tais como: máquina de montar pneus, compressores, calibradores e depósito de pneus. A rampa de lubrificação e lavagem não terá cobertura (23) e (30);
- Central de armação – composta de oficina destinada ao corte, dobra, emendas, pré-armação e identificação das barras de aço estruturais que serão incorporadas às estruturas de concreto, e de galpão coberto, construído em estrutura metálica, onde serão instaladas as máquinas e acessórios tais como: baias para estocagem de barras de aço, mesas para corte de barras e máquinas de dobrar, máquina para solda de topo, máquinas de soldas convencionais. Poderá ser provida de guindaste para apoio conjunto à central de carpintaria e ao pátio de pré-moldados (28);
- Central de carpintaria – composta de oficina, destinada à confecção e preparo de formas de madeira/metálica para moldagem das geometrias finais das estruturas de concreto, e de galpão coberto para instalação das máquinas e acessórios tradicionalmente utilizados para os trabalhos de carpintaria, tais como serra de fita/circular, desengrosso, plaina, lixadeiras, furadeiras, tupia, bancada, prancheta, para pré-montagem de formas. Poderá ser provida de guindaste para apoio conjunto à central de armação e ao pátio de pré-moldados (27);
- Escritórios de campo (produção) – edificações em madeira ou containers metálicos, destinadas ao pessoal de gerenciamento das frentes de serviços (12);
- Laboratório de concreto e solos – edificação coberta destinada à realização de ensaios de traços de concreto e solos, equipado com os seguintes equipamentos: betoneira portátil, prensas hidráulicas para rompimento de corpo de prova de concreto e barras de aço, balança para dosagem de agregados graúdos e miúdos, câmara úmida para cura de corpo de prova, baias para estocagem de pequenos volumes de areia, brita e cimento (08);
- Central de concreto – instalações industriais, posicionadas em áreas descobertas, destinada à fabricação de concreto nos traços previamente ensaiados em laboratórios, composta dos seguintes componentes: sala de controle, silos de cimento e aditivos, dosadora de agregados graúdos e miúdos com balança (areia, britas e cimento), misturadores com descargas automáticas para caminhões betoneiras e/ou “dumpcrete” (05);
- Central de ar comprimido – galpão coberto, com piso cimentado, fechada lateralmente com venezianas de madeira, destinado ao abrigo dos compressores de ar comprimido fixos, de grande capacidade, para abastecimento de centrais, oficinas e de frentes de serviços dotadas de equipamentos pneumáticos (24).

De forma complementar, o canteiro de obras ainda contém as seguintes instalações: estacionamento (31), posto de abastecimento (11), tanque de combustíveis (22), banheiros industriais (29), subestação (20), grupos geradores (21), elétrica/bombeamento/embutidos/oficina industrial (25), depósito de resíduos (10), estoque de brita (06), estoque de areia (07), torre de telecomunicações (02), depósito de cimento (03) e (04), estação compacta de tratamento de esgotos (32) e centro de convivência (15).

14. CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO

A PCH SU-93 deverá ser construída em 22 meses, com os seguintes marcos principais:

- Início efetivo das obras abril do Ano 01
- Desvio do rio abril do Ano 02
- Início do enchimento do reservatório dezembro do Ano 02
- Entrada em operação comercial da 1ª unidade janeiro do Ano 02
- Entrada em operação comercial da 2ª unidade fevereiro do Ano 03

A **Ilustração 80** apresenta, de forma sucinta, o cronograma das principais atividades a serem desenvolvidas.

De posse do cronograma físico-financeiro, com os respectivos desembolsos mensais, foram estimados os juros durante a construção (JDC) do aproveitamento, que valeram **9,28%**, inseridos no Orçamento Padrão Eletrobrás – OPE.

As figuras seguintes apresentam os histogramas de consumo de concreto, escavações obrigatórias e de aterro para a execução do empreendimento.

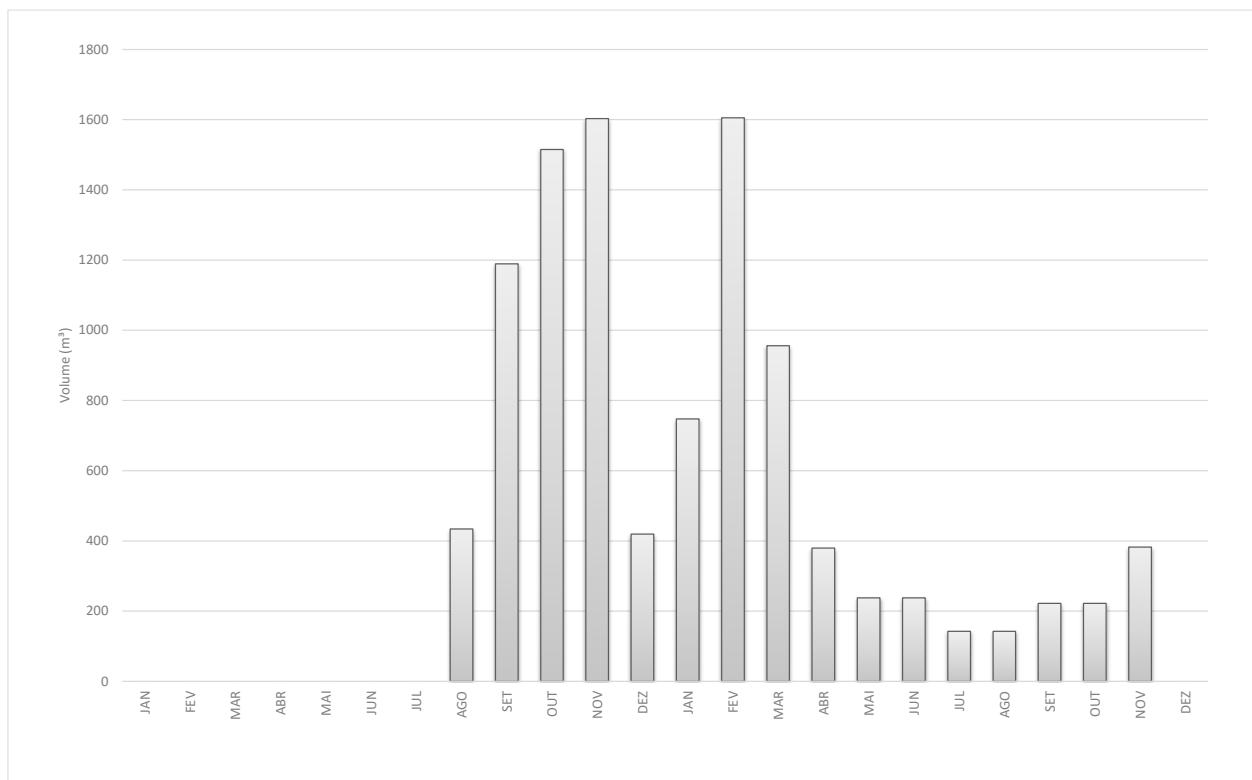


Figura 14-1: Histograma de consumo de concreto estrutural

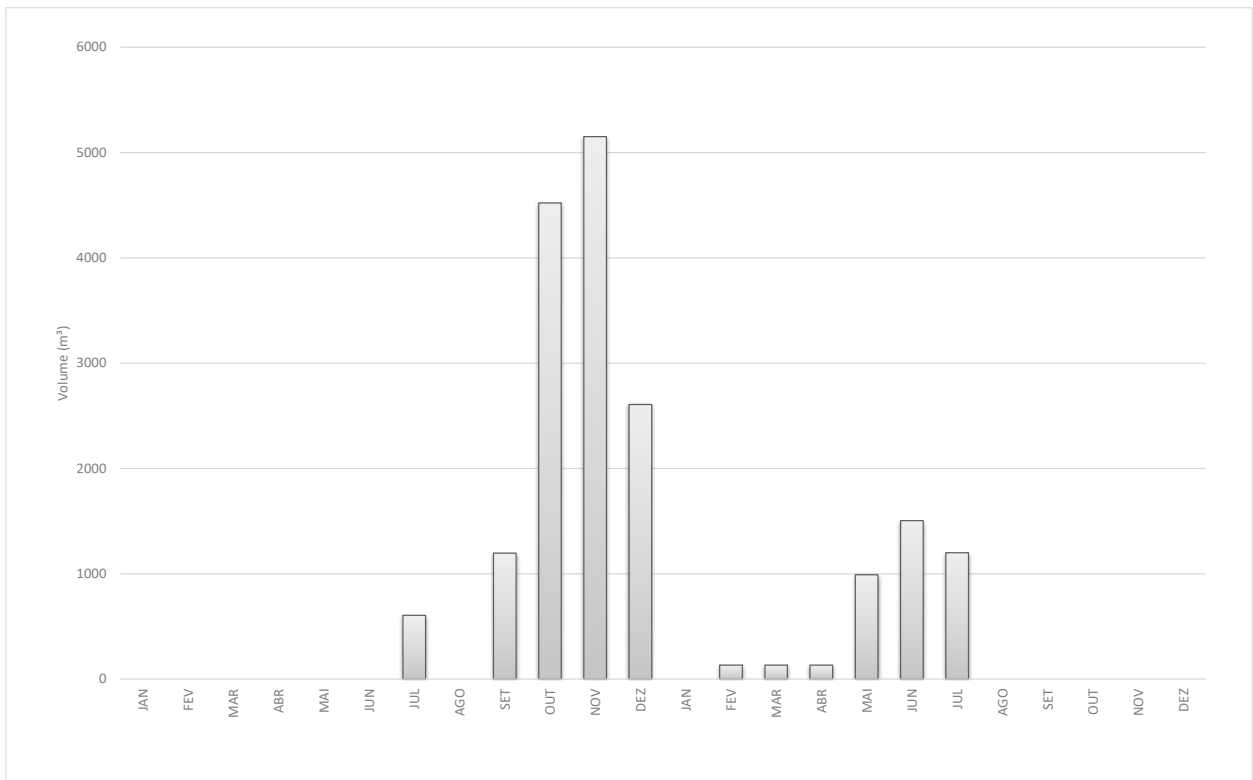


Figura 14-2: Histograma de consumo de concreto massa

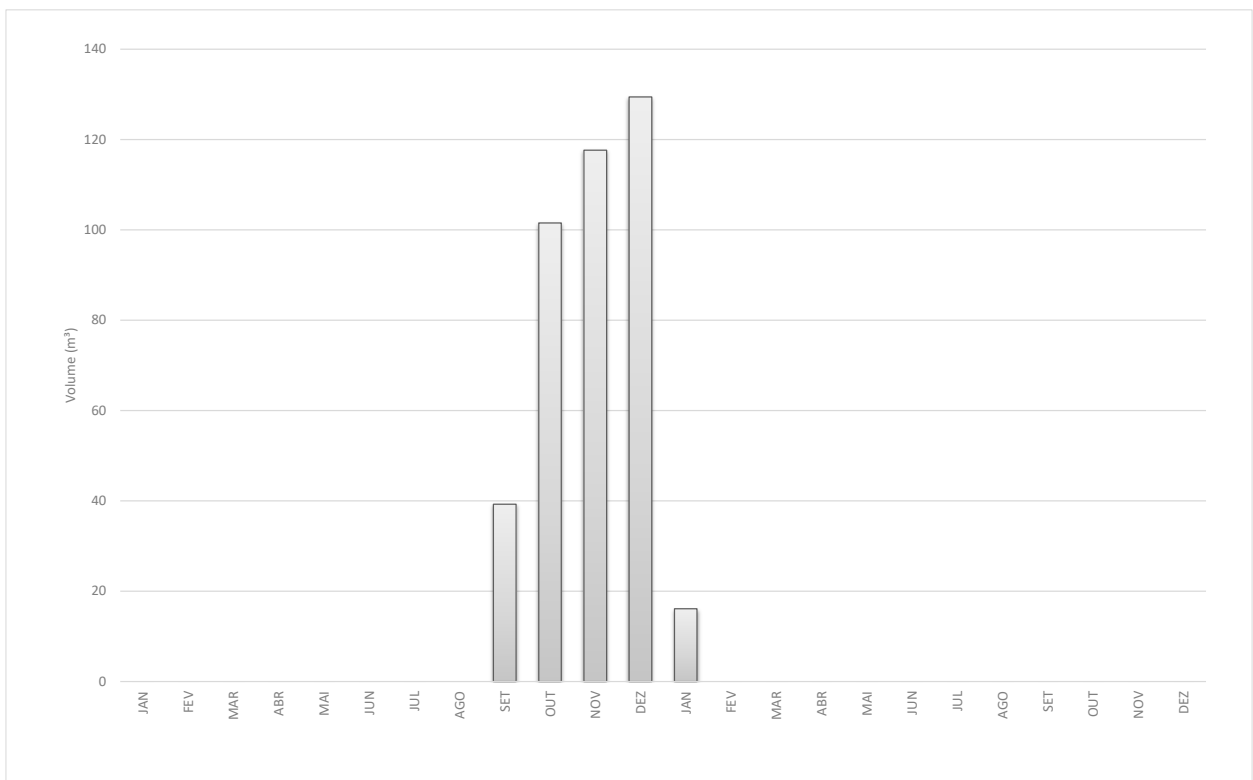


Figura 14-3: Histograma de consumo de concreto projetado

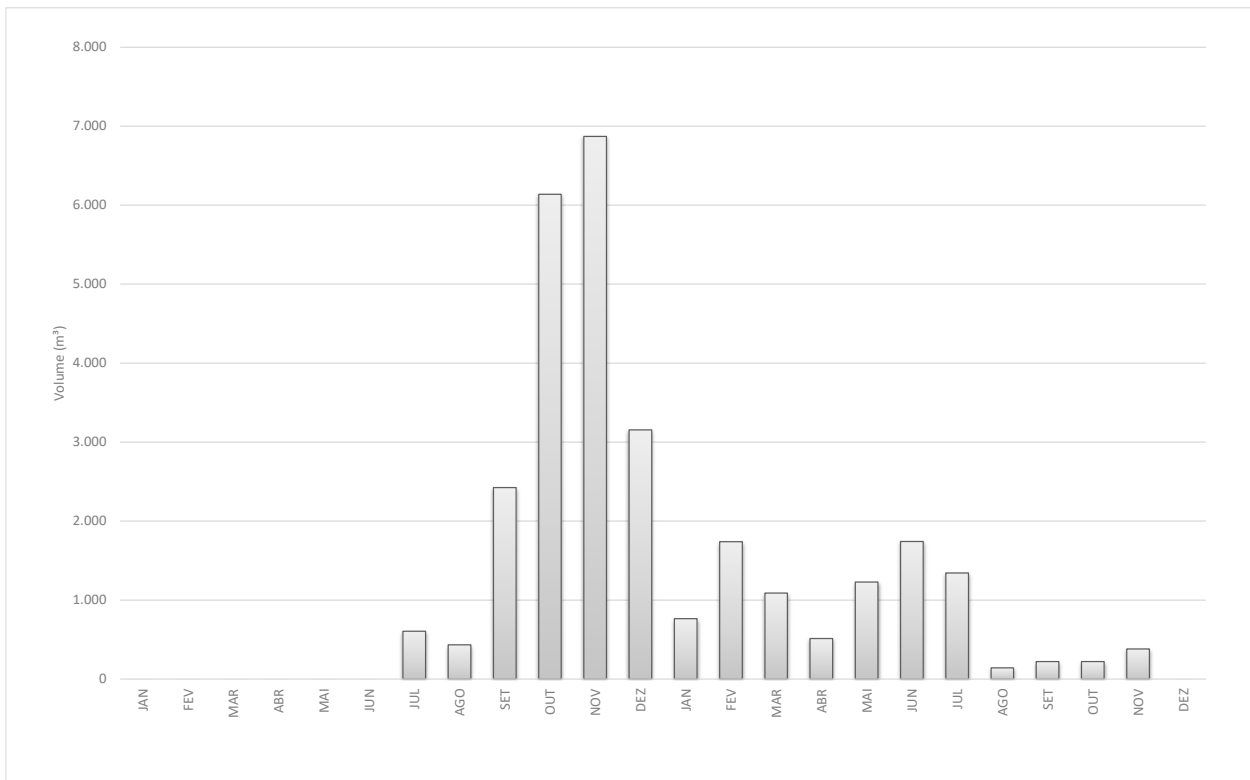


Figura 14-4: Histograma de consumo de concreto (total)

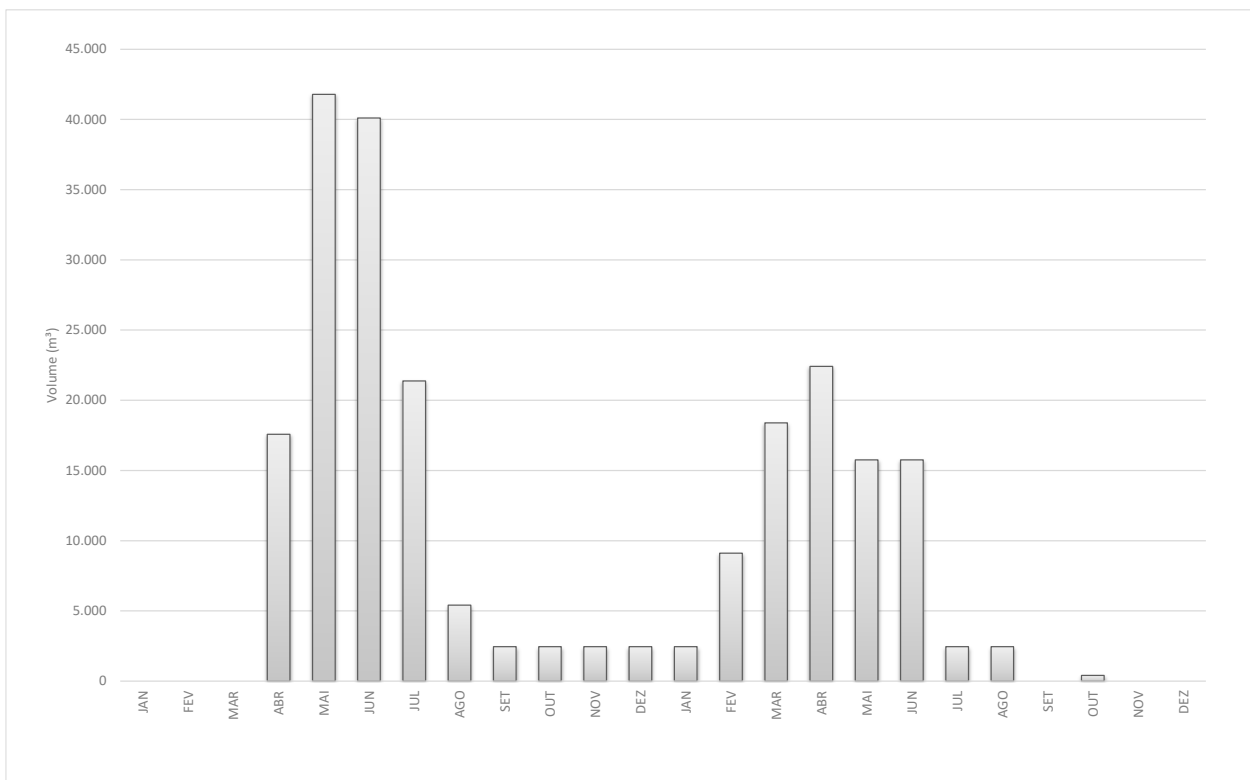


Figura 14-5: Histograma de escavação comum

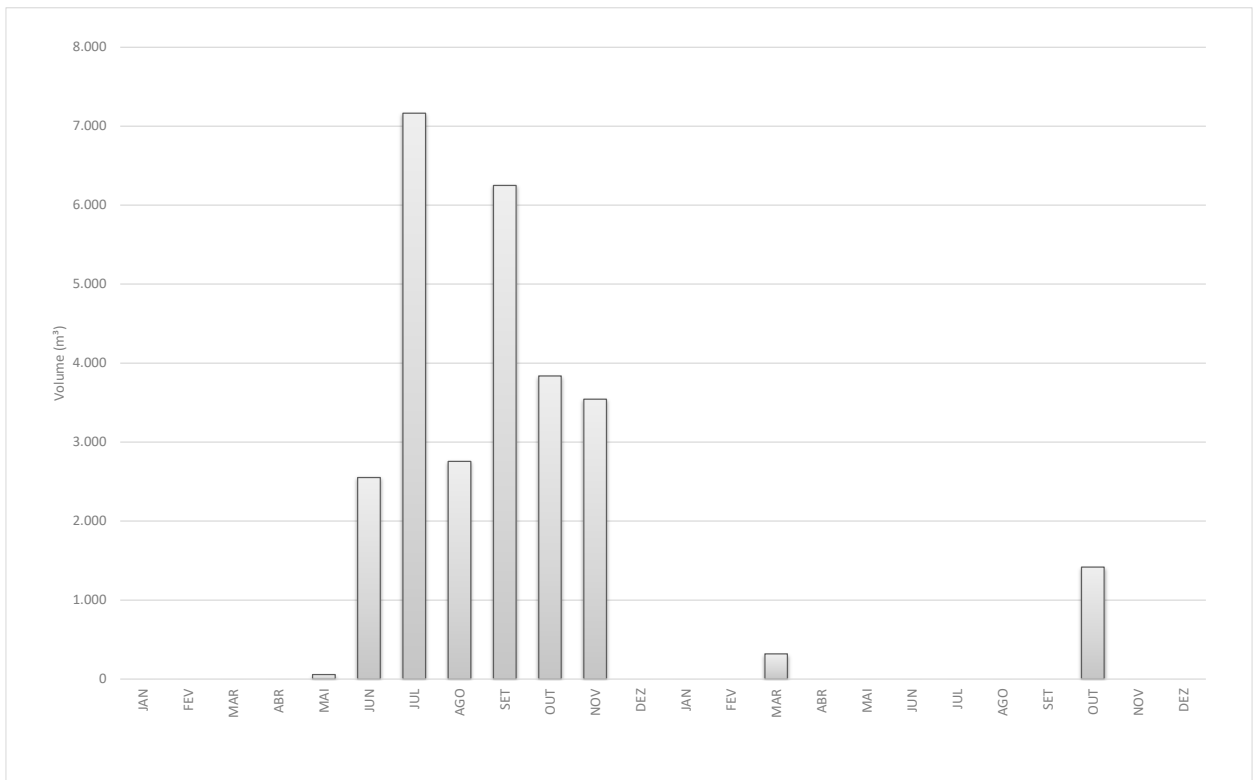


Figura 14-6: Histograma de escavação em rocha a céu aberto

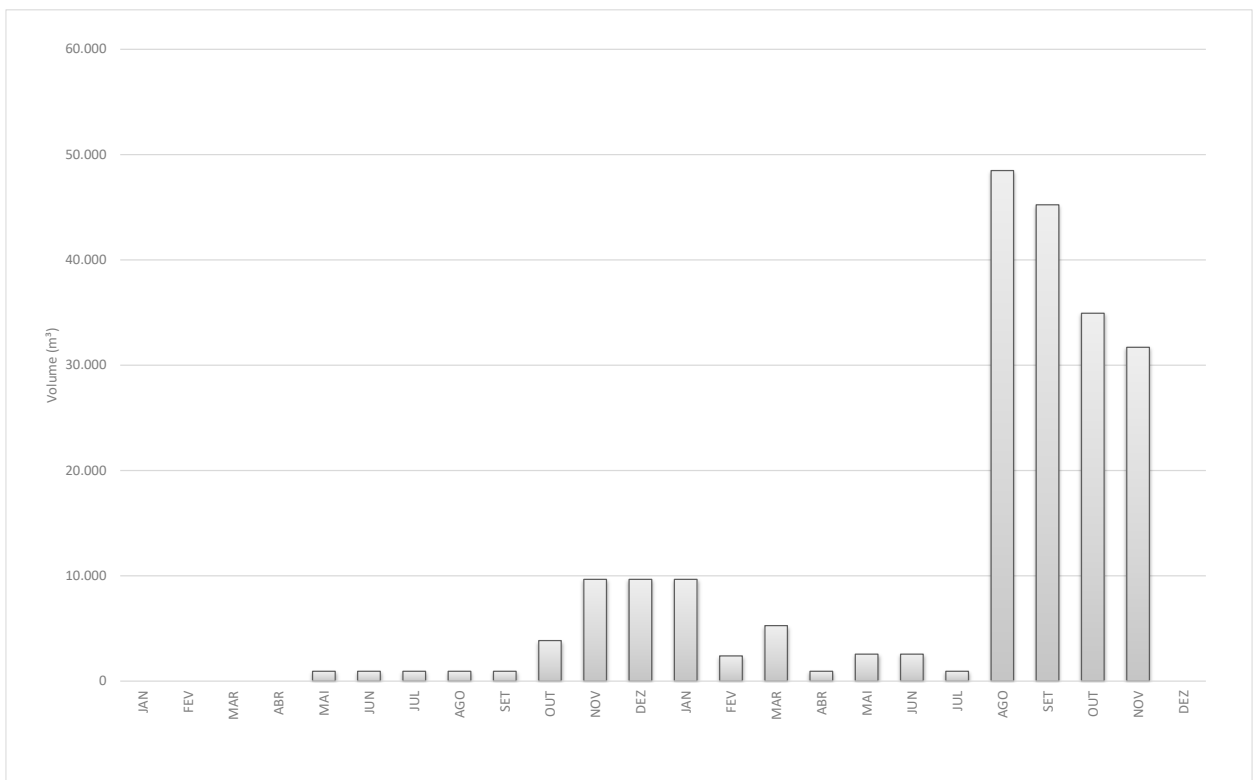


Figura 14-7: Histograma de aterro

15. ORÇAMENTO PADRÃO ELETROBRÁS

O custo de implantação da PCH SU-93 foi determinado com a aplicação de preços unitários de materiais, serviços e equipamentos necessários à implantação do aproveitamento, de acordo com o Plano de Contas dos Orçamentos Padrão ELETROBRÁS.

Os preços unitários de obras civis, custos de equipamentos, custos indiretos e eventuais tiveram seus critérios apresentados no Capítulo 8.

Os Juros Durante a Construção foram estimados a partir do cronograma de desembolsos previstos para a construção do empreendimento, considerando-se o período de 21 meses para o início da geração comercial.

A Tabela 15-1 apresenta o resumo das quantidades de obras civis levantadas para a composição do orçamento final do empreendimento.

Tabela 15-1: Resumo das quantidades (obras civis)

Item	Quantidade	Un.
Concreto estrutural + Concreto massa	29.014	m³
Cimento	8.271	t
Concreto sem cimento (estrutural)	10.435	m ³
Concreto massa	18.175	m ³
Concreto projetado	404	
Armadura	674	t
Escavação	252.805	
Comum	225.230	m ³
Em rocha a céu aberto	27.575	m ³
Aterro	212.505	m³

Para a implantação do aproveitamento será necessário um volume de concreto total da ordem de 29.000 m³, com uma relação de aproximadamente 3.200 m³/MW instalado, considerada elevada para o porte do empreendimento.

No entanto, destaca-se que o volume de concreto convencional, com custo mais elevado, será de aproximadamente 10.000 m³ (35% do volume total), concentrados nas obras do circuito de adução. O volume de concreto massa, da ordem de 18.000 m³ estará concentrado na barragem de concreto, vertedouro e muros de ligação.

Os volumes de escavação em solo se mostraram elevados, mais representativos na barragem (40% do volume total) e no canal de adução (20% do volume total).

Já os volumes de escavação em rocha foram de pequena monta, uma vez que as cotas das fundações se mostraram muito profundas.

Por fim, o volume de aterros também foi elevado, proporcional ao tamanho da barragem.

A Tabela 15-2 apresenta o resumo do OPE gerado para a PCH SU-93, contendo os custos de todas as contas envolvidas, formando o custo direto, os custos indiretos, os juros durante a construção e o custo total da obra.

Consideraram-se também os custos das obras da subestação e linha de transmissão.

Tabela 15-2: OPE – Resumo das Contas

Conta	Valor (R\$×10³)	Valor (US\$×10³)	% do Custo Direto	% do Custo Total
.10	7.824,48	1.504,71	9,55%	7,22%
.11	8.231,92	1.583,06	10,05%	7,60%
.12	45.188,68	8.690,13	55,15%	41,70%
.13	13.057,35	2.511,03	15,94%	12,05%
.14	4.286,77	824,38	5,23%	3,96%
.15	3.349,34	644,10	4,09%	3,09%
.16				
Custo Direto	81.938,54	15.757,41	100,00%	75,62%
Custos Indiretos	10.094,81	1.941,31	12,32%	9,32%
Custo Total sem Juros (Usina)	92.033,35	17.698,72		84,94%
Subestação + Conexão	7.119,40	1.369,12		6,57%
Custo Total sem Juros (sem SE e LT)	99.152,75	19.067,84		91,51%
JDC	9.203,81	1.769,96		8,49%
Custo Total da Usina	108.356,56	20.837,80		

Os custos também podem ser divididos da seguinte forma:

Obras Civas:	47.063,73	43,43%
Equipamentos Eletromecânicos:	27.050,33	24,96%
Meio Ambiente:	7.824,48	7,22%
Outros Custos:		
Custo Direto Total:	81.938,54	75,62%
Custos Indiretos:	10.094,81	9,32%
Custo Total sem JDC (Usina):	92.033,35	84,94%
Sistema de Transmissão Associado:	7.119,40	6,57%
Custo Total sem JDC (Usina + SE + Conexão):	99.152,75	91,51%
Juros Durante a Construção – JDC:	9.203,81	8,49%
Custo Total com JDC e Sistema de Transmissão:	108.356,56	

O Orçamento Padrão ELETROBRÁS (OPE) da PCH SU-93 é apresentado no Capítulo 20 deste relatório.

16. AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA DO EMPREENDIMENTO

A inclusão na matriz energética nacional da PCH SU-93, como fonte de geração de energia limpa, vem ao encontro das demandas por energia, atendendo, por consequência, aos requisitos básicos para a sustentação dos processos de crescimento e modernização da produção na região.

O arranjo geral do aproveitamento e as estruturas que o compõem correspondem a soluções convencionais de engenharia civil, empregadas em obras desta natureza no Brasil. Da mesma forma, os equipamentos eletromecânicos projetados possuem características amplamente dominadas na fabricação, transporte, operação e manutenção em nosso território.

O custo estimado para a implantação do aproveitamento, incluindo os juros durante a construção, foi de R\$ 108.356.560,00 (cento e oito milhões, trezentos e cinquenta e seis mil, quinhentos e sessenta reais), referenciados a junho de 2021. Esses custos incluem as obras da Usina, Subestação e Linha de Transmissão.

A avaliação econômica do empreendimento pode ser resumida da seguinte forma:

- Custo total da Usina, sem juros durante a construçãoR\$ 92.033.350,00
- Custo do Sistema de Transmissão (SE + LT)R\$ 7.119.400,00
- Custo total da Usina + SE + LT, sem juros durante a construçãoR\$ 99.152.750,00
- Custo total com JDC.....R\$ 108.356.560,00
- Garantia Física Estimada 7,59 MW médios
- Custo de Operação e Manutenção (O&M) R\$ 1.282.460,00/ano
- Custo Total (com O&M)R\$ 120.446.240,00
- Taxa de Juros 10% ao ano
- Período da exploração comercial (contratos)..... 30 anos
- Custo Total Anual.....R\$ 12.776.850,00
- Índice Custo/Benefício (ICB) R\$ 192,17/MWh
- Custo Índice (potência instalada)..... R\$ 11.843/kW instalado
- Custo Índice (energia produzida).....R\$ 14.276/kW médio

O custo para implantação do empreendimento, que tem uma expectativa de Garantia Física estimada em 7,59 MW médios (7,01 MW médios na casa de força principal e 0,58 MW médios na casa de força complementar), proporcionada pelos 9,10 MW instalados (8,50 MW na casa de força principal e 0,65 MW na casa de força complementar), resultou num índice de mérito de 192 R\$/MWh e custo de instalação de 11.850 R\$/kW.

Tendo como cenário atual tarifas no ACR para empreendimentos hidrelétricos de pequeno porte, verifica-se que a PCH SU-93 se mostrou competitiva.

Dentre as ações a serem tomadas para a viabilização do projeto, recomenda-se que sejam iniciadas as tratativas com fornecedores de equipamentos, objetivando a customização das soluções, considerando a construção do complexo com 4 usinas de mesmo porte: SU-118 (8,50 MW), SU-104 (6,70 MW), SU-93 (9,15 MW) e SU-75 (8,10 MW), totalizando 32,45 MW, com similaridade em alguns equipamentos.

Recomenda-se também o aprofundamento das campanhas de investigações geológico-geotécnicas, para subsidiar os estudos de otimização do arranjo, em conjunto com empreiteira civil, visando à simplificação da logística para as obras e dos custos unitários dos insumos.

Por fim, recomenda-se a realização de estudos junto à concessionária de energia, visando à definição e, se possível, simplificação do sistema de conexão para o complexo.

17. FICHA TÉCNICA PADRÃO ANEEL

Em anexo apresenta-se a ficha resumo da PCH, no padrão ANEEL.

18. PARTICIPANTES DOS ESTUDOS

PROJETO DE ENGENHARIA	
Engº Rodrigo Gomes Otsuki	Coordenação, Responsável Técnico Geral, Estudos Hidrometeorológicos, Estudos Hidráulicos, Arranjos, Planejamento, Custos e Orçamentos
Engº Danilo Jorge Santos	Responsável Técnico Geral, Gerente de Contrato, Estudos Energéticos, Dimensionamentos Eletromecânicos e Orçamentos
Engº Edson Benjamim Barbosa Filho	Responsável Técnico Geral, Estudos Geotécnicos, Dimensionamentos, Arranjos, Custos e Orçamentos
Engº Luciano Jorge Santos	Responsável Técnico Geral, Estudos Hidráulicos, Dimensionamentos e Arranjos
Engº Celso Rubens Vareta	Estudos Hidráulicos, Geotécnicos, Planejamento, Arranjos e Custos
Engº Joaquim Roriz da Silva	Estudos Hidrometeorológicos
Geól. Paulo Guimarães	Estudos Geológicos
Engª Flávia Naves Lins	Mecânica e Utilidades
Engº Bruno Resende de Araújo	Estudos Elétricos e de Interligação
Engº Shinichi Ono	Estudos Geotécnicos
Engº Felipe Marçal Barbosa de Melo Gois	Estudos Geológicos e Geotécnicos
Engº Victor Ulysses Sousa Oliveira	Planejamento, Arranjos e Orçamentos
Engº Fernando Marçal Vieira Filho	Coordenação, Dimensionamentos, Arranjos, Custos e Orçamentos
Marina Crema	Coordenação técnica, Orçamentos, Qualidade
Proj. Eduardo Henrique Araújo Cavalcante	Arranjos
Proj. Rodrigo César de Oliveira Santos	Desenhos de Estruturas
Proj. Nayguel Andrys	Desenhos
Proj. Iata Anderson Paes de Almeida	Desenhos
Proj. Gevanildo Peixoto	Desenhos

Proj. Marcos Sirley Cardoso	Desenhos
Proj. Rudson Santos	Desenhos
LEVANTAMENTOS DE CAMPO	
SAI – Serviço Aéreos Industriais	Levantamentos cartográficos (perfilamento laser)
TOPOGEO Topografia e Geomática Ltda.	Levantamentos topográficos
NACON Sondagens	Investigações Geológico-Geotécnicas
HYDROCONSULT Hidrometria Comércio e Serviços Ltda.	Levantamentos Hidrométricos

19. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Os seguintes desenhos complementam este memorial descritivo:

Ilustração e Descrição	Número
1. Mapa de Localização e Acessos	PR266/20-DE-40021
2. Rio Sauê-Uiná – Divisão de Queda	PR266/20-DE-40022
3. Rio Sauê-Uiná – Perfil de Linha d'Água	PR266/20-DE-40023
4. Bacia Hidrográfica do Rio Sauê-Uiná	PR266/20-DE-40024
5. Localização dos Postos Fluviométricos	PR266/20-DE-40025
6. Mapa de Isoietas	PR266/20-DE-40026
7. Características Climatológicas	PR266/20-DE-40027
8. Características do Escoamento Fluvial	PR266/20-DE-40028
9. Mapa Geológico Regional	PR266/20-DE-40029
10. Mapa Geomorfológico Regional	PR266/20-DE-40030
11. Levantamento Planialtimétrico – Fl. 1/2	PR266/20-DE-40031
12. Levantamento Planialtimétrico – Fl. 2/2	PR266/20-DE-40032
13. Localização das Seções Topobatimétricas	PR266/20-DE-40036
14. Seção Topobatimétrica STB-05	PR266/20-DE-40037
15. Seção Topobatimétrica STB-20	PR266/20-DE-40038
16. Seção Topobatimétrica STB-21	PR266/20-DE-40039
17. Seção Topobatimétrica STB-22	PR266/20-DE-40040
18. Arranjo Geral – Planta	PR266/20-DE-40045
19. Arranjo Geral – Barramento – Detalhes – Fl. 1/2	PR266/20-DE-40046
20. Arranjo Geral – Circuito de Geração – Detalhes – Fl. 2/2	PR266/20-DE-40047
21. Elementos Geométricos para Locação das Estruturas – Planta	PR266/20-DE-40048
22. Obras de Infraestrutura – Planta	PR266/20-DE-40050
23. Reservatório – Planta e Curvas Características	PR266/20-DE-40051
24. Localização das Investigações Geológico-Geotécnicas	PR266/20-DE-40052
25. Sondagens – Mini-Logs – Fl. 1/2	PR266/20-DE-40053
26. Sondagens – Mini-Logs – Fl. 2/2	PR266/20-DE-40054
27. Seção Geológico-Geotécnica – Eixo do Barramento	PR266/20-DE-40055
28. Seção Geológico-Geotécnica – Canal de Adução	PR266/20-DE-40056
29. Seção Geológico-Geotécnica – Circuito de Geração	PR266/20-DE-40058
30. Áreas de Bota-Fora – Planta	PR266/20-DE-40059
31. Seção Longitudinal pelo Eixo do Barramento	PR266/20-DE-40060
32. Escavação das Estruturas – Barramento – Planta – Fl. 1/2	PR266/20-DE-40061
33. Escavação das Estruturas – Circuito de Geração – Planta – Fl. 2/2	PR266/20-DE-40062
34. Escavação das Estruturas – Seções – Fl. 1/2	PR266/20-DE-40063

Ilustração e Descrição	Número
35. Escavação das Estruturas – Seções – Fl. 2/2	PR266/20-DE-40064
36. Barragem de Terra – Seção Típica	PR266/20-DE-40065
37. Canal de Adução – Seções Típicas	PR266/20-DE-40066
38. Sequência Construtiva das Obras Civas – Planta	PR266/20-DE-40067
39. Desvio do Rio – 2ª Fase – Planta e Seção Típica da Ensecadeira	PR266/20-DE-40068
40. Estruturas do Barramento – Planta e Cortes	PR266/20-DE-40069
41. Desvio do Rio e Casa de Força Complementar – Plantas e Cortes	PR266/20-DE-40070
42. Desvio do Rio – Modelo Tridimensional	PR266/20-DE-40071
43. Estrutura de Controle – Plantas e Cortes	PR266/20-DE-40072
44. Estrutura de Controle – Modelo Tridimensional	PR266/20-DE-40073
45. Câmara de Carga – Planta e Cortes	PR266/20-DE-40074
46. Câmara de Carga – Modelo Tridimensional	PR266/20-DE-40075
47. Tomada d'Água – Plantas e Cortes	PR266/20-DE-40076
48. Tomada d'Água – Modelo Tridimensional	PR266/20-DE-40077
49. Circuito de Geração – Planta	PR266/20-DE-40078
50. Circuito de Geração – Corte	PR266/20-DE-40079
51. Circuito de Geração – Modelo Tridimensional	PR266/20-DE-40080
52. Circuito de Geração – Casa de Força – Cobertura	PR266/20-DE-40081
53. Circuito de Geração – Casa de Força – Planta El. 282,30 m	PR266/20-DE-40082
54. Circuito de Geração – Casa de Força – Planta El. 286,00 m	PR266/20-DE-40083
55. Circuito de Geração – Casa de Força – Planta El. 289,30 m	PR266/20-DE-40084
56. Circuito de Geração – Casa de Força – Corte A	PR266/20-DE-40085
57. Circuito de Geração – Casa de Força – Corte B	PR266/20-DE-40086
58. Circuito de Geração – Casa de Força – Corte C	PR266/20-DE-40087
59. Circuito de Geração – Casa de Força – Corte D	PR266/20-DE-40088
60. Circuito de Geração – Casa de Força – Corte E	PR266/20-DE-40089
61. Circuito de Geração – Casa de Força – Modelo Tridimensional	PR266/20-DE-40090
62. Casa de Força – Arranjo Eletromecânico – Planta El. 286,00 m	PR266/20-DE-40091
63. Casa de Força – Arranjo Eletromecânico – Planta El. 289,30 m	PR266/20-DE-40092
64. Casa de Força – Arranjo Eletromecânico – Seção Longitudinal	PR266/20-DE-40093
65. Sistema de Drenagem – Fluxograma	PR266/20-DE-40094
66. Sistema de Água de Resfriamento e de Serviço – Fluxograma	PR266/20-DE-40095
67. Sistema de Esvaziamento e Enchimento – Fluxograma	PR266/20-DE-40096
68. Sistema de Ar Comprimido de Serviço – Fluxograma	PR266/20-DE-40097
69. Sistema de Medições Hidráulicas – Fluxograma	PR266/20-DE-40098
70. Sistema Elétrico – Sistema de Proteção e Medição – Diagrama Unifilar – Casa de Força	PR266/20-DE-40099
71. Sistema Elétrico – Sistema de Proteção e Medição – Diagrama Unifilar – Subestação Setor 138 kV	PR266/20-DE-40100

Ilustração e Descrição	Número
72. Sistema Elétrico – Sistema de Proteção e Medição – Diagrama Unifilar – Subestação Setor 34,5 kV	PR266/20-DE-40101
73. Sistema Elétrico – Serviços Auxiliares de CA – Diagrama Unifilar Simplificado	PR266/20-DE-40102
74. Sistema Elétrico – Serviços Auxiliares de CC – Diagrama Unifilar Simplificado	PR266/20-DE-40103
75. Sistema Elétrico – Sistema Digital de Supervisão e Controle – Arquitetura Geral Simplificada	PR266/20-DE-40104
76. Sistema Elétrico – Sistema de Telecomunicações – Diagrama de Blocos	PR266/20-DE-40105
77. Sistema Elétrico – Subestação Elevadora 34,5 kV – 138 kV – Arranjo Geral – Planta	PR266/20-DE-40106
78. Sistema Elétrico – Subestação Elevadora 34,5 kV – 138 kV – Arranjo Geral – Corte	PR266/20-DE-40107
79. Sistema Elétrico – Mapa Eletrogeográfico e Diagrama Unifilar Simplificado	PR266/20-DE-40108
80. Cronograma Físico Financeiro	PR266/20-DE-40109

20. ANEXOS

Em anexo encontram-se os seguintes documentos:

- Orçamento Padrão Eletrobrás – OPE;
- Orçamento dos sistemas elétricos;
- Planilhas de perdas de cargas no circuito de adução.

SAPEZAL ENERGIA LTDA.

PCH SU-104
RIO SAUÊ-UINÁ – MATO GROSSO
PCH.PH.MT.046748-0.01

PROJETO BÁSICO
VOLUME 1 – MEMORIAL DESCRITIVO

ELABORADO POR:

P R I M E
p r o j e t o s

PRIME PROJETOS E CONSULTORIA LTDA.

RESPONSÁVEL TÉCNICO: Rodrigo Gomes Otsuki	CREA 18.858/D	UF DF
GERENTE DE CONTRATO: Danilo Jorge Santos	CREA 10.195/D	UF DF

Nº	REVISÃO	DATA

NÚMERO DO DOCUMENTO: PR267/20-RT-40001	DATA: 20/jul/2021
---	----------------------

ÍNDICE

1. APRESENTAÇÃO.....	10
2. INTRODUÇÃO.....	11
2.1. Objetivo	11
2.2. Histórico dos Estudos.....	11
2.3. Estudos Anteriores	12
2.4. Localização e Acessos	13
2.5. Organização do Relatório.....	17
3. SUMÁRIO DAS PRINCIPAIS CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	19
4. EIH E PB: CARACTERÍSTICAS E JUSTIFICATIVAS PARA ALTERAÇÕES DE PROJETO.....	21
5. LEVANTAMENTOS CARTOGRÁFICOS E TOPOGRÁFICOS.....	25
5.1. Cartografia e Topografia – Estudos de Inventário.....	25
5.2. Cartografia e Topografia – Projeto Básico	26
5.2.1. Perfilamento a Laser	26
5.2.2. Levantamentos Topográficos Complementares	31
6. ESTUDOS HIDROMETEOROLÓGICOS	40
6.1. Caracterização Fisiográfica da Bacia	40
6.1.1. Localização e Hidrografia.....	40
6.1.2. Área de Drenagem e Perímetro	41
6.1.3. Índice de Compacidade	42
6.1.4. Fator de Forma.....	42
6.1.5. Declividade Média.....	43
6.1.6. Densidade de Drenagem	43
6.1.7. Tempo de Concentração	43
6.1.8. Geologia.....	44
6.1.9. Interpretação do Escoamento Fluvial	45
6.2. Caracterização Climatológica	45
6.2.1. Aspectos Gerais da Climatologia	46
6.2.2. Características Climatológicas Locais.....	50
6.3. Dados Básicos	51
6.3.1. Dados Pluviométricos	51
6.3.2. Dados Fluviométricos.....	58
6.4. Cálculo das Vazões Médias Mensais na Usina.....	73
6.4.1. Metodologia de Geração da Série de Vazões.....	74
6.4.2. Série de Vazões Médias Mensais na PCH SU-104	76
6.5. Permanências das Vazões Médias Mensais.....	77
6.6. Validação da Série de Vazões da Usina	78
6.7. Vazões Extremas	79
6.7.1. Dados Básicos.....	79
6.8. Estudo de Vazões Mínimas	83

6.9.	Curva-chave no Canal de Fuga	84
6.9.1.	Fundamentação Teórica	84
6.9.2.	Resultados Obtidos	84
6.10.	Curvas Cota x Área x Volume	86
6.11.	Enchimento do Reservatório	88
6.12.	Tempo de Residência	89
6.13.	Evaporação Líquida no Reservatório.....	90
6.13.1.	Metodologia de Cálculo	90
6.13.2.	Critérios de Cálculo	91
6.13.3.	Resultados	91
6.14.	Assoreamento e Vida Útil do Reservatório.....	91
6.14.1.	Produção de Sedimentos na Região Estudada	92
6.14.2.	Estimativa da Vida Útil do Reservatório.....	93
7.	ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS.....	95
7.1.	Introdução	95
7.2.	Geologia regional	96
7.3.	Arcabouço Geotectônico do Noroeste do Mato Grosso.....	99
7.4.	Geomorfologia Regional	99
7.5.	Recursos minerais	100
7.6.	Sismicidade natural e induzida	102
7.7.	Estanqueidade do reservatório	103
7.8.	Estabilidade das encostas	103
7.9.	Geologia local	104
7.9.1.	Investigações geológico-geotécnicas.....	105
7.10.	Disponibilidade dos materiais naturais de construção	105
7.11.	Balanco de materiais simplificado	106
7.12.	Área de bota-fora	107
7.13.	Condições geológico-geotécnicas das fundações	108
7.13.1.	Barragem de terra margem direita e leito do rio	108
7.13.2.	Barragem de terra margem esquerda	108
7.13.3.	Barragem de concreto	108
7.13.4.	Vertedouro	108
7.13.5.	Tomada d'água e estrutura de desvio	109
8.	ESTUDOS DE CUSTOS.....	110
8.1.	Obras Civis	110
8.2.	Equipamentos Eletromecânicos.....	120
8.3.	Custos Indiretos e Juros Durante a Construção	120
9.	DIMENSIONAMENTOS HIDRÁULICOS.....	121
9.1.	Estruturas de Desvio	121
9.1.1.	Desvio de Primeira Fase.....	121
9.1.2.	Desvio de Segunda Fase	125
9.2.	Vertedouro	127

9.3.	Circuitos de Adução	132
9.3.1.	Dimensionamento da tomada d'água	132
9.3.2.	Dimensionamento do Conduto Forçado	133
9.3.3.	Cálculo das perdas de carga no circuito de adução	133
9.3.4.	Perdas de carga localizadas	135
10.	ESTUDOS DE ALTERNATIVAS	139
11.	ESTUDOS ENERGÉTICOS	142
11.1.	Critérios para a Determinação da Energia Média Gerada	142
11.2.	Valoração dos Benefícios Energéticos	145
11.3.	Estudos de Motorização	150
11.4.	Determinação do Número de Unidades Geradoras	162
11.5.	Estudos de Otimização do Circuito de Adução	162
11.6.	Determinação da Energia Média da PCH	162
11.7.	Determinação das Quedas de Projeto e de Referência	164
11.8.	Garantia Física da PCH	166
11.9.	Determinação das Características Finais do Empreendimento	172
12.	DETALHAMENTO DO PROJETO	173
12.1.	Arranjo Geral da Usina	173
12.2.	Reservatório	175
12.3.	Fases do Desvio e Sequência Construtiva	175
12.4.	Desvio do Rio	176
12.4.1.	Enscadeiras	176
12.4.2.	Fechamento do Desvio e Enchimento do Reservatório	177
12.4.3.	Equipamentos Eletromecânicos	177
12.5.	Barragem	178
12.6.	Vertedouro	179
12.7.	Tomada d'Água	179
12.7.1.	Obras Civas	179
12.7.2.	Equipamentos Eletromecânicos	180
12.8.	Conduto Forçado	183
12.9.	Casa de Força, Área de Montagem e Canal de Fuga	184
12.9.1.	Obras Civas	184
12.9.2.	Equipamentos Eletromecânicos	184
12.10.	Sistemas de Utilidades	188
12.10.1.	Sistema de Esvaziamento e Enchimento	188
12.10.2.	Sistema de Água de Resfriamento e de Serviço	189
12.10.3.	Sistema de Drenagem	189
12.10.4.	Sistema de Ar Comprimido de Serviço	190
12.10.5.	Sistema de Ventilação	190
12.10.6.	Sistemas de Água Potável e Esgoto Sanitário	190
12.10.7.	Sistema de Proteção Contra Incêndios	191
12.10.8.	Sistema de Medições Hidráulicas	191

12.11. Equipamentos e Sistemas Elétricos Principais.....	192
12.11.1. Geradores	193
12.11.2. Cubículos de Média Tensão.....	194
12.11.3. Transformador Elevador	195
12.11.4. Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC)	196
12.11.5. Sistema de Proteção	197
12.11.6. Subsistema de Medição e Supervisão.....	198
12.11.7. Sistema de Segurança Eletrônica	198
12.11.8. Sistema de Telecomunicações	199
12.11.9. Serviços Auxiliares em Corrente Alternada	199
12.11.10. Gerador Diesel de Emergência	200
12.11.11. Serviços Auxiliares em Corrente Contínua	201
12.11.12. Sistema de Iluminação e Tomadas.....	202
12.11.13. Sistema de Vias Para Cabos e Condutores	203
12.11.14. Sistema de Aterramento e de Proteção Contra Descargas Atmosféricas.....	204
12.11.15. Subestação Elevadora	205
12.11.16. Linha de Transmissão.....	206
13. INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA DE ABASTECIMENTO	207
13.1. Localização e Principais Acessos ao Sítio	207
13.2. Infraestrutura Disponível	207
13.3. Logística para as Obras	208
13.4. Canteiros e Acampamentos.....	210
14. CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO	213
15. ORÇAMENTO PADRÃO ELETROBRÁS.....	217
16. AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA DO EMPREENDIMENTO	219
17. FICHA TÉCNICA PADRÃO ANEEL.....	221
18. PARTICIPANTES DOS ESTUDOS	222
19. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	224
20. ANEXOS.....	226

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2-1: Partição de queda aprovada para o rio Sauê-Uiná (Despacho ANEEL nº 408/2020).....	12
Tabela 2-2: Detalhamento da rota de acesso ao sítio pela margem esquerda do rio (Fonte: Google Earth)	16
Tabela 4-1: Quadro comparativo entre Inventário e Projeto Básico	21
Tabela 5-1: Tempo mínimo de rastreio	32
Tabela 5-2: Amarração planialtimétrica dos furos de sondagens.....	39
Tabela 6-1: Cartas utilizadas nos levantamentos de áreas de drenagem de locais na bacia	41
Tabela 6-2: Características climatológicas – Estação Diamantino	50
Tabela 6-3: Postos pluviométricos de interesse do rio Sauê-Uiná	51
Tabela 6-4: Posto pluviométrico Brasnorte (01257000) – Totais pluviométricos (mm)	51
Tabela 6-5: Posto pluviométrico Fazenda Floresta (01258001) – Totais pluviométricos (mm).....	52
Tabela 6-6: Posto pluviométrico Bacaval (01358001) – Totais pluviométricos (mm)	53
Tabela 6-7: Posto pluviométrico Fazenda Tucunaré (01358002) – Totais pluviométricos (mm)	54
Tabela 6-8: Posto pluviométrico Speráfico (01358005) – Totais pluviométricos (mm)	55
Tabela 6-9: Postos pluviométricos – Precipitações médias mensais	56
Tabela 6-10: Chuva média na bacia do Rio Sauê-Uiná – Totais pluviométricos (mm)	57
Tabela 6-11: Postos pluviométricos – Rio Sauê-Uiná	58
Tabela 6-12: Série de vazões observadas – Fazenda Tucunaré (17091000).....	61
Tabela 6-13: Série de vazões observadas – Aldeia Sacre II (17092800)	62
Tabela 6-14: Série de vazões observadas – Fontanilhas (17093000)	63
Tabela 6-15: Série de vazões observadas – Porto dos Gaúchos (17120000).....	64
Tabela 6-16: Local das medições realizadas – Posto Sauê-Uiná	65
Tabela 6-17: Medições de vazões realizadas – Estação Sauê-Uiná	66
Tabela 6-18: Vazões médias mensais na Estação Sauê-Uiná	68
Tabela 6-19: Postos pluviométricos de interesse ao estudo de inventário do rio Sauê-Uiná.....	69
Tabela 6-20: Postos pluviométricos – Vazões médias mensais	69
Tabela 6-21: Série de Vazões Preenchida – Posto Fazenda Tucunaré (17091000) – m ³ /s	72
Tabela 6-22: Vazões médias mensais na estação hidrométrica Sauê-Uiná e no posto base Fazenda Tucunaré.....	74
Tabela 6-23: Série de vazões médias mensais – PCH SU-104 – A.D. = 1.480 km ²	76
Tabela 6-24: Permanência de vazões médias mensais – PCH SU-104 (m ³ /s)	77
Tabela 6-25: Vazões máximas observadas anuais – Ano hidrológico (m ³ /s).....	79
Tabela 6-26: Vazões máximas diárias anuais – Postos pluviométricos (m ³ /s)	81
Tabela 6-27: Vazões máximas diárias e instantâneas anuais – PCH SU-104	83
Tabela 6-28: Vazões mínimas para jusante (m ³ /s), segundo critério definido pela SEMA/MT (10% da Q _{mt} mensal).....	83
Tabela 6-29: Resultados – Saídas HEC-RAS	85
Tabela 6-30: Pontos da curva cota x área e curva cota x volume	86
Tabela 6-31: Tempos de enchimento dos reservatórios – PCH SU-104	89
Tabela 6-32: Tempo de residência – PCH SU-104	90
Tabela 6-33: Dados de entrada do SISEVAPO	91
Tabela 6-34: Evaporação líquida (mm) – SU km-104	91
Tabela 6-35: Descarga sólida em suspensão e total pelo Método Simplificado de Colby, (1957).....	92
Tabela 6-36: Produção específica de sedimentos – Estação Sauê-Uiná.....	93

Tabela 6-37: Estimativa de vida útil – PCH SU-104 (A.D.= 1.480 km ²)	94
Tabela 7-1: Coluna Estratigráfica Regional (CPRM 2004)	98
Tabela 7-2: Processos minerários em ativos na bacia (Fonte: ANM/SIGMINE)	101
Tabela 7-3: Balanço de materiais com graus de empolamento de solo e compactação de rocha	106
Tabela 8-1: Obras Civis – Preços Unitários (junho/2021)	118
Tabela 11-1: Série de vazões médias mensais naturais no local da PCH SU-104	143
Tabela 11-2: Empreendimentos Hidrelétricos Considerados na Simulação	146
Tabela 11-3: Mapeamento energético preliminar	150
Tabela 11-4: Estudos de motorização – Coeficientes das equações de perda de carga	153
Tabela 11-5: Estudos de Motorização – Simulações energéticas	154
Tabela 11-6: Estudos de Motorização – Parâmetros do circuito de adução alterados com a potência instalada	156
Tabela 11-7: Estudos de Motorização – Estimativa de custos do circuito de geração (R\$ x 10 ³)	158
Tabela 11-8: Estudos de Motorização – Estimativa de custos do circuito de geração	159
Tabela 11-9: Parâmetros do circuito de adução para cada alternativa de potência	160
Tabela 11-10: Estudos de Motorização – Variação Custo/Benefício anual para cada potência instalada	161
Tabela 11-11: Linha de Transmissão – Trechos até a SE Manobra Sapezal	167
Tabela 11-12: Perdas elétricas em cada trecho (distribuição entre as PCHs)	168
Tabela 11-13: Perdas elétricas em cada trecho, em MW médios (valores finais por PCH)	169
Tabela 15-1: Resumo das quantidades (obras civis)	217
Tabela 15-2: OPE – Resumo das Contas	218

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1: Acesso à área da PCH SU-104 (trecho entre Cuiabá e Sapezal) (Fonte: Google Maps).....	15
Figura 2-2: Acesso ao local do empreendimento a partir da cidade de Sapezal (Fonte: Google Earth)	15
Figura 2-3: Parte do acesso ao sítio do aproveitamento pela margem esquerda do rio (Fonte: Google Earth)	16
Figura 2-4: Trecho final do acesso ao sítio do aproveitamento pela margem esquerda do rio (Fonte: Google Earth).....	17
Figura 4-1: EIH e PB – Séries de vazões médias mensais – Curvas de permanência comparativas.....	23
Figura 5-1: Localização da área perfilada	27
Figura 5-2: Área total do perfilamento a laser	28
Figura 5-3: MDT do perfilamento	30
Figura 5-4: MDS do perfilamento	30
Figura 5-5: Ajuste realizado “UM SIGMA”, com 68,7% de confiabilidade.....	33
Figura 5-6: Transporte da base de apoio utilizando as RBMC’s selecionadas	33
Figura 5-7: Esquema empregado na implantação dos marcos das seções topobatimétricas	34
Figura 5-8: Esquema empregado na amarração planialtimétrica dos furos de sondagens	35
Figura 5-9: Tela MAPGEO2015 para determinação da ondulação geoidal método direto	36
Figura 5-10: Seção topobatimétrica complementar SBT-6 (Estudos de Inventário; 2019).....	38
Figura 6-1: Rio Sauê-Uiná – Localização	40
Figura 6-2: Geologia na bacia do rio Sauê-Uiná.....	45
Figura 6-3: Sistema de circulação atmosférica na região Centro-Oeste	47
Figura 6-4: Precipitações médias mensais observadas nas estações pluviométricas selecionadas	56
Figura 6-5: Curva-chave – Fazenda Tucunaré (17091000).....	59
Figura 6-6: Curva-chave - Aldeia Sacre II (17092800).....	60
Figura 6-7: Curva-chave - Fontanilhas (17093000).....	60
Figura 6-8: Curva-chave - Porto dos Gaúchos (17120000)	61
Figura 6-9: Curva-chave – Estação Sauê-Uiná.....	67
Figura 6-10: Hidrograma das vazões diárias na Estação Sauê-Uiná	68
Figura 6-11: Hidrogramas médias mensais adimensionais	70
Figura 6-12: Curva de regionalização (Médias de Longo Termo)	70
Figura 6-13: Correlação – Fontanilhas x Fazenda Tucunaré	71
Figura 6-14: Correlação – Porto dos Gaúchos x Fazenda Tucunaré	72
Figura 6-15: Comparação dos valores da série de vazões médias mensais com as medições mensais realizadas – PCH SU-104 (m ³ /s).....	75
Figura 6-16: Curva de permanência – Vazões médias mensais – PCH SU-104 (m ³ /s).....	78
Figura 6-17: Envoltória da série de vazões médias mensais com as medições mensais realizadas – PCH SU-104 (m ³ /s)	78
Figura 6-18: Regionalização de vazões máximas diárias – Ano hidrológico normal	82
Figura 6-19: Curva-chave no canal de fuga do PCH SU-104.....	85
Figura 6-20: Seção topobatimétrica próxima ao canal de fuga da PCH SU-104	86
Figura 6-21: Curva cota x área do reservatório da PCH SU-104	87
Figura 6-22: Curva cota x volume do reservatório da PCH SU-104	88
Figura 7-1: Geologia na Bacia do Rio Sauê-Uiná	97
Figura 7-2: Títulos minerários na bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná	101
Figura 7-3: Mapa de localização de sismos em território brasileiro	103

Figura 7-4: Visão geral do sítio SU-104.....	104
Figura 7-5: Localização, área e volume da área de bota-fora da PCH SU-104	107
Figura 9-1: Planta e seção transversal típica de canal de desvio	122
Figura 9-2: Coeficiente de descarga para vertedouro com ogiva de paramento vertical	128
Figura 9-3: Correção do coeficiente de descarga para vertedouro com ogiva de paramento inclinado	129
Figura 9-4: Correção do coeficiente de descarga para vertedouro submetido a cargas diferentes da carga de projeto	129
Figura 9-5: Correção do coeficiente de descarga para vertedouro sob a influência do nível d'água de jusante	130
Figura 9-6: Gabarito hidráulico para vertedouro de soleira livre – definição do perfil Creager	131
Figura 9-7: Vertedouro de soleira livre com paramento de jusante em escada – definição das dimensões dos degraus	132
Figura 10-1: Arranjos comparativos (Estudos de Inventário e Projeto Básico).....	140
Figura 11-1: Curva de energia média produzida (preliminar)	152
Figura 11-2: Estudos de Motorização – Energia média e Fator de Capacidade.....	155
Figura 11-3: Estudos de Motorização – Variação custo/benefício	161
Figura 11-4: Curva de perdas de carga no circuito de adução.....	163
Figura 11-5: Curva de energia produzida pelo aproveitamento (série de vazões turbináveis)	164
Figura 11-6: Curva de permanência de quedas brutas	165
Figura 11-7: Curva de permanência de quedas líquidas	165
Figura 11-8: Croqui esquemático do sistema de conexão para as PCHs SU-118, SU-104, SU-93 e SU-75.....	168
Figura 11-9: Séries históricas de vazões vertidas e turbináveis (1974 a 2020).....	170
Figura 11-10: Série histórica de potências médias mensais (1974 a 2020)	171
Figura 13-1: Fábricas de cimento Votorantim (Nobres e Cuiabá) (Fonte: Google Earth)	209
Figura 14-1: Histograma de consumo de concreto estrutural	213
Figura 14-2: Histograma de consumo de concreto massa	214
Figura 14-3: Histograma de consumo de concreto projetado	214
Figura 14-4: Histograma de consumo de concreto (total)	215
Figura 14-5: Histograma de escavação comum	215
Figura 14-6: Histograma de escavação em rocha a céu aberto	216
Figura 14-7: Histograma de aterro	216

1. APRESENTAÇÃO

O rio Sauê-Uiná e seu afluente, rio do Calor, integrantes da sub-bacia nº. 17, localizada na bacia hidrográfica do rio Amazonas, estado de Mato Grosso, foram objetos de Estudos de Inventário Hidrelétrico (EIH), aprovados por meio do Despacho ANEEL nº 408, de 12 de fevereiro de 2020.

Dentre os aproveitamentos constantes da partição de queda aprovada, a **Pequena Central Hidrelétrica (PCH) SU-104**, distante aproximadamente 104 km de sua foz, no rio Papagaio, com potência instalada de referência de 6,95 MW, foi prevista para ser implantada no município de Sapezal.

Durante as fases de elaboração e aprovação do EIH a empresa **Sapezal Energia Ltda.** também deu início às atividades com vistas à elaboração do projeto básico para o empreendimento.

Após a concessão do registro de intenção à outorga de autorização (DRI-PCH), por meio do Despacho nº 1.432, publicado em 25 de maio de 2020, o Projeto Básico foi desenvolvido, contemplando o detalhamento dos estudos de engenharia para a concepção da PCH.

Ante ao exposto, por meio deste e demais documentos complementares, a empresa **Sapezal Energia Ltda.**, cumprindo a determinação legal prevista na Resolução Normativa nº 875/2020 submete à Agência Nacional de Energia Elétrica o **Projeto Básico da PCH SU-104**.

Os estudos de engenharia foram elaborados tomando-se como principais referências as seguintes publicações:

- “Diretrizes para Estudos e Projeto Básico de Pequenas Centrais Hidrelétricas”, editadas pela ELETROBRÁS/ANEEL-MME em 1999;
- Resolução ANEEL nº 875/2020 e demais normativas publicadas pela ANEEL;
- Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Sauê-Uiná e de seu afluente, rio do Calor, integrantes da sub-bacia 17, bacia hidrográfica do rio Amazonas, estado de Mato Grosso, aprovados por meio do Despacho ANEEL nº 408, de 12 de fevereiro de 2020.

2. INTRODUÇÃO

Neste documento apresenta-se a síntese dos trabalhos, levantamentos e estudos realizados ao longo de todas as etapas de desenvolvimento dos estudos de projeto básico da PCH SU-104, consolidados em um conjunto de textos, tabelas e ilustrações, organizados conforme consta no item 2.5.

2.1. Objetivo

O objetivo deste estudo foi conceber e detalhar a PCH SU-104, na fase de Projeto Básico, de sorte a permitir, após os trâmites legais junto ao Poder Concedente e aos órgãos ambiental e de recursos hídricos, a promoção dos processos de contratação dos empreiteiros civis e de fornecedores de equipamentos eletromecânicos, o detalhamento do projeto executivo e a implantação do empreendimento.

De maneira específica, a elaboração deste projeto contemplou os seguintes objetivos:

- Obtenção do Despacho de Registro da Adequabilidade do Sumário Executivo (DRS-PCH), a ser emitido pela SCG/ANEEL;
- Servir como elemento técnico de engenharia para o processo de licenciamento ambiental do empreendimento, cujo processo será iniciado após a obtenção do DRS-PCH;
- Servir de fundamentação técnica para obtenção da Outorga de Autorização, a ser emitida pelo Poder Concedente;
- Apresentar os elementos técnicos necessários para a obtenção da Reserva de Disponibilidade Hídrica e posterior Outorga para Uso da Água para fins de Geração de Energia Elétrica do aproveitamento;
- Apresentar a ideia básica para interligação da usina à rede de transmissão elétrica existente;
- Servir como fundamentação técnica para elaboração do Projeto Executivo da futura usina.

2.2. Histórico dos Estudos

A PCH SU-104 foi identificada nos Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Sauê-Uiná e seu afluente rio do Calor, aprovados por meio do Despacho ANEEL nº 408, de 12 de fevereiro de 2020.

O rio Sauê-Uiná é afluente pela margem esquerda do rio Papagaio, localizado na sub-bacia 17, bacia hidrográfica do rio Amazonas, no estado de Mato Grosso.

Os referidos estudos identificaram o aproveitamento com as seguintes características principais:

- Coordenadas do eixo 12°49'36,4" (S) e 58°40'03,0" (O)
- Coordenadas da casa de força 12°49'34,5" (S) e 58°39'58,7" (O)
- Área de drenagem 1.480 km²
- Nível d'água de montante 327,00 m
- Nível d'água de jusante 310,11 m
- Potência instalada de referência 6,95 MW
- Área do reservatório 0,72 km²

Após a elaboração da última versão dos estudos de inventário do rio Sauê-Uiná foram executadas atividades adicionais visando ao desenvolvimento do Projeto Básico em tela, incluindo visitas e observações

de campo, novos levantamentos cartográficos e topográficos, campanha de investigações geológico-geotécnicas, campanhas de medições de vazão e níveis d'água em estação fluviométrica instalada no rio Sauê-Uiná, atualizações hidrológicas e estudos de conexão.

Os levantamentos de campo visando à elaboração do Projeto Básico tiveram início em maio de 2020, com a contratação da empresa SAI – Serviços Aéreos Industriais para obtenção do modelo digital de terreno em toda a região de interesse, a partir de um perfilamento a laser, com geração de fotografias digitais atualizadas (ortofotocartas). Essa metodologia permite a execução de um estudo topográfico de precisão, com geração de curvas de níveis equidistantes de 1,0 m. O voo sobre a área prevista para a implantação da usina, que possibilitou a elaboração do perfilamento a laser, foi executado em maio de 2020 e permitiu a elaboração e entrega do modelo digital de terreno, em atendimento pleno às Diretrizes de Cartografia e Topografia da ANEEL.

Em paralelo, foram conduzidos todos os estudos de engenharia, no tocante ao levantamento de dados secundários e dos estudos hidrológicos, com vistas à obtenção de um modelo para geração da série de vazões médias mensais e de vazões extremas no local previsto para implantação do futuro aproveitamento.

Em adição, foi executada nos meses de fevereiro e março de 2021 campanha de sondagem no eixo previsto para implantação da PCH, com o objetivo de se conhecer de forma mais detalhada suas condições geológico-geotécnicas. Para tanto, foi contratada a empresa NACON Sondagens.

Também foram especificados levantamentos topográficos complementares no sítio da PCH. Foram executadas seções topobatimétricas adicionais às já disponíveis nos estudos de inventário de referência e também a amarração planialtimétrica para obtenção da localização e das “cotas de boca” dos furos de sondagens constantes das investigações geológico-geotécnicas. Os serviços foram desenvolvidos pela empresa TOPOGEO Topografia e Geomática Ltda. em maio de 2021.

As campanhas de hidrometria executadas ao longo do desenvolvimento dos estudos de inventário tiveram continuidade. Para esses levantamentos foi contratada a empresa HYDROCONSULT Hidrometria Comércio e Serviços Ltda., que vem realizando campanhas mensais de medições e acompanhamento horário dos níveis d'água (*data logger*).

De posse de todas essas informações, os estudos técnicos de engenharia foram desenvolvidos, sendo concluídos em julho de 2021.

2.3. Estudos Anteriores

Por meio do Despacho nº 408, de 12/02/2020, a ANEEL aprovou os Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Sauê-Uiná e seu afluente rio do Calor, localizado na sub-bacia 17, bacia hidrográfica do rio Amazonas, no estado de Mato Grosso, apresentados pela empresa Sapezal Energia Ltda.

A partição de queda aprovada nos Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Sauê-Uiná é apresentada na Tabela 2-1.

Tabela 2-1: Partição de queda aprovada para o rio Sauê-Uiná (Despacho ANEEL nº 408/2020)

PCH	CEG	Coordenadas Geográficas		A _{DREN} (km ²)	N _{AMÁX} (m)	N _{AJUS} (m)	P _{INST} (KW)	A _{RES} (km ²)
		Barramento	Casa de Força					
SU-47	PCH.PH.MT.046745-6.01	12°32'14,5''S	12°32'12,5''S	2.680	268,00	253,64	8.800	6,72
		58°31'50,3''W	58°31'49,7''W					
SU-75	PCH.PH.MT.046746-4.01	12°40'46,6''S	12°40'46,4''S	1.735	286,00	268,06	8.650	3,32
		58°36'37,9''W	58°36'34,4''W					

PCH	CEG	Coordenadas Geográficas		ADREN (km ²)	NAMÁX (m)	NAJUS (m)	P _{INST} (KW)	A _{RES} (km ²)
		Barramento	Casa de Força					
SU-93	PCH.PH.MT.046747-2.01	12°47'23,7''S	12°47'25,0''S	1.525	310,00	286,61	9.850	2,28
		58°38'33,7''W	58°38'30,5''W					
SU-104	PCH.PH.MT.046748-0.01	12°49'36,4''S	12°49'34,5''S	1.480	327,00	310,11	6.950	0,72
		58°40'03,0''W	58°39'58,7''W					
SU-118	PCH.PH.MT.046749-9.01	12°53'05,1''S	12°52'10,3''S	1.400	353,00	327,33	8.850	0,29
		58°40'59,9''W	58°40'40,5''W					
SU-127	PCH.PH.MT.046750-2.01	12°55'24,8''S	12°54'57,1''S	1.380	370,00	353,07	5.750	3,28
		58°42'12,6''W	58°41'20,9''W					
SU-146	PCH.PH.MT.046751-0.01	13°01'27,4''S	13°01'01,7''S	1.200	390,00	370,03	5.900	2,56
		58°47'12,5''W	58°46'33,4''W					
SU-160	PCH.PH.MT.046752-9.01	13°06'32,5''S	13°06'30,0''S	1.080	410,00	392,19	5.350	1,78
		58°48'22,0''W	58°48'20,3''W					
SU-173	PCH.PH.MT.046753-7.01	13°10'06,6''S	13°10'08,2''S	950	430,00	410,02	5.300	0,72
		58°48'16,9''W	58°48'14,7''W					

O Despacho ANEEL nº 1.432, publicado em 25 de maio de 2020, conferiu à empresa Sapezal Energia Ltda. o registro de intenção à outorga de autorização (DRI-PCH) referente à PCH SU-104.

2.4. Localização e Acessos

A PCH SU-104 será implantada em área do município de Sapezal, no estado de Mato Grosso. As coordenadas geográficas aproximadas do eixo previsto para seu futuro barramento são:

- Latitude Sul 12°49'35''
- Longitude Oeste 58°40'03''

Para acesso ao local previsto para construção da usina, devem ser percorridos, a partir da cidade de Cuiabá, aproximadamente 595 km (acesso ao sítio pela margem esquerda do rio), transitando-se por rodovias federais e estaduais, além de estradas de acesso às fazendas da região, denominadas aqui vicinais.

Da cidade de Cuiabá, pelas rodovias federais BR-163 e BR-364, pavimentada e em bom estado de conservação, devem ser percorridos aproximadamente 76 km até a cidade de Jangada, no estado de Mato Grosso.

De Jangada, pelas mesmas rodovias do trecho anterior, devem ser percorridos aproximadamente 7 km até o Auto Posto Foz do Iguaçu, localizado na margem direita da rodovia (sentido Barra do Bugres). Logo após esse posto está localizado o trevo das rodovias BR-163 e MT-246 (15°10'32,06'' Sul e 56°31'29,59'' Oeste). Nesse ponto do trajeto, passa-se a trafegar pela rodovia estadual MT-246, à esquerda do trevo em questão.

Do trevo citado, pelas rodovias estaduais MT-246 e MT-343, pavimentadas e com boas condições para tráfego, devem ser percorridos aproximadamente 83 km até a cidade de Barra do Bugres, no estado de Mato Grosso. Esse trecho do percurso, quase que em sua totalidade, é feito pela rodovia MT-246. Próximo à cidade de Barra do Bugres, no cruzamento entre essas rodovias, passa-se a trafegar pela MT-343 (15°06'48,55'' Sul e 56°09'15,94'' Oeste).

Saindo da cidade de Barra do Bugres, ainda pela rodovia estadual MT-343, devem ser percorridos aproximadamente 23 km até a localidade denominada Assari, distrito do município de Barra do Bugres. No perímetro urbano desse distrito está o trevo das rodovias MT-343 e MT-358 (14°52'33,23" Sul e 57°10'29,71" Oeste). A partir desse trevo, o percurso deve seguir pela rodovia MT-358, também pavimentada e em bom estado de conservação, por aproximadamente 18 km até a cidade de Nova Olímpia, no estado de Mato Grosso.

Da cidade de Nova Olímpia, também pela rodovia MT-358, devem ser percorridos aproximadamente 22 km até a localidade denominada Progresso, distrito do município de Tangará da Serra, no estado de Mato Grosso. Passando por esse distrito, depois de serem percorridos aproximadamente 16 km (MT-358), chega-se à cidade de Tangará da Serra.

Partindo-se de Tangará da Serra, pela rodovia MT-358, neste trecho pavimentada e necessitando de algumas melhorias para o tráfego, devem ser percorridos cerca de 70 km até o cruzamento dela com a BR-364 (14°19'34,29" Sul e 57°57'37,28" Oeste).

Depois desse trevo, pela BR-364, pavimentada e necessitando pontualmente de algumas melhorias em sua superfície de rolamento, devem ser percorridos cerca de 80 km até a cidade de Campo Novo do Parecis, no estado de Mato Grosso.

Em Campo Novo do Parecis, deve-se tomar a rodovia MT-235 (13°39'33,66" Sul e 57°53'34,64" Oeste) em direção à cidade de Sapezal, no estado de Mato Grosso. Esse trecho do percurso, de cerca de 110 km, está pavimentado, mas necessitando de melhorias em alguns pontos. Essa rodovia, a partir da ponte sobre o rio Verde, no sentido Sapezal, passa por dentro da Terra Indígena *Paresi*, sendo cobrado pedágio nesse ponto (13°38'32,73" Sul e 58°01'11,00" Oeste).

Sendo assim, são percorridos cerca de 500 km entre as cidades de Cuiabá e Sapezal, essa o mais próximo centro urbano do sítio do futuro aproveitamento.

A Figura 2-1 apresenta o traçado da rota de percurso aqui descrita (*Fonte: Google Maps*).

Da cidade de Sapezal, o acesso ao sítio do empreendimento pode ser feito pela margem esquerda do rio. Para tanto, foi definido um ponto denominado P-01, que corresponde ao cruzamento entre as rodovias MT-235 e BR-364 (13°32'23,32" Sul e 58°47'53,54" Oeste). A partir desse ponto, pela rodovia BR-364, é desenvolvida parte da rota de acesso ao sítio do aproveitamento. A Figura 2-2 apresenta o início dessa rota de percurso.

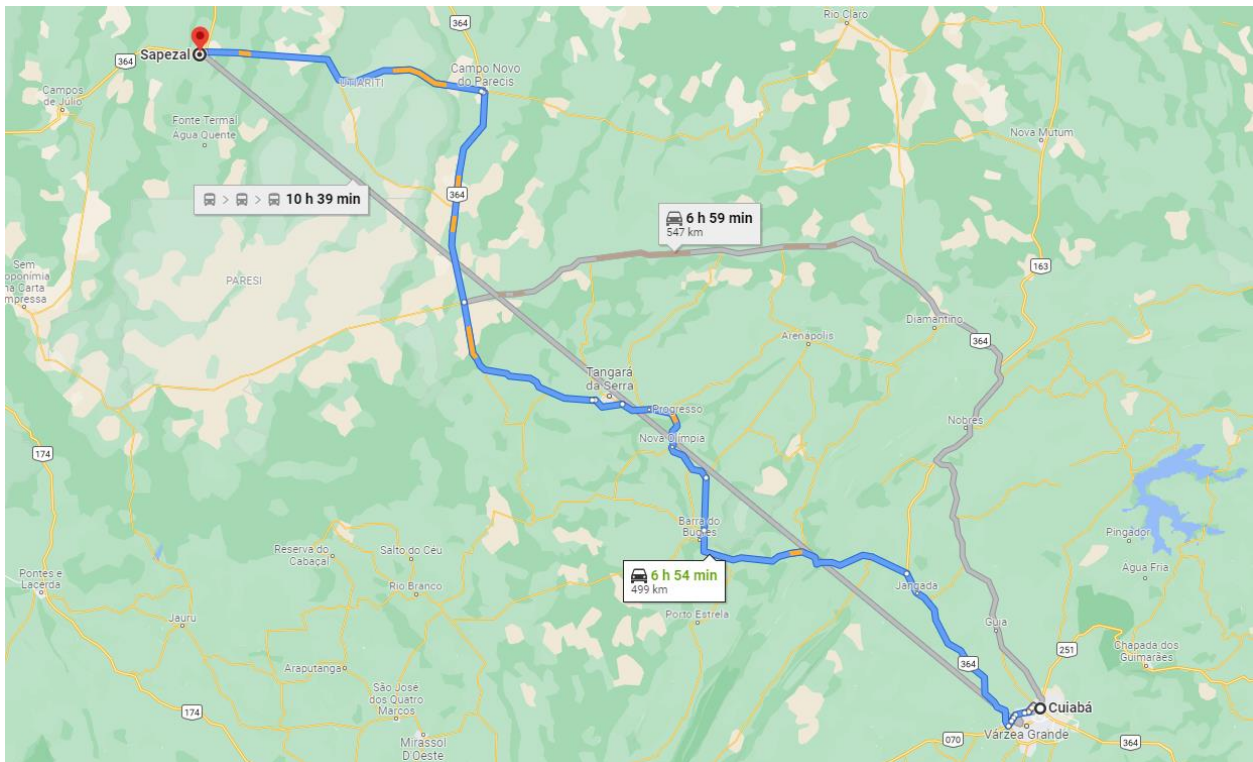


Figura 2-1: Acesso à área da PCH SU-104 (trecho entre Cuiabá e Sapezal) (Fonte: Google Maps)



Figura 2-2: Acesso ao local do empreendimento a partir da cidade de Sapezal (Fonte: Google Earth)

A partir do ponto P-01 devem ser percorridos, pela rodovia BR-364, aproximadamente 51,4 km até o ponto denominado PI (13°05'21,74" Sul e 58°43'12,98" Oeste). Desse ponto, o acesso passa a ser feito por estradas vicinais que dão acesso a algumas fazendas da região. A Figura 2-3 apresenta o detalhe de parte da rota de acesso ao local escolhido para a usina.



Figura 2-3: Parte do acesso ao sítio do aproveitamento pela margem esquerda do rio (Fonte: Google Earth)

A Tabela 2-2 apresenta o detalhamento das rotas dos percursos de acesso ao sítio do aproveitamento, considerando o lado direito do rio. A Figura 2-4 ilustra o traçado resultante da Tabela 2-2.

Tabela 2-2: Detalhamento da rota de acesso ao sítio pela margem esquerda do rio (Fonte: Google Earth)

Partida (Coordenadas)	Chegada (Coordenadas)	Distância (km)	Rodovia/Estrada
P-01 13°32'23,32" (Sul) 58°47'53,54" (Oeste)	PI 13°05'21,74" (Sul) 58°43'12,98" (Oeste)	51,400	Trecho da rodovia BR-364
PI 13°05'21,74" (Sul) 58°43'12,98" (Oeste)	P-09 13°05'11,14" (Sul) 58°43'32,70" (Oeste)	0,673	Trecho de estrada vicinal

Partida (Coordenadas)	Chegada (Coordenadas)	Distância (km)	Rodovia/Estrada
P-09 13°05'11,14" (Sul) 58°43'32,70" (Oeste)	P-10 12°52'43,43" (Sul) 58°46'40,15" (Oeste)	24,900	Trecho de estrada vicinal
P-10 12°52'43,43" (Sul) 58°46'40,15" (Oeste)	P-13 12°50'10,62" (Sul) 58°46'47,56" (Oeste)	4,700	Trecho de estrada vicinal
P-13 12°50'10,62" (Sul) 58°46'47,56" (Oeste)	P-14 12°49'32,92" (Sul) 58°43'14,81" (Oeste)	6,521	Trecho de estrada vicinal
P-14 12°49'32,92" (Sul) 58°43'14,81" (Oeste)	P-15 12°50'10,71" (Sul) 58°43'11,29" (Oeste)	1,178	Trecho de estrada vicinal
P-15 12°50'10,71" (Sul) 58°43'11,29" (Oeste)	PCH SU-104 12°49'36,40" (Sul) 58°40'03,00" (Oeste)	5,736	Trecho de estrada vicinal

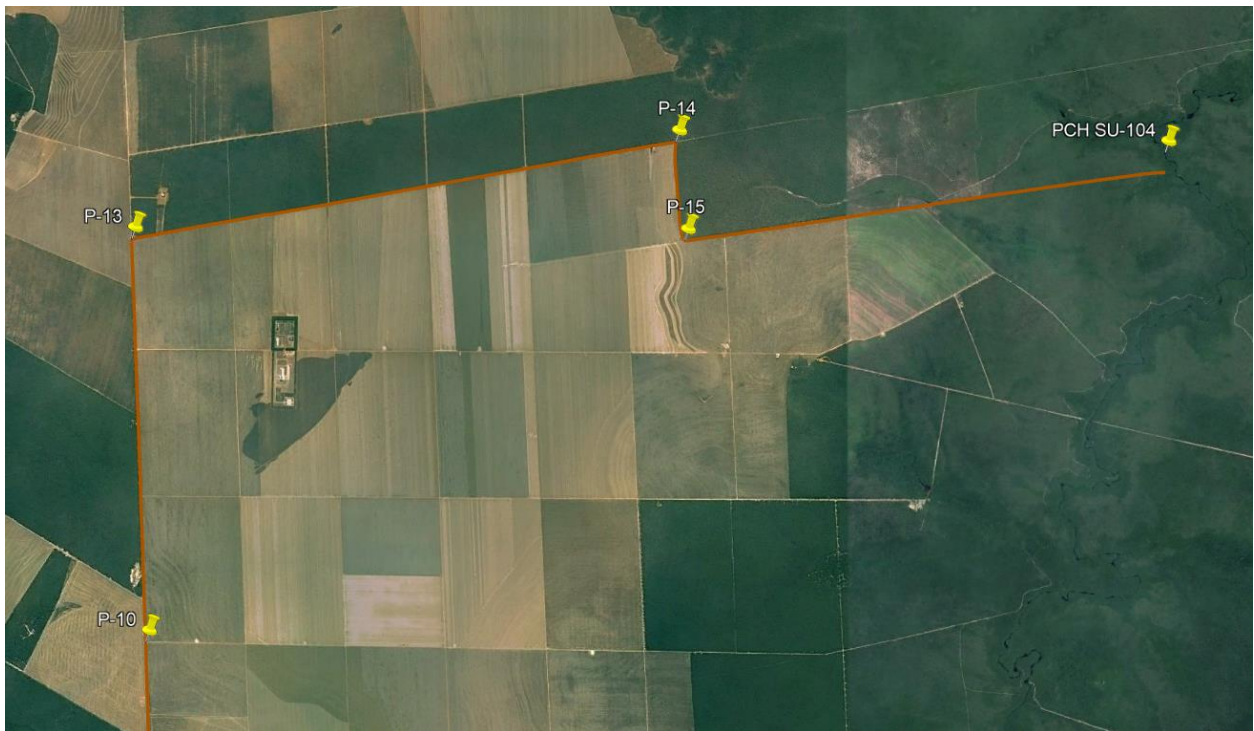


Figura 2-4: Trecho final do acesso ao sítio do aproveitamento pela margem esquerda do rio (Fonte: Google Earth)

2.5. Organização do Relatório

O relatório do Projeto Básico foi dividido em três volumes:

- Volume 1: Memorial Descritivo;
- Volume 2: Desenhos;
- Volume 3: Anexos.

O Volume 1 apresenta os resultados das investigações, ensaios e estudos realizados para a caracterização do empreendimento, e foi estruturado em 0 Capítulos principais, que seguem a sequência e o conteúdo preconizado pelo Setor Elétrico para estudos dessa natureza.

Nos Capítulos 1 e 2 encontram-se a apresentação e os objetivos dos estudos, a descrição da localização e dos acessos ao local do barramento e a organização do relatório.

No Capítulo 3 são apresentadas as principais conclusões acerca do projeto elaborado, bem como as recomendações para as próximas fases.

O Capítulo 4 apresenta um comparativo entre alguns dados técnicos do projeto básico e do inventário de referência, com as justificativas para os itens que sofreram algum tipo de alteração.

No Capítulo 5 estão relacionados as investigações e levantamentos executados que subsidiaram os estudos, compreendendo as áreas de cartografia e topografia.

No Capítulo 6 estão apresentados os estudos hidrometeorológicos e, no Capítulo 7, os estudos geológico-geotécnicos.

O Capítulo 8 apresenta a metodologia adotada para composição dos custos referentes ao orçamento da usina.

Já o Capítulo 9 apresenta as premissas utilizadas para os dimensionamentos hidráulicos, incluindo desvio do rio, vertedouro e perdas de carga no circuito de adução.

No Capítulo 10 são apresentados os estudos de alternativas, que resultaram na seleção do arranjo a ser implantado.

O Capítulo 11 apresenta os estudos energético-econômicos que definiram a potência instalada do aproveitamento, e também o número de unidades geradoras, os parâmetros otimizados do circuito de adução e as quedas líquidas da usina.

No Capítulo 12 encontram-se os estudos finais, onde se apresentam, em detalhes, a descrição e caracterização das obras civis e dos equipamentos previstos no arranjo geral proposto.

No Capítulo 13 foram feitos comentários acerca da infraestrutura e logística de abastecimento, visando à implantação do empreendimento.

No Capítulo 14 encontra-se o detalhamento do Cronograma Físico de Construção, descrevendo as considerações assumidas.

O Capítulo 15 apresenta o orçamento detalhado do empreendimento, no modelo adotado pela Eletrobrás.

Finalmente, no Capítulo 16 encontra-se a análise técnico-econômica do empreendimento, juntamente com os critérios adotados e, no Capítulo 0, a ficha resumo do aproveitamento.

No Volume 2 encontram-se todos os desenhos referentes ao projeto.

Por fim, no Volume 3 são apresentados os anexos de interesse ao projeto, divididos nos seguintes tomos:

- Tomo I: Levantamentos cartográficos e topográficos;
- Tomo II: Levantamentos topográficos;
- Tomo III: Investigações Geológico-Geotécnicas e Levantamentos Hidrométricos;
- Tomo IV: Estudos de motorização;
- Tomo V: Sumário Executivo e Documentos Processuais.

3. SUMÁRIO DAS PRINCIPAIS CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A PCH SU-104 foi identificada nos Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Sauê-Uiná, aprovados por meio do Despacho ANEEL nº 408/2020.

Considerando todos os estudos e levantamentos executados, o Projeto Básico resultou na proposta de implantação de uma Pequena Central Hidrelétrica com potência instalada de 6,7 MW, com queda bruta nominal de 16,8 m e área de reservatório de 82 ha.

Os níveis operacionais da PCH serão os seguintes:

- Montante:
 - Nível d'água máximo normal.....327,00 m
 - Nível d'água mínimo normal327,00 m
 - Nível d'água máximo maximorum.....328,50 m
- Jusante:
 - Nível d'água normal310,16 m
 - Nível d'água mínimo (despacho mínimo de uma unidade geradora).....309,00 m
 - Nível d'água máximo excepcional (cheia de projeto).....311,50 m

A concepção do arranjo final previu o aproveitamento da queda por meio de uma barragem de terra com seção homogênea, com as estruturas de concreto (estrutura de desvio, vertedouro e tomada d'água de controle do canal) incorporadas ao barramento, ocupando o leito do rio e a margem esquerda. A geração será feita por um circuito de alta pressão incorporado ao barramento.

O eixo do barramento terá uma extensão de 380 m, sendo 305 m para as obras de terra e 75 m para as obras de concreto.

O vertedouro será de soleira livre, dimensionado para a vazão com recorrência milenar mas com sobrelevação para a passagem da cheia decamilenar sem riscos de galgamento, atendendo aos requisitos de segurança de barragens.

O desvio do rio será feito por meio de adufas a serem implantadas na margem esquerda, com controle do fechamento por meio de comporta corta-fluxo.

O circuito de adução será composto por uma tomada d'água e conduto forçado até a entrada nas unidades geradoras. A partir da tomada d'água principal cada unidade terá um circuito independente.

Cada conduto forçado terá extensão de aproximadamente 45 m e diâmetro principal de 3,0 m.

A casa de força possuirá dois grupos turbo-geradores de eixo horizontal, com turbinas Kaplan "S", com potência unitária de 3.350 kW (turbina com 3.454 kW e gerador com 3.723 kVA).

A conexão da PCH SU-104 com o sistema elétrico da ENERGISA-MT deverá ser efetuada na Subestação Manobra Sapezal, em conjunto com as PCHs SU-118, SU-93 e SU-75.

A conexão entre a PCH SU-104 e a PCH SU-93 será na tensão 34,5 kV, circuito simples, com aproximadamente 5 km de extensão. Já a conexão principal, entre a PCH SU-93, que concentrará as cargas das quatro usinas, com a SE Manobra Sapezal, será na tensão de 138 kV, circuito simples, com aproximadamente 63 km de extensão.

As **Ilustrações 17 a 51** apresentam o arranjo geral e detalhes das estruturas componentes da PCH SU-104.

A operação da usina será a fio d'água, com produção estimada de 5,37 MW médios (expectativa de Garantia Física), correspondendo a um fator de capacidade médio de 0,80, resultando em aproximadamente 47,0 GWh/ano de energia gerada.

O custo total do empreendimento foi estimado em **R\$ 84.052.190,00 (oitenta e quatro milhões, cinquenta e dois mil, cento e noventa reais)**, incluindo o sistema de transmissão e juros durante a construção, referenciados a junho de 2021.

O custo de implantação será de aproximadamente R\$ 12.550 por kW instalado, incluindo Usina, SE, LT e juros durante a construção, e o Índice Custo-Benefício (ICB) foi estimado em 210 R\$/MWh.

Tendo como cenário atual tarifas no ACR para empreendimentos hidrelétricos de pequeno porte, verificam-se boas possibilidades de viabilização para a PCH SU-104, em função principalmente do seu elevado fator de capacidade.

Para as próximas fases recomendam-se ações específicas visando à otimização do projeto e sua redução de custos. Dentre elas, recomenda-se que sejam iniciadas as tratativas com fornecedores de equipamentos, objetivando a customização das soluções, considerando a construção do complexo com 4 usinas de mesmo porte: SU-118 (8,50 MW), SU-104 (6,70 MW), SU-93 (9,15 MW) e SU-75 (9,10 MW), totalizando aproximadamente 32 MW, com similaridade em alguns grupos geradores e demais equipamentos.

Recomenda-se também o aprofundamento das campanhas de investigações geológico-geotécnicas, para subsidiar os estudos de otimização do arranjo, em conjunto com empreiteira civil, visando à simplificação da logística para as obras e dos custos unitários dos insumos.

Por fim, recomenda-se a realização de estudos junto à concessionária de energia, visando à definição e, se possível, simplificação do sistema de conexão para o complexo.

Por fim, com base no projeto desenvolvido e nas soluções propostas e apresentadas neste Projeto Básico de Engenharia, recomenda-se que sejam iniciadas as tratativas junto à SEMA-MT, com o objetivo de se obter um Termo de Referência para a execução dos estudos ambientais.

4. EIH E PB: CARACTERÍSTICAS E JUSTIFICATIVAS PARA ALTERAÇÕES DE PROJETO

Ao longo do desenvolvimento do Projeto Básico da PCH SU-104, buscou-se a adequação do mesmo com os parâmetros principais, definidores do potencial hidráulico, estabelecidos nos Estudos de Inventário de referência, bem como o conceito do aproveitamento ótimo, em observações e atendimento às normas vigentes.

A Tabela 4-1 apresenta um quadro comparativo de algumas características do aproveitamento contidas tanto nos estudos de inventário (valores de referência) quanto no projeto básico (valores definitivos), o que permite uma análise das principais alterações promovidas com o avanço do projeto.

Tabela 4-1: Quadro comparativo entre Inventário e Projeto Básico

Características	Estudos de Inventário	Projeto Básico
Coordenadas de referência (barramento)	12° 49' 36,4" S	12° 49' 35,24" S
	58° 40' 03,0" W	58° 40' 02,67" W
Coordenadas de referência (casa de força)	12° 49' 34,54" S	12° 49' 33,85" S
	58° 39' 58,71" W	58° 40' 07,17" W
Distância até a foz (km)	103,90	103,86
Área de drenagem (km ²)	1.480	1.480
Potência instalada (MW)	6,95	6,70
Energia média (MW médios)	5,96	5,64
Garantia Física (MW médios)	-	5,37
Número de unidades	2	2
Nível d'água de montante (m)	327,00	327,00
Nível d'água normal de jusante (m)	310,11	310,16
Queda bruta nominal (m)	16,89	16,84
Perda hidráulica nominal (m)	0,51	0,51
Queda líquida nominal (m)	16,38	16,33
Tipo de turbina	Kaplan "S", eixo horizontal	Kaplan "S", eixo horizontal
Rendimento da turbina	93,00%	93,00%
Rendimento do gerador	97,00%	97,00%
Indisponibilidade forçada	1,26%	1,26%
Indisponibilidade programada	3,73%	1,74%
Vazão de projeto do vertedouro (m ³ /s)	119,6	130,00
Vazão remanescente (m ³ /s)	n/a	n/a
Área do reservatório (km ²)	0,72	0,82
Vazão média de longo termo (m ³ /s)	43,70	39,98

Com o intuito de justificar as alterações promovidas, partiu-se para uma síntese de cada item inserido na tabela, cujas definições, verificações, dimensionamentos e particularidades são detalhados ao longo deste relatório.

- a) Coordenadas de referência: o eixo do barramento previsto no inventário sofreu um pequeno deslocamento para jusante, de aproximadamente 40 m, para melhor acomodação das estruturas e para possibilitar a implantação do circuito de geração na margem esquerda. Com relação à casa de força, foi promovida uma alteração na margem, da direita para a esquerda, para otimização do arranjo.
- b) Área de drenagem: não houve alteração com relação ao inventário.
- c) NA máximo de montante: não houve alteração com relação ao inventário.
- d) NA normal de jusante: de acordo com as mais recentes práticas da EPE para a habilitação de projetos para participação em leilões de energia, o NA normal de jusante é o nível d'água associado à passagem da vazão turbinada nominal de todas as unidades geradoras, sem vertimento. Para a definição do NA normal de jusante foi lançada na curva-chave do canal de fuga a vazão turbinada nominal.
- e) Queda bruta nominal: houve uma pequena redução na queda bruta, em função da elevação em 5 cm do NA normal de jusante.
- f) Perdas hidráulicas: nos estudos de inventário as perdas de carga foram estimadas a partir de um percentual fixo da queda bruta (3%). Já no presente estudo foram levantadas equações de perda de carga em todo o circuito de adução, tendo as mesmas sido inseridas no modelo energético de simulação do aproveitamento, garantindo maior confiabilidade aos resultados. Os resultados foram iguais, por merca coincidência.
- g) Queda líquida: a queda líquida sofreu variação de apenas 5 cm com relação aos estudos de inventário, em função dos ajustes no nível nominal de jusante.
- h) Tipo de turbina e número de unidades geradoras: a solução proposta no inventário foi mantida para o projeto básico, com implantação de duas turbinas Kaplan "S" de eixo horizontal.
- i) Rendimento do conjunto gerador: foram utilizados rendimentos compatíveis com as máquinas propostas, obtidos a partir da experiência em projetos similares e de consultas a fornecedores especializados.
- j) Indisponibilidades forçada e programada:

A Taxa de Indisponibilidade Forçada (TEIF) reflete o número de horas em que uma ou mais unidades geradoras deixaram de operar em decorrência de um desligamento causado por falha ou defeito de um componente ou unidade que acarretem em retirada de serviço do equipamento ou parte dele. Resulta de condições de emergência ou acidentais que requeiram que o equipamento seja desligado. Desta forma, por tratar-se de ato ou evento sobre o qual não se tem domínio, a definição dos valores da TEIF deve se valer das estatísticas de usinas similares, uma vez não ser possível sua prévia mensuração. Adotou-se para a TEIF o valor de 1,26%, conforme sugerido pela ANEEL na Nota Técnica nº 063/2012-SRG-SGH/ANEEL, de 29 de agosto de 2012.

Já a Taxa de Indisponibilidade Programada (IP) reflete os desligamentos programados para manutenção nos períodos em que a unidade ou componente esteve ou poderia ter estado em serviço caso não tivesse ocorrido o desligamento. Para mensuração das taxas mais adequadas para serem adotadas no presente projeto básico, obteve-se junto à Brasil PCH S.A. (www.brasilpch.com.br), produtora independente de energia que, desde 2009, opera 13 Centrais Hidrelétricas de porte similar nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, as taxas de indisponibilidade reais observadas neste complexo. Os números indicam uma taxa de indisponibilidade total, programada e forçada, nos últimos 36 meses de operação, de 1,74%. Para determinação das taxas de indisponibilidades do projeto optou-se, de forma

conservadora, a utilizar o valor total de indisponibilidades da Brasil PCH como Indisponibilidade Programada.

- k) Vazão média de longo termo (Q_{mlt}): os estudos hidrometeorológicos, detalhados no Capítulo 6, foram atualizados e mostraram algumas diferenças em relação ao inventário, no tocante à série de vazões médias mensais.

A série de médias mensais foi atualizada até dezembro de 2020 e contemplou o monitoramento hidrométrico iniciado em 2019. Os dados medidos localmente puderam ser comparados com os dados do posto base, no mesmo período, possibilitando a correlação mais precisa.

A Figura 4-1 apresenta as curvas de permanência de vazões médias mensais para as duas fases do projeto, mostrando a redução na disponibilidade hídrica da ordem de 8%.

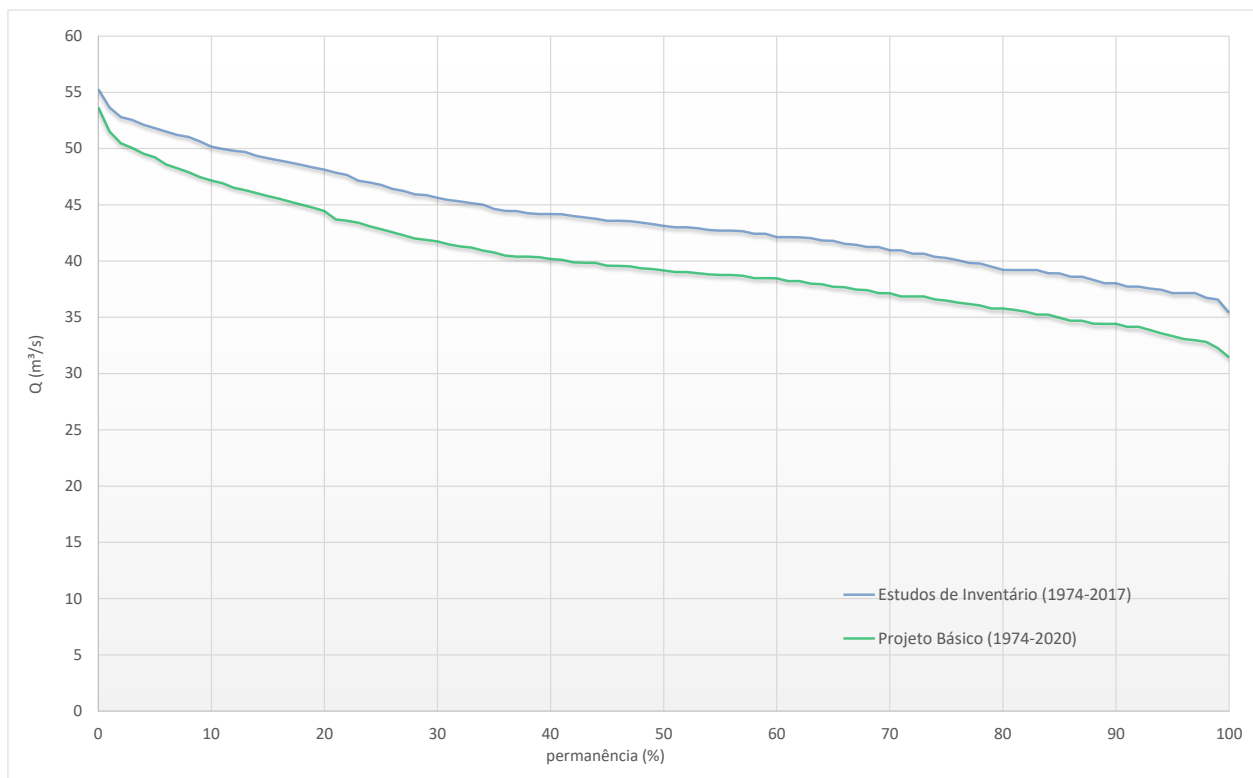


Figura 4-1: EIH e PB – Séries de vazões médias mensais – Curvas de permanência comparativas

- l) Vazão remanescente: o empreendimento terá geração próxima ao eixo do barramento.
- m) Potência instalada e energia média: nos Estudos de Inventário, a potência foi definida como um valor de referência e a energia média associada a um fator de capacidade pré-determinado. Cabe à etapa de Projeto Básico definir o valor “ótimo”, ou a potência mínima a instalar, por meio dos estudos de motorização, com cálculo das variações de custo e benefício incrementais. As abordagens e metodologias aplicadas para a determinação da potência instalada encontram-se no Capítulo 11.

Tendo em vista a redução na disponibilidade hídrica com relação ao inventário, os estudos de motorização apontaram para uma potência instalada aproximadamente 4% inferior, mantendo a mesma proporção da redução na energia média. A Garantia Física, não calculada na etapa de inventário, considerou ainda as perdas elétricas e o consumo interno.

- n) Vazão de projeto do vertedouro: os estudos de vazões extremas foram atualizados, mostrando pequenas diferenças com relação ao inventário. Para a etapa de projeto básico o vertedouro foi dimensionado para a cheia com recorrência milenar, com garantia de proteção de todas as estruturas de barramento para o escoamento da cheia com recorrência decamilenar.
- o) Área do reservatório: a execução de perfilamento laser em toda a área de interesse permitiu a determinação precisa da área do reservatório, que sofreu elevação de 10 ha com relação ao inventário.

Ao longo deste relatório de projeto básico são apresentados detalhadamente todos os estudos realizados e fundamentadas todas as alterações necessárias no projeto concebido nas etapas anteriores.

5. LEVANTAMENTOS CARTOGRÁFICOS E TOPOGRÁFICOS

Este capítulo tem como objetivo apresentar uma síntese dos serviços cartográficos e topográficos realizados na área prevista para implantação do aproveitamento. Ressalta-se que os mesmos atenderam plenamente às Diretrizes de Cartografia e Topografia da ANEEL, em sua última versão.

Todo o material resultante dos levantamentos cartográficos e topográficos realizados são apresentados no **Volume 3 – Tomos I e II**.

5.1. Cartografia e Topografia – Estudos de Inventário

Os levantamentos cartográficos e topográficos apresentados nos Estudos de Inventário do rio Sauê-Uiná foram desenvolvidos em dois períodos distintos. Os primeiros, no período 2010-2012, e os demais, em 2019.

Nos levantamentos de campo executados em 2010-2012 optou-se pela execução de uma restituição aerofotogramétrica em toda a área estudada, a partir de fotografias aéreas recentes e obtidas em um sobrevoo na escala 1/25.000.

Também no período 2010-2012, foram executados os seguintes serviços topográficos:

- Levantamento dos perfis topográficos dos rios Sauê-Uiná e do Calor;
- Implantação do apoio de campo – rede de apoio básico;
- Levantamento de seções topobatimétricas nos eixos de barramento definidos aquela época;
- Instalação de marcos topográficos nas proximidades dos eixos de barramento definidos aquela época;
- Cadastramento e amarração dos furos de sondagem executados;
- Amarração das estações fluviométricas instaladas.

Os serviços foram realizados pelas empresas **Aerotri Aerofotogrametria e Topografia Ltda.** (parte do apoio de campo e restituição aerofotogramétrica), **Planigeo Topografia e Geoprocessamento Ltda.** e **Novo Norte Energia e Consultoria Ltda.** (apoio de campo, perfil topográfico, seções topobatimétricas, marcos topográficos e amarração de sondagens e estações fluviométricas) e **Topowild Serviços Topográficos Ltda.** (apoio de campo e perfil do rio do Calor).

Nos levantamentos topográficos executados no ano de 2019 foi considerado o seguinte escopo de trabalho:

- Reocupação/reimplantação de marcos de apoio e marcos-base existentes na área, resultantes dos trabalhos executados em 2010-2012;
- Levantamento de pontos adicionais de níveis d'água (NA's), aproximadamente 50 pontos, em trechos de maior declividade do rio;
- Levantamento de pontos adicionais de topografia (HV's), aproximadamente 30 pontos, para atualização da restituição aerofotogramétrica elaborada em 2010-2012;
- Levantamento de 12 seções topobatimétricas adicionais;
- Reprocessamento dos pontos de níveis d'água (NA's) levantados em 2010-2012, a partir das informações atualizadas dos marcos topográficos reocupados/reimplantados;
- Reprocessamento dos pontos de topografia (HV's) levantados em 2010-2012, a partir das informações atualizadas dos marcos topográficos reocupados ou reimplantados;

- Reprocessamento das seções topobatimétricas levantadas em 2010-2012;
- Reprocessamento da amarração planialtimétrica de sondagens executadas em 2010-2012;
- Reprocessamento da amarração planialtimétrica das estações fluviométricas instaladas em 2010-2012.

A empresa **Topogeo Topografia e Geomática Ltda.** executou todos os serviços topográficos dessa etapa dos estudos de inventário.

Nas duas etapas de levantamentos, 2010-2012 e 2019, todas as operações de campo e de escritório foram executadas de maneira automatizada, com a utilização de equipamentos modernos de medição e softwares específicos.

O sistema de referência utilizado foi o SIRGAS2000. A conversão de altitudes elipsoidais para altitudes ortométricas foi feita a partir do MAPGEO2010 para os levantamentos executados em 2010-2012 e a partir do MAPGEO2015 para os levantamentos executados em 2019.

5.2. Cartografia e Topografia – Projeto Básico

Todos os levantamentos cartográficos e topográficos executados durante o desenvolvimento dos estudos de inventário foram avaliados para utilização do Projeto Básico aqui apresentado.

Dessa análise entendeu-se ser necessária a elaboração de uma nova base topográfica para o projeto, com o objetivo de caracterizar, com a máxima fidelidade, a morfologia do terreno natural no sítio de implantação das estruturas de barramento e do circuito de adução/geração.

Isso foi feito por meio da contratação de um perfilamento a laser de toda a área de interferência do futuro aproveitamento (arranjo geral das estruturas de barramento e de geração e reservatório). Esse perfilamento, com curvas de nível equidistantes de 1,0 m, foi executado pela empresa **SAI Serviços Aéreos Industriais**.

Quanto aos serviços topográficos complementares, foram especificados e executados no ano de 2021:

- Levantamento de algumas seções topobatimétricas adicionais às executadas em 2019;
- Amarração planialtimétrica dos furos de sondagens especificados para o Projeto Básico.

A empresa **Topogeo Topografia e Geomática Ltda.** foi a executora de todos os serviços topográficos complementares que subsidiaram o desenvolvimento do Projeto Básico em tela. Cabe aqui ressaltar que parte dos levantamentos executados em 2019 foi aqui utilizada, tornando-se a campanha realizada em 2021, complementar à anterior.

5.2.1. Perfilamento a Laser

O princípio básico do sistema de perfilamento a laser é a obtenção de registros contínuos de coordenadas espaciais, as quais constituem os elementos primários para a modelagem do terreno e geração de mapas topográficos derivados destas informações.

O sistema de Perfilamento a Laser Aerotransportado (ALS – Airborne Laser Scanning) é um sensor remoto ativo utilizado para medir a distância entre o sistema imageador e a superfície dos objetos. O sistema obtém dados digitais da superfície do terreno com precisão equivalente à do sistema GPS.

O LIDAR é composto por três componentes básicos: uma unidade de medição laser, encarregada de emitir e receber o sinal laser, um sistema de varredura óptico mecânico e uma unidade de registro de medições de apoio.

O princípio do seu funcionamento baseia-se na utilização de um pulso de laser que é disparado na direção da superfície, e, ao atingi-la, parte desse sinal emitido é refletida na direção do sensor. O sensor mede tanto a intensidade do sinal de retorno, como o tempo decorrido entre a emissão e a captação do retorno, o qual é utilizado para calcular a distância sensor-objeto, considerando que o pulso laser se propaga à velocidade da luz. A posição tridimensional do ponto onde o raio é refletido é determinada com base na distância entre o sensor e a superfície da terra e a orientação do raio.

A grande vantagem oferecida pelo sistema é a possibilidade de obter uma grande quantidade de dados representativos da superfície de interesse, que podem ser processados para obter modelos digitais do terreno. O maior potencial de aplicação da tecnologia de Perfilamento Laser para o mapeamento topográfico é a obtenção da informação altimétrica de uma determinada superfície utilizando metodologia diferente das tradicionais com menor tempo de trabalho.

A ortorretificação tem como objetivo a reconstrução do terreno fotografado a partir de suas fotografias. A combinação das fotografias digitais e do perfilamento a laser deu início à LIDARGRAMETRIA, onde informações resultantes do perfilamento subsidiam o processo de ortorretificação das imagens digitais.

O perfilamento a laser executado no rio Sauê-Uiná, no município de Sapezal, estado de Mato Grosso, contemplou a área indicada na Figura 5-1 e na Figura 5-2.

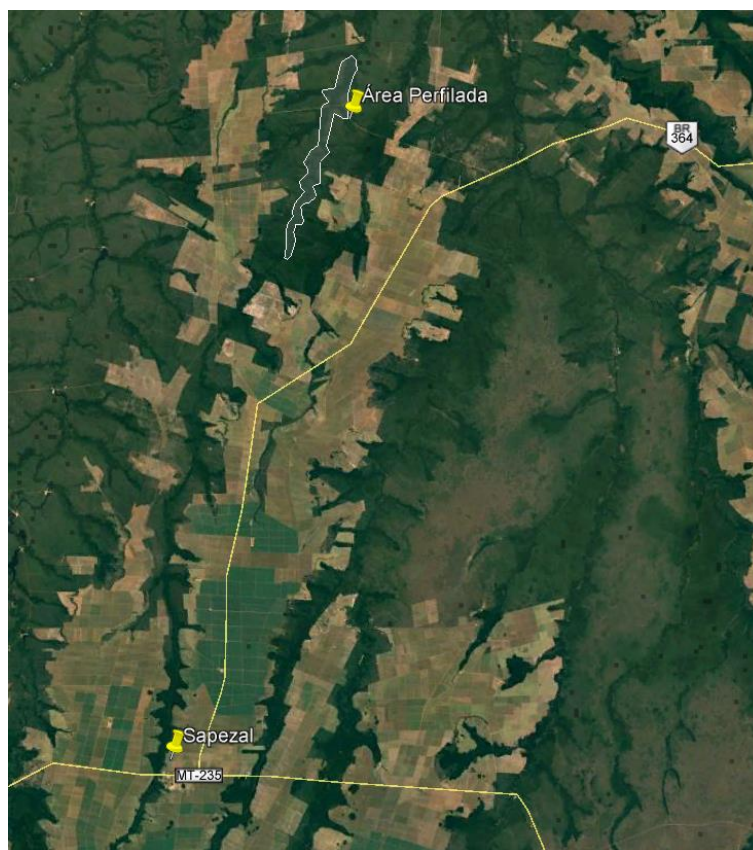


Figura 5-1: Localização da área perfilada

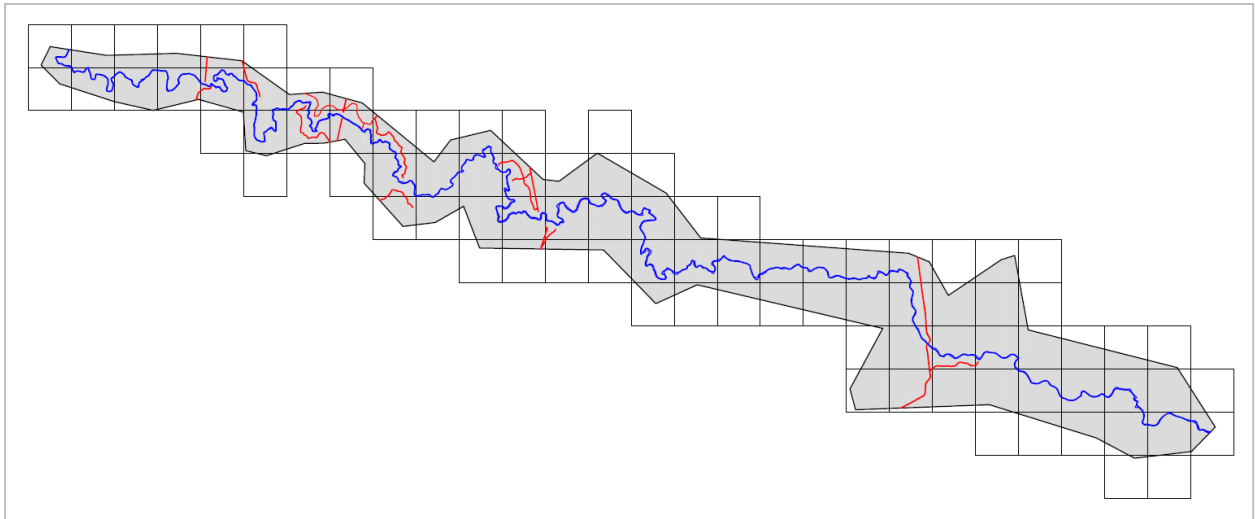


Figura 5-2: Área total do perfilamento a laser

No planejamento do trabalho foram definidas as características da aquisição dos dados, levando-se em consideração as informações fornecidas pelo cliente, e a logística do trabalho (cidades que serviram como base para as equipes de campo, postos de reabastecimento, etc.).

O princípio do perfilamento laser consiste na emissão de feixes laser infravermelho em direção a superfície terrestre, que após tocarem a superfície, são refletidos e captados pelo receptor acoplado ao equipamento. Para cada feixe emitido é registrado o tempo de percurso aeronave – objeto – aeronave. A partir do tempo de percurso do laser, é possível determinar a distância do objeto por meio da seguinte fórmula:

$$\text{Distância} = (\text{Velocidade da Luz} \times \text{Tempo de Resposta})/2$$

A definição do número de pontos por metro quadrado, a altura do voo, a sobreposição longitudinal das faixas, o tempo de aquisição e a velocidade de voo são parâmetros definidos no plano de voo.

Juntamente com a localização da área do perfilamento, essas informações definem as linhas de voo e o traçado que será executado pela aeronave para recobrir a área de interesse.

Serão apresentados a seguir os parâmetros utilizados para a configuração do plano de voo, que constituem o plano de voo analítico para o levantamento.

- Período da aquisição dos dados 05/2020
- Aeronave Aeronave Seneca IV
- Altura do voo 700 m
- Largura da faixa varredura 509 m
- Velocidade média 120 km/h
- Tempo estimado da aquisição 9 horas e 11 minutos
- Ângulo de escaneamento 40°
- Sobreposição longitudinal 32%

- Pontos/m² da aquisição2,81
- Sobreposição lateral das imagens.....60%

Os produtos desenvolvidos no perfilamento a laser foram os seguintes:

- Arquivo Texto (representam as coordenadas dos pontos do terreno – Leste, Norte, Altitude Ortométrica);
- Arquivos rinex, Receiver Independent Exchange Format, utilizados para compatibilizar os dados gerados por receptores de diferentes fabricantes e que podem ser processados por diferentes programas; estão em formato texto;
- Ortofotos (arquivos imagem resultante do processo de ortorretificação já explicado anteriormente; diferente do processo convencional de aerofotogrametria, as ortofotos no levantamento laser não têm como objetivo a geração das curvas de nível, pois para gerar as curvas utiliza-se o modelo digital do terreno, como já mencionado; as ortofotos continuam sendo ferramentas importantes na tomada de decisão, facilitando assim a identificação de hidrografias, vias de acesso e edificações; as ortofotos desse trabalho têm resolução espacial de 25 cm, estão no formato JPG + JGW e podem ser visualizadas em qualquer software de imagens ou importadas como referência externa em software como AutoCad, Microstation, entre outros);
- Curvas de Nível e Pontos Cotados (as curvas de nível são representadas pela cor sépia (marrom) e são diferenciadas em curvas de nível mestra e intermediárias; a curva mestra é indicada por uma linha mais grossa que a usual e é contada a cada cinco curvas de nível a partir da curva de valor zero; os pontos cotados são representados numericamente e indicam a sua cota ou altitude);
- Identificação de Elementos Notáveis (na vetorização são identificados e organizados em layers os principais elementos notáveis presentes nas imagens, tais como: hidrografia, vias de acesso, edificações, pontes e outros, conforme a requisitos técnicos do projeto);
- Layouts (o layout é a representação gráfica da área vetorizada para uma determinada escala e a altimetria é representada pelas curvas de nível e pelos pontos cotados; além da representação gráfica, são apresentadas as informações cartográficas, tais como, coordenadas, escala, sistema de referência, meridiano central, data e sua localização nacional);
- Mapa Hipsométrico (o mapa hipsométrico representa o relevo utilizando as curvas de nível; aos espaços entre as curvas são atribuídas cores que mostram a menor e maior declividade do relevo, e constam na legenda do mapa com seus valores máximo e mínimo para a área fornecida).

No perfilamento aqui apresentado foi perfilada uma área total de aproximadamente 50,72 km² e geradas 90 ortofotocartas, conforme mosaico disposto na Figura 5-2.

A Figura 5-3 e Figura 5-4 apresentam, respectivamente, o Modelo Digital do Terreno (MDT) e o Modelo Digital de Superfície (MDS) resultantes do levantamento.

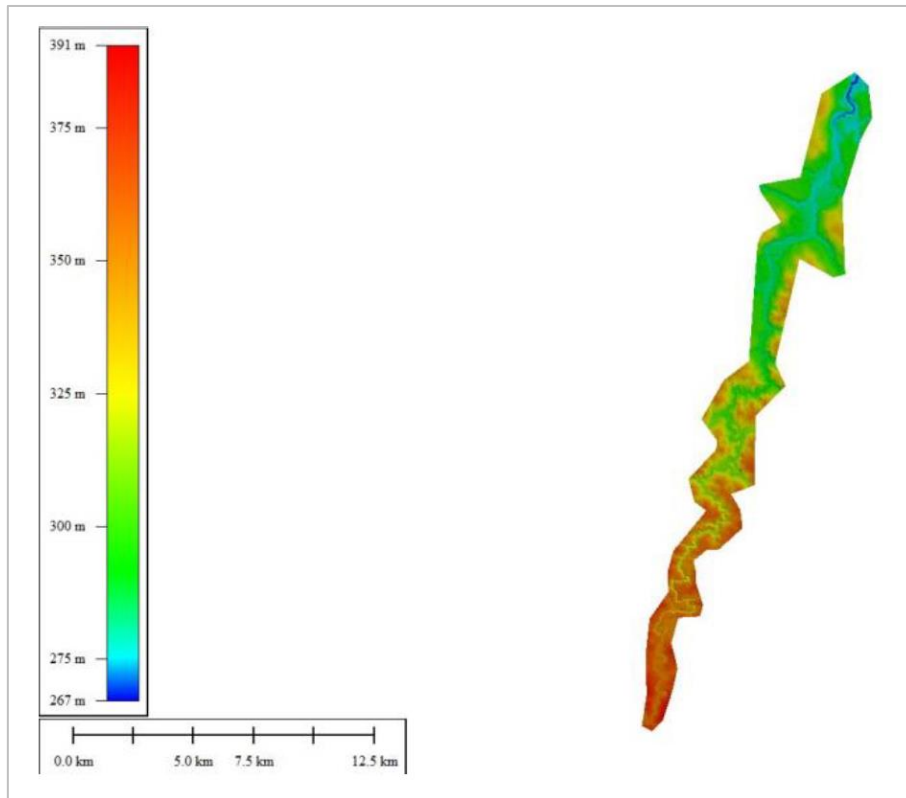


Figura 5-3: MDT do perfilamento

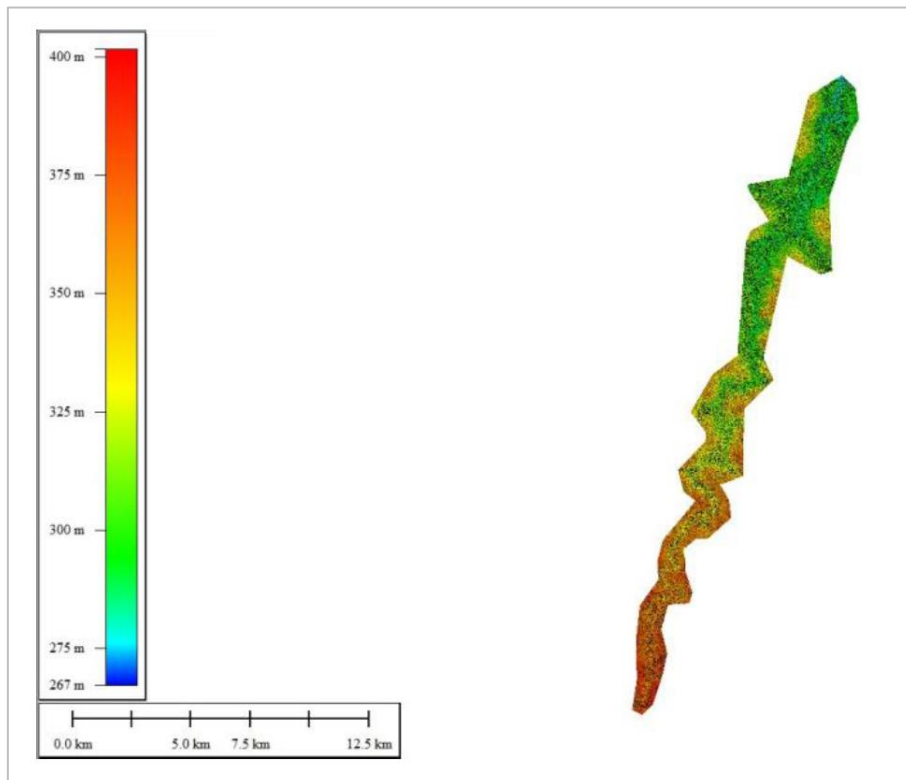


Figura 5-4: MDS do perfilamento

O sistema laser e a câmera digital podem ser instalados tanto em aviões quanto em helicópteros. Na aeronave também são instalados um sistema inercial (Unidade Inercial de Movimento (IMU)), responsável pelo registro do trabalho realizado pela aeronave e uma antena GPS, responsável pela determinação da posição da mesma em um determinado instante.

No aerolevante foram utilizados os seguintes equipamentos:

- LaserScan Optech ALTM Gemini,
- Câmera digital iXU RS 1000 RGB.

O sistema laser e as câmeras fotográficas foram montados em uma abertura no piso da aeronave, devidamente homologada, possibilitando assim que o sensor possa emitir e receber os pulsos laser e as câmeras tomem as fotografias do terreno.

Portanto, dentro da aeronave estão presentes:

- Antena GPS;
- Sistema inercial (IMU);
- Sensor laser.

5.2.2. Levantamentos Topográficos Complementares

Complementando os trabalhos topográficos executados em 2019, a empresa **Topogeo Topografia e Geomática Ltda.** voltou a campo para executar a amarração planialtimétrica dos furos de sondagens especificados para o projeto da PCH.

Os trabalhos topográficos foram executados nos meses de maio e junho de 2021 e contemplaram a amarração planialtimétrica de 12 (doze) furos de sondagens.

Foram executadas as seguintes etapas no levantamento:

- Transporte de coordenadas a partir dos vértices oficiais (RBMC's IBGE) – CUIB-Cuiabá/MT, MTLA-Pontes e Lacerda/MT, ROCD-Colorado do Oeste/MT;
- Amarração planialtimétrica dos furos de sondagens especificados para o projeto, com a definição das “cotas de boca” desses furos.

5.2.2.1. Metodologia Empregada nos Levantamentos

Todo o presente trabalho foi embasado nas “Diretrizes para Elaboração de Serviços de Cartografia, de Topografia e Georreferenciamento de Mapas, Desenhos e Arquivos Eletrônicos, relativos a Estudos e Projetos de Centrais Hidrelétricas”, publicadas pela ANEEL, nas atualizações das recomendações, normas e notas técnicas emitidas pela ANEEL, na NBR 13.133 (maio/1994), referente à execução de levantamento topográfico, bem como, nas Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos (IBGE).

Para o transporte das coordenadas e altura geométrica para os marcos reocupados ou implantados foi utilizado equipamento GNSS (GPS/GLONASS), simultâneos aos vértices oficiais RBMC's (IBGE), CUIB-Cuiabá/MT, MTLA-Pontes e Lacerda/MT, ROCD-Colorado do Oeste/MT, com máscara de elevação de 10° e taxa de coleta a cada 15 segundos, como determina a norma e ainda obedecendo ao tempo mínimo para rastreamento, dado pela Tabela 5-1.

Tabela 5-1: Tempo mínimo de rastreio

Linha de Base	Tempo de Observação	Equipamento Utilizado	Precisão
0 – 5 km	5 – 10 minutos	L1 ou L1/L2	5 – 10 mm + 1 ppm
5 – 10 km	10 – 15 minutos	L1 ou L1/L2	5 – 10 mm + 1 ppm
10 – 20 km	10 – 30 minutos	L1 ou L1/L2	5 – 10 mm + 1 ppm
20 – 50 km	2 – 3 horas	L1/L2	5 mm + 1 ppm
50 – 100 km	Mínimo de 3 horas	L1/L2	5 mm + 1 ppm
> 100 km	Mínimo de 4 horas	L1/L2	5 mm + 1 ppm

Nos trabalhos desenvolvidos em 2019, referentes aos Estudos de Inventário, foi reocupado o seguinte conjunto de marcos:

- MQ06, M03, M-A5, BASE-009, BASE-001, BASE-002, BASE-003, BASE-03NN, BASE-004, BASE-05, BASE-006, BASE-007, BASE-008, M-1, M-2, M-A1, M-A2, M-A4, MC-01, MC-03, MC-02, MC-04, MC-05, MC-08, PT01, PT08, MC-06 e MC-07.

Além desses, àquela época foram implantados novos marcos, listados a seguir:

- BASE-04NN, BASE-008B, M-A7, M-A8, M-A9 e M-A11.

Para o levantamento das seções topobatimétricas especificadas, por técnicas GNSS (GPS/GLONASS), todos os marcos implantados nas duas margens foram adotados como referência.

No levantamento dessas seções, pelo método de locação de linha, seguiu-se coletando pontos a partir do marco instalado na margem esquerda, com orientação em ponto de rastreio na mesma margem esquerda, até se chegar ao ponto instalado na margem direita. Dessa forma, tornou-se possível verificar o fechamento da poligonal.

Nos trabalhos de campo para levantamento das seções topobatimétricas foi utilizado um bastão equipado com um prisma refletivo em sua extremidade superior. Assim sendo, os dados levantados foram gravados na memória do equipamento (Estação Total), depois descarregados em escritório e processados por software comercial (TopoGRAPH V.403).

O processamento e ajustamento das coordenadas dos marcos reocupados ou implantados foram realizadas utilizando-se o software MAGNET TOOLS V.4.2, com vantajosa exposição de gráficos e relatórios preliminares, permitindo análise detalhada de cada vetor. Em seguida, foram realizados os processamentos e ajustamentos definitivos dos vetores, conforme relatórios de processamento dos levantamentos (**Volume 3**), obtendo-se assim as coordenadas de cada marco, com precisões sempre melhores que as estabelecidas nas normas e diretrizes de topografia.

As listagens completas de todos os cálculos realizados – processamento de vetores, ajustamento de rede GNSS (GPS/GLONASS) – estão apresentadas no **Volume 3** destes Estudos de Projeto Básico.

Para obtenção das coordenadas dos marcos reocupados/implantados foram realizadas as seguintes etapas:

- Transferência automática dos arquivos brutos dos receptores GNSS para o computador, por meio de cabo de comunicação (USB). O programa para realizar esta atividade foi o PCCDU v.7.12;
- Exportação dos arquivos brutos para o formato RINEX, utilizando o programa TOPCON LINK v.8.2;
- Utilização do software MAGNET TOOLS v.4.2;
- Importação dos arquivos RINEX dos marcos reocupados/implantados;

- Importação dos arquivos RINEX dos marcos do IBGE (RBMC's): CUIB-CUIABÁ/MT; MTLA-Pontes e Lacerda/MT; ROCD-Colorado do Oeste/MT;
- Introdução das coordenadas SIRGAS2000, dos pontos de controle vertical e horizontal segundo monografia homologada pelo IBGE (marcos do IBGE);
- Processamento e seleção dos melhores vetores;
- Ajustamento da rede, seguindo o estilo dado pela Figura 5-5.

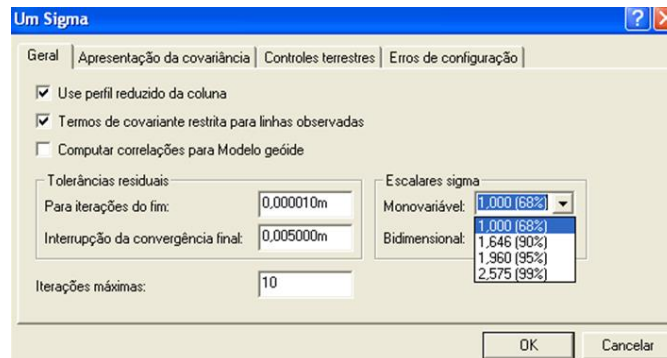


Figura 5-5: Ajuste realizado "UM SIGMA", com 68,7% de confiabilidade

- Listagem de relatórios.

A Figura 5-6 apresenta o esquema do transporte da base de apoio utilizando-se as RBMC's (IBGE).

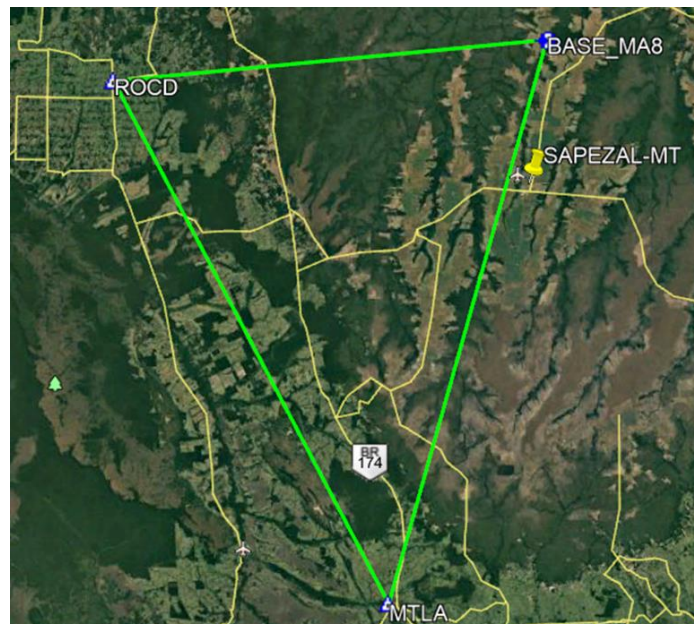


Figura 5-6: Transporte da base de apoio utilizando as RBMC's selecionadas

O processamento dos arquivos GNSS (GPS/GLONAS) dos marcos reocupados/implantados, dos marcos das novas seções topobatimétricas e dos pontos correspondentes aos furos de sondagens foi realizado a partir das coordenadas dos marcos geodésicos já listados. Para tanto, foi utilizado o software MAGNET TOOLS v.4.2., com precisões sempre melhores que as estabelecidas nas normas e diretrizes de topografia adotadas como referência.

As listagens completas de todos os cálculos realizados – processamento de vetores, ajustamento de rede GNSS (GPS/GLONAS) – estão apresentados no **Volume 3** destes Estudos de Projeto Básico.

No processamento em questão foram realizadas as seguintes etapas:

- Transferência automática dos arquivos brutos dos receptores GNSS para o computador por meio de cabo de comunicação (USB). O programa para realizar esta atividade foi o PCCDU v.7.12;
- Exportação dos arquivos brutos para o formato RINEX, utilizando o programa TOPCON LINK v.8.2;
- Utilização do software MAGNET TOOLS v.4.2;
- Importação dos arquivos RINEX do marco de apoio mais perto do local dos pontos (ver relatórios de NA's e HV's – **Volume 3**);
- Introdução das coordenadas SIRGAS2000, dos pontos de controle vertical e horizontal;
- Processamento e seleção dos melhores vetores;
- Listagem de relatórios;
- Exportação de coordenadas.

A Figura 5-7 e a Figura 5-8 apresentam os esquemas empregados nos levantamentos das seções topobatimétricas e na amarração planialtimétrica da localização dos furos de sondagens.



Figura 5-7: Esquema empregado na implantação dos marcos das seções topobatimétricas

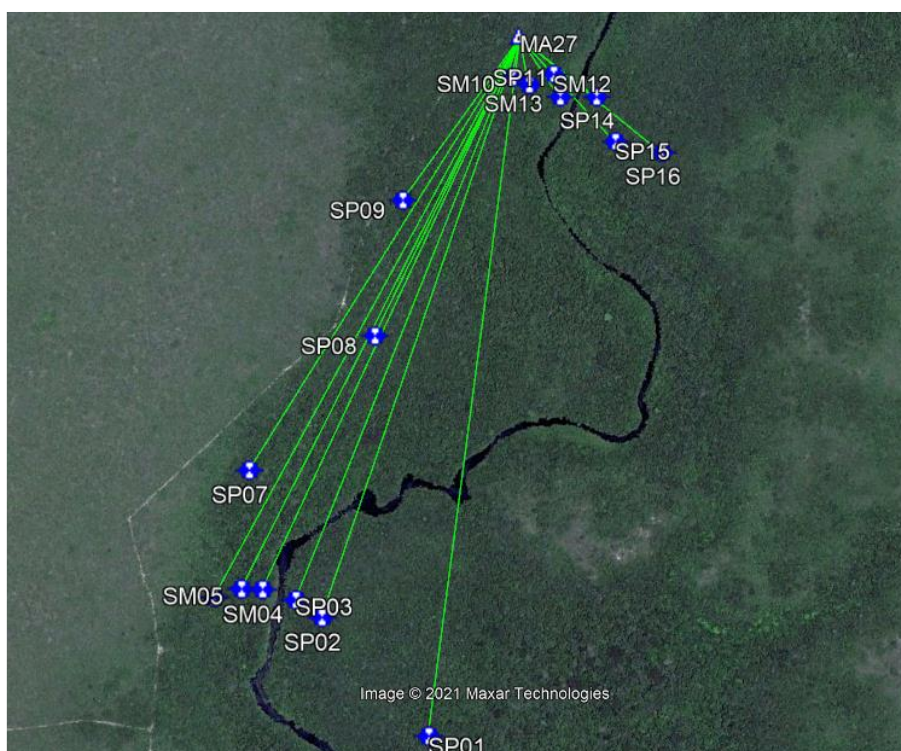


Figura 5-8: Esquema empregado na amarração planialtimétrica dos furos de sondagens

O processamento dos arquivos referentes ao levantamento das seções topobatimétricas tiveram como apoio os pontos topográficos implantados nas margens (definição da seção topobatimétrica), conforme relatório de processamento apresentado no **Volume 3** destes Estudos de Projeto Básico. Nesse processamento foi utilizado o software TOPOGRAPH v.4.03 e as precisões alcançadas foram sempre melhores que as estabelecidas em normas e diretrizes de topografia.

As listagens completas de todas as seções topobatimétricas encontram-se no **Volume 3** destes Estudos de Projeto Básico.

No processamento em questão foram realizadas as seguintes etapas:

- Transferência automática dos arquivos brutos da coletora para computador por meio de cabo de comunicação (USB);
- Utilização do TOPOGRAPH v.4.03;
- Formatação da caderneta de campo formato *.C21;
- Geração de pontos com coordenadas Norte, Este e altitude elipsoidal;
- Cálculo da ondulação geoidal de cada ponto utilizando o MAPGEO2015 V1;
- Listagem de relatórios com as devidas altitudes ortométrica.

Para o transporte de altitude ortométrica foi utilizado o método direto. Neste método, o transporte de altitude é realizado com posicionamento GNSS para obtenção da componente vertical – altura elipsoidal (h). A ondulação geoidal é obtida no modelo geoidal brasileiro – MAPGEO 2015 v.1.0 (IBGE).

Sendo assim,

$$H = h - N$$

Onde:

- H é a altura ortométrica do ponto, medida em metros;
- H é a altura elipsoidal determinada pelo processamento GNSS, medida em metros;
- N é a ondulação geoidal obtida pelo MAPGEO 2015 V.1.0, medida em metros.

A Figura 5-9 ilustra o cálculo da altitude ortométrica utilizando-se o programa MAPGEO 2015 v. 1.0 (IBGE).

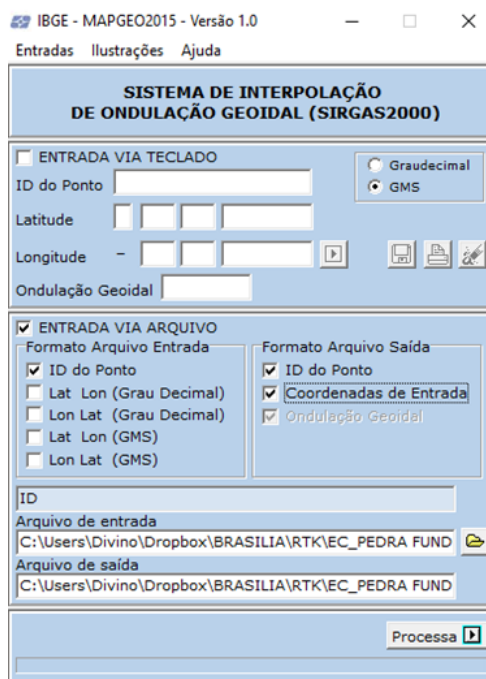


Figura 5-9: Tela MAPGEO2015 para determinação da ondulação geoidal método direto

Em seguida serão listados os principais pontos acerca do *Datum* dos levantamentos topográficos aqui apresentados.

- Sistema Geodésico de Referência: Sistema de Referência Terrestre Internacional – ITRS (International Terrestrial Reference System).
- Figura geométrica para a Terra:
Elipsoide do Sistema Geodésico de Referência de 1980 (Geodetic Reference System 1980 – GRS80).
Semieixo maior $a = 6.378.137$ m
Achatamento $f = 1/298,257222101$
- Origem: centro de massa da Terra.
- Orientação: Polos e meridiano de referência consistentes em $\pm 0,005''$ com as direções definidas pelo BIH (Bureau International de l'Heure), em 1984,0.
- Estações de Referência: As 21 estações da rede continental SIRGAS2000 estabelecidas no Brasil constituem a estrutura de referência a partir da qual o sistema SIRGAS2000 é materializado em território nacional. Está incluída nestas tabelas a estação SMAR, pertencente à Rede Brasileira de

Monitoramento Contínuo do Sistema GPS (RBMC), cujas coordenadas foram determinadas pelo IBGE posteriormente à campanha GPS SIRGAS2000.

- Época de Referência das coordenadas: 2000,4
- Materialização: Estabelecida por intermédio de todas as estações que compõem a Rede Geodésica Brasileira, implantadas a partir das estações de referência.
- Datum Horizontal: SIRGAS 2000
- Datum Vertical: IMBITUBA/SC
- Sistema de coordenadas plano retangulares UTM (Universal Transversa de Mercator).

Conforme já relatado, o georreferenciamento dos marcos e outros serviços executados no rio Sauê-Uiná foram realizados a partir dos marcos RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – IBGE): CUIB-Cuiabá/MT; MTLA-Pontes e Lacerda/MT; ROCD-Colorado do Oeste/MT. As monografias desses marcos são apresentadas no **Volume 3** desses Estudos de Projeto Básico.

Foram utilizados para o georreferenciamento dos marcos implantados três unidades de receptores GNSS (GPS/GLONAS) marca TOPCON, modelo HIPER+, L1/L2, de 72 canais e marca CHC modelo I50, L1/L2, com 624 canais.

Os softwares utilizados nesta campanha de trabalho foi o Magnet Tools v.4.2, TopoGRAPH v.4.03 e AutoCAD 2019.

As especificações dos equipamentos utilizados nesses levantamentos topográficos complementares são:

- Receptores marca CHC – modelo I50 a prova d'água com 624 canais paralelos, fase completa das portadoras L1 e L2, memória interna de 8 GB, capacidade de rastrear GPS e GLONAS e outros, nos métodos estático, estático-rápido, Stop & Go, cinemático e contínuo e RTK. Precisão de 3 mm+0,5 ppm RMS na planimetria (X,Y), e 5 mm + 0,5 ppm RMS para altimetria (Z), para levantamentos estáticos. Alimentado por baterias internas recarregáveis de NiCd, com autonomia para 10 horas de uso contínuo (rastreamento/gravação a uma taxa de 1 segundo);
- Receptores marca Topcon – modelo Hiper+ a prova d'água com 40 canais paralelos, fase completa das portadoras L1 e L2, memória interna de 32 MB, capacidade de rastrear GPS e GLONAS nos métodos estático, estático-rápido, Stop & Go, cinemático e contínuo. Precisão de 3 mm+0,5 ppm RMS na planimetria (X,Y), e 5 mm + 0,5 ppm RMS para altimetria (Z), para levantamentos estáticos. Alimentado por baterias internas recarregáveis de NiCd, com autonomia para 10 horas de uso contínuo (rastreamento/gravação a uma taxa de 1 segundo);
- Estação Total, marca Topcon, modelo 236 W com precisão angular de 6'' e linear de 2 mm+2 ppm.

5.2.2.2. Resumo dos Resultados dos Levantamentos

A Figura 5-10 apresenta a seção topobatimétrica levantada na etapa dos Estudos de Inventário. A Tabela 2-1 apresenta o resumo da amarração planialtimétrica dos furos de sondagens especificados para o projeto.

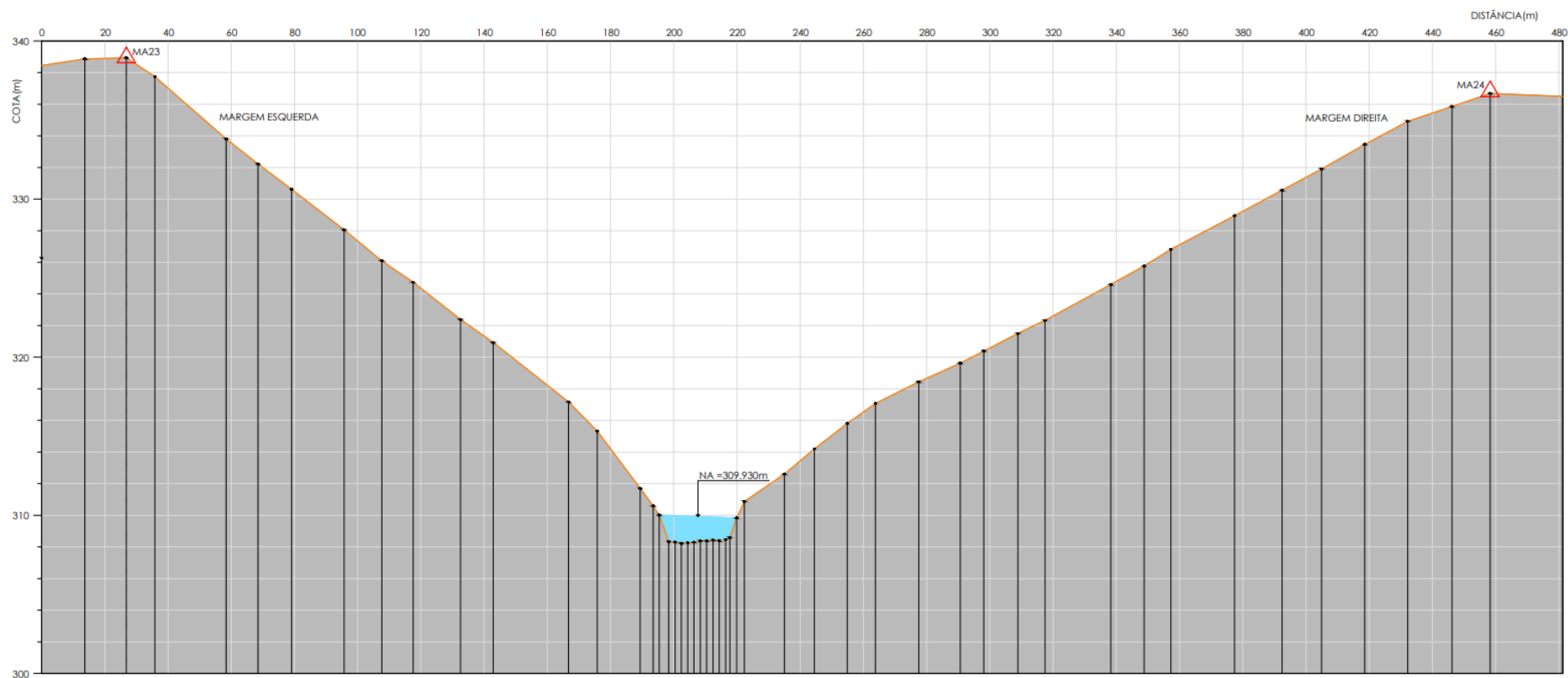


Figura 5-10: Seção topobatimétrica complementar SBT-6 (Estudos de Inventário; 2019)

Tabela 5-2: Amarração planialtimétrica dos furos de sondagens

Sondagem	Coordenada Norte (m)	Coordenada Este (m)	Altura Ortométrica "Cota de Boca" (m)
SM03	8.581.450,791	319.096,561	318,439
SM05	8.581.480,339	319.012,034	311,580
SM06	8.581.443,644	318.995,170	316,193
SM07	8.581.500,683	318.953,477	319,099
SM08	8.581.450,271	318.942,713	322,367
SP01	8.581.483,622	319.155,928	324,934
SP02	8.581.501,499	319.127,252	322,630
SP04	8.581.501,192	319.064,893	312,381
SP09	8.581.455,271	318.909,350	327,747
SP10	8.581.558,608	319.091,159	314,687
SP11	8.581.553,194	319.018,090	310,919
SP12	8.581.529,857	318.955,762	315,844

6. ESTUDOS HIDROMETEOROLÓGICOS

Este capítulo tem por objetivo consolidar os estudos hidrometeorológicos realizados para o projeto básico da PCH SU-104, localizada no rio Sauê-Uiná, afluente do rio Papagaio, que por sua vez é afluente do rio Juruena, sub-bacia 17, bacia do rio Amazonas, no Estado do Mato Grosso.

Estão apresentados neste item a caracterização fisiográfica e climatológica da bacia, os estudos hidrológicos que abrangeram a coleta, análise e tratamento de dados pluviométricos e fluviométricos na região de interesse, geração da série de vazões médias mensais e permanência de vazões, vazões extremas, vazões mínimas, curvas cota-área-volume, determinação da evaporação líquida nos reservatórios, tempos de enchimento, assoreamento e estimativa de vida útil.

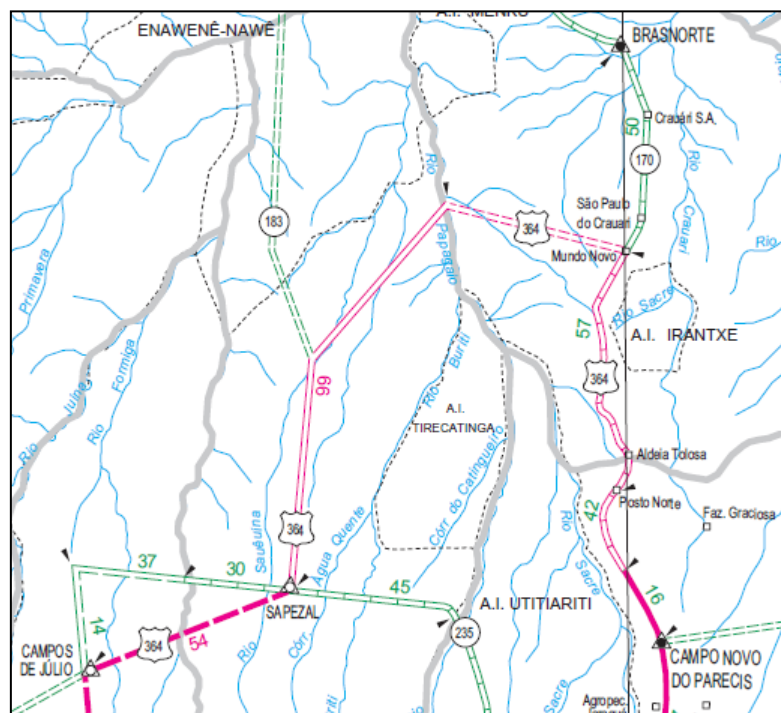
6.1. Caracterização Fisiográfica da Bacia

As principais características fisiográficas da bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná, no local da PCH SU-104, são analisadas neste capítulo, de modo a identificar as suas influências e relações com o comportamento do escoamento fluvial.

6.1.1. Localização e Hidrografia

A bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná está localizada na porção Oeste do estado do Mato Grosso, situando-se, aproximadamente, entre os paralelos 12° e 14° Sul e entre os meridianos 58° e 59° Oeste.

A bacia do rio Sauê-Uiná está localizada entre os municípios de Campos de Júlio e Sapezal, estando mais próximo deste último, sendo cortado pela rodovia federal BR-364, uma das principais vias de ligação do Estado, em seu trecho alto. A Figura 6-1 é apresentada a localização da bacia do rio Sauê-Uiná, e seu afluente, rio do Calor.



FONTE: DNIT – 2002

Figura 6-1: Rio Sauê-Uiná – Localização

A bacia do rio Sauê-Uiná limita-se ao Norte com a bacia do rio Papagaio, do qual é afluente. Ao Sul com a bacia do rio Buriti, a Leste com a bacia deste último (trecho alto) e com a bacia do rio Papagaio (trecho baixo). A Oeste com a bacia do rio Juruena, estando muito próximo a este rio.

O rio Sauê-Uiná pertence à bacia hidrográfica do rio Amazonas, bacia 1, de acordo com a classificação usual utilizada no Setor Elétrico. Desenvolve-se, no eixo Sul-Norte, com pequeno desvio para a direção Noroeste. Apresenta forma alongado em todo o seu percurso.

O rio Sauê-Uiná nasce a uma altitude de 570 m, na Chapada dos Parecis, e deságua no rio Papagaio a uma altitude de 247 m, sendo que em seu curso percorre uma extensão total de 256 km. Pela margem direita, o seu principal afluente é o rio do Calor com 120 km de extensão, e pela margem esquerda o Córrego Sapezal com 64 km de extensão. Os demais afluentes são pequenas drenagens, e perfazem o total de 77 km de extensão.

O rio do Calor, principal afluente do rio Sauê-Uiná, nasce a uma altitude de 510 m, na Chapada dos Parecis, e deságua no rio Sauê-Uiná a uma altitude de 255 m, sendo que em seu curso percorre uma extensão total de 120 km. Apresenta duas drenagens mais significativas, uma pela margem esquerda, com 6,5 km de extensão, e outra pela direita, com 8,8 km de extensão, ambas inominadas.

6.1.2. Área de Drenagem e Perímetro

Para a determinação da área da bacia hidrográfica da PCH SU-104, no rio Sauê-Uiná, foi utilizada metodologia similar àquela preconizada pela ANA na revisão das áreas de drenagem dos postos de sua rede básica.

A delimitação das bacias hidrográficas foi realizada com base em dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), com resolução espacial de 90m, a partir dos quais foi possível gerar um modelo digital do terreno (MDT) da área estudada. Os dados da região de interesse foram baixados no site do projeto “Brasil em Relevo”, de iniciativa da Embrapa, o qual recuperou e tratou os arquivos brutos do projeto SRTM e disponibiliza os produtos consistidos de acordo com a divisão do IBGE de cartas na escala 1:250.000.

Para a aferição da área de drenagem da PCH foram utilizadas a carta SD-21-V-A, SD-21-V-B, SD-21-V-C e SD-21-V-D.

Com o auxílio o pacote de ferramentas hidrológicas da extensão Spatial Analyst Tools e o software ArcGIS, foi possível delimitar de forma automática os divisores topográficos naturais das bacias hidrográficas nos exutórios de interesse.

Além do método descrito, as áreas obtidas também contaram com verificação por meio das seguintes cartas na escala 1:100.000 e 1:250.000, detalhadas na Tabela 6-1.

Tabela 6-1: Cartas utilizadas nos levantamentos de áreas de drenagem de locais na bacia

Codificação	Nome	Escala	Voo		Apoio Suplementar		Restituição		
			Data	Executora	Data	Executora	Data	Executora	
SD.21-V-A	MI-337	Aldeia Espirito	1:250.000	1967	AST-10-USAF	1979	DSG - 2ª DL	1981	DSG - 5ª DL Em aparelho de 2ª ordem
SD.21-V-B	MI-338	Rio Treze de Maio	1:250.000	1967	AST-10-USAF	1979	DSG - 2ª DL	1980	DSG - 5ª DL Em aparelho de 2ª ordem
SD.21-V-C-VI	MI-2016	Cabeceira do Sauê-Uiná	1:100.000	1974	SACS	1974	DSG	1975	DSG - 5ª DL Em aparelho de 2ª ordem

Codificação		Nome	Escala	Voo		Apoio Suplementar		Restituição	
				Data	Executora	Data	Executora	Data	Executora
SD.21-V-C-III	MI-1969	Rio do Calor	1:100.000	1974	SACS	1974	DSG	1975	DSG - 5ª DL Em aparelho de 2ª ordem

Estas cartas foram escaneadas, digitalizadas e trabalhadas no *software* AutoCad.

As áreas de drenagem nos locais de interesse aos estudos hidrológicos foram determinadas com base na delimitação dos divisores topográficos.

Na bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná não foram identificados, com base nas suas características geológicas, pontos de fuga de água que possam comprometer negativamente valores de vazão que serviram de base para a determinação das séries de descargas nos aproveitamentos.

O critério básico para a determinação das áreas de drenagem nos locais de interesse considerou que o escoamento superficial ocorre sempre perpendicularmente às curvas de nível, de um ponto de maior energia potencial para outro de menor, e em direção aos talwegues. Com isso, foram delimitadas as áreas que contribuem com escoamento superficial para os locais de interesse.

Com os divisores estabelecidos, as áreas foram determinadas automaticamente usando o *software* citado. Ressalta-se que todos os demais parâmetros apresentados em itens posteriores, relacionados às bacias hidrográficas, como perímetros, foram também fixados por este procedimento.

A bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná tem, até a sua foz, área de drenagem igual a 3.410 km², e perímetro de 485 km. Especificamente no local da usina, a bacia apresenta área de 1.480 km² e perímetro igual a 299 km.

6.1.3. Índice de Compacidade

O Índice de Compacidade é definido como a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. Relacionando-se este com a superfície da bacia hidrográfica obtém-se:

$$K_c = 0,28 \times \left(\frac{P}{A^{0,5}} \right)$$

onde P = perímetro da bacia, e A = área de drenagem.

O Índice de Compacidade é uma medida do grau de irregularidade da bacia, já que para uma bacia circular ideal ele é igual a 1. Desde que outros fatores não interfiram, quanto mais próximo da unidade for o índice de compacidade maior será a propensão à ocorrência de picos elevados de enchentes. Para a bacia da PCH SU-104 tem-se $K_c = 2,18$, o que reflete a sua forma alongada.

6.1.4. Fator de Forma

O Índice de Conformação ou Fator de Forma (K_f) é a relação entre a área de drenagem da bacia hidrográfica e o quadrado de seu comprimento axial, medido ao longo do curso d'água principal, desde a foz até a cabeceira (nascente) mais distante, próxima do divisor de águas (topográfico) da bacia, ou seja:

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

O Índice de Conformação relaciona a forma da bacia com um retângulo. Numa bacia estreita e longa, a possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo, ao mesmo tempo, toda sua extensão, é menor que em bacias largas e curtas. Desta forma, para bacias de mesmo tamanho, será menos sujeita às enchentes aquela que possuir menor fator de forma.

Para a bacia do rio Sauê-Uiná no local da PCH SU-104, $K_f = 0,07$, o que indica uma menor propensão às enchentes.

6.1.5. Declividade Média

A velocidade do escoamento em um rio depende da declividade dos canais fluviais. Quanto maior a declividade, maior será a velocidade de escoamento e mais pronunciados e estreitos serão os hidrogramas das enchentes. Declividade Média (S), em m/km, é dada pela seguinte expressão:

$$S = \frac{H}{L}$$

Onde, H é a diferença entre cotas do ponto mais afastado e a foz (desnível, em metros) e L o comprimento total do curso d'água principal, em (km).

No caso do trecho em estudo do rio Sauê-Uiná, a declividade média é igual a 1,83 m/km.

6.1.6. Densidade de Drenagem

A densidade de drenagem (D_d) é a relação entre o comprimento total dos cursos d'água de uma bacia e sua área total. Este índice fornece uma indicação da eficiência da drenagem, ou seja, da maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica. É obtida pela seguinte equação:

$$D_d = \frac{L_t}{A}$$

D_d maior ou igual a 3,5 km/km² - bacias bem drenadas

D_d da ordem de 0,5 km/km² - drenagem pobre

A bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná possui uma densidade de drenagem pobre, uma vez que $D_d = 0,14$ km/km².

6.1.7. Tempo de Concentração

O Tempo de Concentração (t_c) mede o tempo necessário para que toda a bacia contribua para o escoamento superficial numa seção considerada, ou seja, é o tempo em que a gota que se precipita no ponto mais distante da seção considerada, leva para atingir essa seção. Pela Fórmula de Kirpich, o tempo de concentração de uma bacia, em minutos, é dado pela seguinte equação:

$$t_c = 57 \left(\frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0,385}$$

Sendo:

t_c : tempo de concentração (min);

L : comprimento total da bacia, medido ao longo do talvegue principal até o divisor de águas (km);

ΔH : diferença de nível entre o ponto mais a montante da bacia e seu exutório na foz, em (m).

Para a bacia da PCH SU-104, o tempo de concentração pela fórmula de Kirpich é igual a 35 horas. Pelo valor calculado, pode-se considerar que a bacia do rio Sauê-Uiná, no ponto de interesse, possui hidrograma de cheia pouco acentuado, com pico sendo atingido mais lentamente.

6.1.8. Geologia

Conforme já constatado nos Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Juruena, a região na qual bacia do rio Sauê-Uiná insere-se está posicionada em terrenos predominantemente sedimentares, sendo formados por arenitos de alta porosidade e que constituem aquíferos de elevada capacidade de armazenamento, fazendo com que as descargas dos cursos d'água sejam pouco variáveis ao longo do ciclo anual.

Assim, a produção hídrica de superfície na região apresenta variabilidade espacial e sazonal fortemente associada ao regime das chuvas e às características dos solos e da vegetação presentes nas sub-bacias dos seus principais formadores. Na época das chuvas, a maior parcela da água que atinge a superfície do terreno se infiltra e sofre um movimento descendente, até atingir uma zona onde fica armazenada nos vazios, poros e fraturas, passando assim a integrar o lençol d'água subterrâneo e contribuindo para a elevação da superfície freática.

A característica fundamental dos arenitos, do ponto de vista hidrogeológico, é que eles constituem um aquífero em exudação permanente, em função de sua disposição fisiográfica. Nos períodos de estiagem, a superfície freática sofre um rebaixamento, quando então a água passa gradativamente à superfície, indo contribuir para a vazão de córregos e rios da região.

Este comportamento exerce um processo natural de regularização das vazões, reduzindo-se os picos na época de chuvas e aumentando-se as descargas do rio no período de estiagem. Em muitas das sub-bacias dessa área as vazões mínimas correspondem a cerca de 90% da média de longo período.

A Figura 6-2 mostra a geologia presente na bacia do rio Sauê-Uiná.

A seguir é apresentada a descrição das unidades geológicas predominantes encontradas na área de interesse.

- **Coberturas Detritos-Lateríticas Ferruginosas (NQdl):** laterita com concreções ferruginosas, níveis de cascalho e horizontes mosqueados;
- **Formação Utiariti (K2ut):** arenito fino a médio, de cores vermelha, amarela e branca, com estratificação cruzada de pequeno porte, localmente com seixos esparsos.

O rio em estudo corre paralelo ao rio Juruena e está inserido em uma região hidrogeológica bem homogênea.

O rio Sauê-Uiná drena áreas com predominância das litologias *K2ut* (na calha do rio) e *NQdl* (no restante da área drenada). A primeira litologia, Formação Utiariti do Grupo Parecis, representa um arenito conhecido por possuir alta capacidade de armazenamento de água, devido a sua elevada porosidade, o que resulta em um regime de vazões com alta capacidade de regularização natural, com elevada produção hídrica superficial, o que foi confirmado em medições de vazões realizadas na etapa de inventário, as quais indicaram vazões específicas da ordem de 28 l/s/km² no trecho a montante da foz do rio do Calor (Sauê-Uiná Montante – Régua 02). No trecho a jusante da foz do rio do Calor (Sauê-Uiná Jusante – Régua 01) foi verificada vazão específica da ordem de 23 l/s/km². Em ambos os trechos foi verificado um padrão de escoamento bem regularizado, cujo comportamento se assemelha às bacias do trecho alto.

É importante frisar que na porção mais ao norte da bacia do rio Arinos, onde se situa seu afluente Rio dos Peixes, e nas bacias dos contribuintes do baixo e do médio curso do rio Juruena, predominam os terrenos do embasamento cristalino, com baixa capacidade de retenção das águas precipitadas, dando origem a elevados escoamentos no período das chuvas e vazões de estiagem muito baixas.

operada pelo INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, sendo a estação mais próxima da bacia do rio Sauê-Uiná.

6.2.1. Aspectos Gerais da Climatologia

A disposição latitudinal e a localização geográfica da bacia do rio Sauê-Uiná lhe dão uma característica predominante de clima tropical de natureza continental de verão úmido e período de estiagem no inverno. Apresenta época sazonal seca e fria bem definida, que é equilibrada em suas necessidades hídricas, por meses chuvosos de uma época sazonal mais úmida e quente.

O grande afastamento em relação à borda ocidental do Oceano Atlântico reduz muito as influências marítimas na região Centro-Oeste.

A região Centro-Oeste como um todo, apresenta grande diversificação térmica, em função da disparidade entre suas vastas superfícies baixas, as extensas chapadas sedimentares e as elevadas superfícies cristalinas, somadas a uma grande extensão latitudinal.

Enquanto os fatores geográficos - relevo e altitude - levam à diversificação climática, o mecanismo atmosférico atua no sentido de criar uma uniformidade regional, determinando uma marcha estacional das chuvas, com máximas no verão e mínimas no inverno. Assim, através do setor oriental da região sopram, durante todo o ano, ventos geralmente de NE a E, oriundos do anticiclone subtropical semi-estacionário do Atlântico Sul.

Estes ventos são responsáveis pela manutenção do tempo estável, em virtude da movimentação vertical de subsidência superior, que é o movimento descendente de uma massa de ar na atmosfera, implicando geralmente a transferência de suas características para uma área mais ampla, trazendo como consequência a formação da inversão de temperatura na baixa atmosfera que ocorre durante os meses resultantes dos pequenos vórtices móveis dos núcleos de altas pressões destacadas no anticiclone subtropical.

A região Centro-Oeste como um todo apresenta grande diversificação térmica, em função da disparidade entre suas vastas superfícies baixas, das extensas chapadas sedimentares e das elevadas superfícies cristalinas, somadas a uma grande extensão latitudinal.

O aspecto meteorológico da bacia do rio Sauê-Uiná e da região que a envolve, pode, entretanto, ser considerado estável e homogêneo. Ele praticamente acompanha o próprio aspecto climatológico em suas características tropicais continentais, livre da ocorrência e dos efeitos de ventos ciclônicos, generalizados, intensos e persistentes.

Fenômenos meteorológicos de atividades generalizadas e de natureza migratória, que são originários de latitudes diferentes, cruzam e afetam diretamente a bacia do rio Sauê-Uiná, em escala sinótica. Eles são mostrados na Figura 6-3 e definidos a seguir:

- Sistemas de correntes perturbadas de Oeste, associado à formação das linhas de instabilidade tropicais (IT);
- Sistema de correntes perturbadas de Norte, formada pela presença da zona de convergência intertropical (CIT);
- Sistemas de correntes perturbadas do Sul, formadas pela presença do sistema anticiclônico e polar e da frente polar (FP).

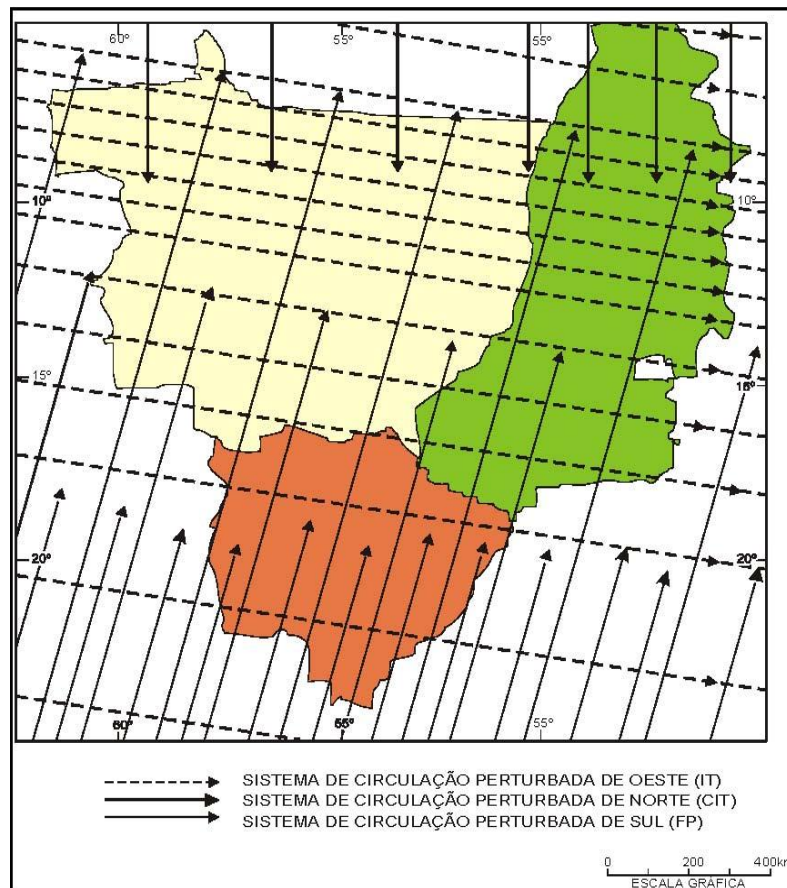


Figura 6-3: Sistema de circulação atmosférica na região Centro-Oeste

Entre o final da primavera e o início de outubro a região centro-oeste é constantemente invadida por ventos de W a NW trazidos por linhas de instabilidade tropicais (IT). Trata-se de alongadas depressões barométricas, induzidas em pequenas dorsais ou altas. Tais fenômenos, muito comuns no interior do Brasil, especialmente no verão, têm suas origens ligadas ao movimento ondulatório que se verifica na Frente Polar Atlântica (FPA) ao contato com o ar quente da zona tropical.

A partir dessas ondulações formam-se ao norte da FPA uma ou mais IT sobre o continente. Depois de formadas elas se propagam com extrema mobilidade e a medida que a FPA caminha para o equador as IT's se deslocam para leste, ou mais comumente para sudeste, anunciando, com nuvens e chuvas tropicais do tipo monção, e com antecedência de 24 horas, a chegada da FPA. Portanto o Sistema de Circulação Perturbada de Oeste, representado pela passagem das IT's, define não somente as situações de instabilidade do tempo no verão, mas também as características mais notáveis desta estação na região Centro-Oeste.

O sistema de correntes perturbadas de N acarreta, além das chuvas de verão, precipitações no inverno e outono, principalmente nessa última estação quando a CIT atinge sua penetração máxima no Hemisfério Sul. Na primavera, estando a CIT situada bem ao norte do Equador, sua influência é praticamente nula sobre a formação das chuvas na região.

O sistema de correntes perturbadas do Sul representado pela invasão do anticiclone polar possui comportamento bem distinto conforme seja verão ou inverno. Durante o verão, o aprofundamento e expansão do centro de baixa do interior do continente - Baixa do Chaco – não permitem que a FP vença a barreira imposta por ela, fazendo com que se dissipe ou recue, e só raramente conseguindo vencê-la. Deste

modo, no verão, as chuvas frontais ficam praticamente ausentes do centro e do norte da região Centro-Oeste.

No inverno, os anticiclones de origem polar, por serem mais poderosos, invadem com mais frequência a região, após se deslocarem sobre o Oceano Pacífico e transporem a Cordilheira dos Andes nas latitudes médias. Nessas situações a baixa do interior abandona a região do Chaco, deslocando – se para a Bolívia e Estado do Acre, e a FP pode atingir apenas o estado do Mato Grosso com orientação NO – SE. Com esta orientação ela avança para NE, provocando, com sua passagem chuvas frontais durante 1 a 3 dias, geralmente.

Após sua passagem, fica-se sob a ação direta do anticiclone polar, com céu limpo, pouca umidade específica e forte declínio de temperatura durante geralmente 2 dias. Finalmente retornam os ventos moderadamente quentes das massas de ar tropical.

A baixa do Chaco, embora não seja uma massa de ar caracteristicamente asseguradora de tempo bom, como são os centros anticiclônicos do Atlântico e do Pacífico, é, no entanto, um fator de resistência às invasões de sistemas frontogênicos causadores de tempo instável com chuva na região Centro-Oeste.

Deste modo, pode-se concluir que, apesar do setor setentrional da região Centro-Oeste ser atingido no verão, outono e inverno pelas chuvas acarretadas pelo sistema de corrente perturbada de norte (CIT), estas são pouco frequentes e não chegam a ter papel importante no regime térmico. Os sistemas de circulação que determinam as condições de tempo e de clima na região Centro-Oeste são as correntes perturbadas de W a NW das IT's e de S a SW da FPA, sucedida, geralmente, pelo anticiclone polar, com tempo bom, seco e temperaturas amenas a frias.

O clima reinante em toda a bacia é essencialmente homogêneo, porque persiste sempre com as mesmas características de temperatura, pressão e umidade, que variam pouco de um ano para outro ano. Essa homogeneidade climatológica impede, por outro lado, a incidência na bacia de fenômenos ciclônicos dinâmicos e intensos em escala sinótica

Fenômenos meteorológicos localizados, de curta duração a intensos, provocados pelo aquecimento e pela instabilidade da época quente e úmida, ocorrem também com bastante frequência.

Eles surgem generalizados na bacia e na região em torno. São as trovoadas convectivas e as orográfico convectivas, que concorrem de alguma forma para o maior índice pluviométrico da referida época quente, porque são responsáveis por índices elevados de precipitações pontuais.

Na bacia do rio Sauê-Uiná, as trovoadas são mais frequentes na época quente e úmida (novembro a março) e bem menos frequentes nos meses de transição e praticamente desaparecem na época fria e seca (junho a agosto). A frequência máxima diária ocorre nos dias de menor nebulosidade, logo após a dissipação de alguma frente fria ou então antecedendo a aproximação de uma linha de instabilidade.

O padrão circulatório em grande escala das massas de ar é o fator determinante para o estabelecimento, na região, da distribuição mais ou menos homogênea e regular das temperaturas, pressões e umidade, que predomina na bacia e na região em torno.

Esse padrão circulatório é caracterizado por ventos que variam de calmos a relativamente fracos. Não há condições geofísicas para a incidência de ventos generalizados, intensos a persistentes. Ventos de rajadas muito intensas, associados a trovoadas em geral, ocorrem, com relativa frequência, na época úmida a quente, mas são muito localizados e não são persistentes, atuando sobre áreas muito reduzidas.

A distribuição anual das temperaturas na bacia acompanha o deslocamento aparente do sol através das latitudes tropicais e equatoriais e também o da faixa do calor latente máximo de vaporização. As médias anuais de temperatura ocorrem, por isso, dentro de limites pouco significativos.

A época do ano considerada seca e fria na bacia predomina de maio até setembro. Ela é definida pela atividade de uma única massa de ar de natureza tropical continental, mais estável e menos aquecida devido às pressões sazonalmente mais elevadas, que predomina sobre todo o interior continental brasileiro.

A época do ano considerada úmida e mais quente tem o seu início meteorológico em outubro e se prolonga até março ou abril, dependendo do ano, com um ápice ocorrendo no período dezembro/janeiro. Ela é caracterizada pelo predomínio de uma única massa de ar de natureza equatorial continental, que tem como região de origem a vasta faixa equatorial amazônica. Essa massa de ar expande continuamente para o sul, impulsionada pela ocorrência do inverno do hemisfério norte. Essa expansão para o sul é facilitada, não só pelas pressões baixas e temperaturas normalmente elevadas do verão do hemisfério sul, como também pela descida da Zona de Convergência Intertropical (CIT). Esta é empurrada pelo inverno do hemisfério norte, e associada a uma convergência circulatória, que se processa no interior continental brasileiro, entre a circulação anticiclônica do Anticiclone Subtropical Semipermanente do Atlântico Sul e a circulação ciclônica da Baixa Termal do Chaco, intensificada sazonalmente no verão.

Na região predominam temperaturas elevadas na primavera e no verão. O inverno, embora sujeito a máximas diárias elevadas, é uma estação mais caracterizada por temperaturas amenas e frias, pelo efeito da latitude, altitude e maior participação de massa polar.

Os meses de abril e maio constituem os meses de transição na bacia para a época seca e fria. O mês de abril é mais chuvoso porque representa o fim meteorológico da época chuvosa. É nele que o sol começa a atingir a vertical das latitudes equatoriais do hemisfério norte, após ter cruzado o equador terrestre. O mês de maio é normalmente mais seco, porque representa o início meteorológico da época seca e fria.

Os meses de setembro e outubro fazem a transição para a época chuvosa. Outubro é mais chuvoso porque precede o início da época chuvosa, com o sol posicionado na vertical das latitudes equatoriais do hemisfério sul.

A distribuição anual das temperaturas na bacia acompanha o deslocamento aparente do sol através das latitudes tropicais e equatoriais e também o da faixa do calor latente máximo de vaporização. As médias anuais de temperatura ocorrem, por isso, dentro de limites pouco significativos.

A distribuição mais ou menos homogênea e regular das temperaturas, pressões e umidade, determina o padrão circulatório, predominante na bacia e na região em torno.

Esse padrão circulatório é caracterizado por ventos de calmos a relativamente fracos. Não há condições geofísicas para a incidência de ventos generalizados, intensos e persistentes. Ventos de rajadas muito intensas, associados a trovoadas em geral, ocorrem com relativa frequência na época úmida e quente, mas são muito localizados e não são persistentes, atuando sobre áreas muito reduzidas.

As características regionais descritas permitem classificar a região como pertencente ao clima tipo Aw, tropical chuvoso, caracterizado por apresentar inverno seco bem definido.

Nos climas do grupo "A", a temperatura do ar apresenta variações muito baixas, no tempo e no espaço. A amplitude anual é pequena, não se notando a existência de inverno, uma vez que a temperatura do mês mais frio é superior a 18°C e a oscilação anual de temperatura, de modo geral, é sempre inferior a 5°C. Trata-se de um clima quente, sem verão ou inverno sazonal.

No subtipo climático "w" (clima de monção), as precipitações são excessivas durante alguns meses, o que é compensado com um ou dois meses com precipitação mais amenas, o que permite a manutenção de florestas densas. O regime pluviométrico anual define uma estação relativamente seca e outra com maior intensidade de chuvas.

Em função dos valores totais anuais de precipitação, o clima tipo Aw é classificado de acordo com os totais anuais de chuva, onde são consideradas as seguintes subdivisões:

- Clima Tipo Aw1: precipitação média anual superior a 3.000 mm;
- Clima Tipo Aw2: precipitação média anual varia entre 2.500 mm e 3.000 mm;
- Clima Tipo Aw3: precipitação média anual varia entre 2.000 mm a 2.500 mm;
- Clima Tipo Aw4: precipitação média anual varia de 1500 mm a 2.000 mm.

Nestas condições, a bacia do rio Sauê-Uiná pode ser caracterizada como do subtipo climático Aw4.

6.2.2. Características Climatológicas Locais

Para subsidiar os estudos climatológicos, que consistiram da análise dos fenômenos responsáveis pela definição e comportamento dos diversos parâmetros climáticos, considerou-se a estação Diamantino (código INMET 83309), que se situa no estado do Mato Grosso, na área de interesse dos estudos, na latitude 14° 24' Sul, longitude 56° 27' Oeste, e altitude 287,00 m.

Os seus dados, a nível médio mensal, abrangendo o período de 1961 a 1990, constam das “Normais Climatológicas (1961-1990)”, publicadas em 1992 pelo INMET.

Os valores médios mensais registrados nessa estação constam na Tabela 6-2.

Tabela 6-2: Características climatológicas – Estação Diamantino

Mês	Temperatura (°C)					Evaporação (mm)	Umidade Relativa (%)	Inso-lação (horas)	Nebulosidade (0-10)	Pressão Atmosférica (hPa)
	Média	Máxima		Mínima						
		Média	Absoluta	Média	Absoluta					
Jan	24,0	32,3	37,8	20,4	18,8	64,3	80,3	147,3	7,0	976,6
Fev	27,0	31,6	38,0	21,2	17,8	59,7	83,0	142,2	8,0	978,2
Mar	24,3	31,4	36,4	20,4	14,4	64,7	79,9	164,1	7,5	979,2
Abr	27,7	33,6	36,8	20,4	11,6	73,4	80,1	187,6	6,6	979,4
Mai	24,4	31,5	36,7	19,1	6,2	89,9	77,5	217,0	5,8	981,0
Jun	25,4	32,1	37,5	15,1	4,4	120,7	70,1	223,9	4,3	992,5
Jul	24,5	32,8	36,3	16,4	4,0	146,7	67,8	263,5	3,2	982,7
Ago	24,7	34,9	41,0	19,1	1,2	180,5	60,7	218,6	3,5	981,1
Set	25,3	32,5	39,9	19,5	6,3	140,1	64,5	267,3	5,1	980,0
Out	24,5	32,2	40,0	20,8	14,2	111,8	69,0	189,6	6,6	977,7
Nov	25,0	32,9	38,9	21,8	14,2	91,2	74,2	152,6	7,3	977,9
Dez	25,5	32,9	38,7	19,9	7,6	70,8	72,2	137,2	7,6	977,6
Anual	25,2	32,5	41,0	19,5	1,2	1213,8	73,2	2310,9	6,0	976,1

O total pluviométrico anual fica em torno de 2.000 mm, conforme será demonstrado em item específico deste trabalho.

O índice evaporimétrico na região acompanha as variações da insolação. Os dados disponíveis permitem verificar que o referido índice é muito mais elevado no período de agosto até setembro e bem mais baixo na época chuvosa. A distribuição da umidade do ar na região acompanha a faixa do calor latente máximo de vaporização, sendo mais representativa na época quente e sem representatividade na época seca.

A umidade do ar na região começa a adquirir características significativas, a partir de novembro de cada ano, quando a umidade equatorial começa a chegar, dando início às chuvas sazonais. A nebulosidade vai aumentando pouco a pouco até formar uma cobertura máxima entre dezembro e fevereiro. Essa cobertura reduz proporcionalmente a radiação solar, que atinge o seu mínimo entre dezembro e janeiro.

O número médio anual de horas de insolação fica em torno de 2.300 horas, sendo que os meses de junho a setembro apresentam os maiores valores mensais, em decorrência da menor nebulosidade.

A distribuição das pressões na bacia mostra também uma grande homogeneidade nas massas de ar predominantes.

O ano hidrológico inicia em outubro de um ano e vai até setembro do ano seguinte.

6.3. Dados Básicos

A seguir são apresentados os dados básicos utilizados neste estudo, incluindo a análise e consistência.

6.3.1. Dados Pluviométricos

Os totais de chuva observados nos postos pluviométricos foram utilizados para a definição da chuva média na bacia do rio Sauê-Uiná.

A Tabela 6-3 apresenta os postos selecionados para realização dos estudos.

Tabela 6-3: Postos pluviométricos de interesse do rio Sauê-Uiná

Código	Nome	Município	Localização		Altitude (m)	Entidade	Período de Dados
			Latitude	Longitude			
01257000	Brasnorte	Brasnorte	12°06'59" S	58°00'01" W	321	ANA	09/84 – 01/19
01258001	Fazenda Floresta	Brasnorte	12°52'03" S	58°04'13" W	478	ANA	10/00 – 01/19
01358001	Bacaval	Campo Novo do Parecis	13°38'29" S	58°17'21" W	547	ANA	04/83 – 12/18
01358002	Fazenda Tucunaré	Sapezal	13°28'00" S	58°58'30" W	547	ANA	04/83 – 02/19
01358005	Speráfico	Sapezal	13°54'36" S	58°53'53" W	661	ANA	10/99 – 02/19

Dispõe-se de um período considerável de dados pluviométricos nos postos selecionados, que são suficientes para a caracterização da chuva média na bacia em estudo. Em função disso, não foram adotadas metodologias para a extensão e preenchimentos das séries.

As tabelas seguintes apresentam os totais pluviométricos (mm) observados em cada estação.

Tabela 6-4: Posto pluviométrico Brasnorte (01257000) – Totais pluviométricos (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1984									13,5	248,5	169,2	369,5	
1985	469,5	270,4	211,8	149,3	8,0	0,0	0,0	3,9	22,3	194,3	163,6	130,4	1.623,5
1986	440,2	246,6	251,6	107,4	88,2	0,0	0,0	47,4	95,9	137,2	299,1	317,3	2.030,9
1987	310,5	317,4	284,3	118,9	71,5	0,0	0,0	2,0	18,3	73,0	302,5	275,0	1.773,4
1988	367,5	400,8	194,6	189,8	76,5	0,0	0,0	0,0	33,4	88,8	246,8	393,4	1.991,6
1989	489,0	339,0	317,4	177,6	19,4	0,0	3,6	16,4	8,6	214,0	164,0	210,0	1.959,0
1990	282,4	165,2	237,0	129,4	19,4	0,0	0,0	27,0	132,0	173,8	158,2	355,0	1.679,4

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1991	377,4	297,4	665,7	166,6	125,0	0,0	0,0	0,0	69,0	134,0	190,0	188,0	2.213,1
1992	410,0	375,0	241,0	75,1	6,0	0,0	0,0	25,4	105,8	103,3	200,3	299,0	1.840,9
1993	161,0	346,0	172,0	127,0	3,5	5,6	7,4	6,1	39,0	185,5	236,5	355,6	1.645,2
1994	299,9	246,8	378,2	133,7	17,9	33,7	19,8	0,0	61,1	129,6	126,3	434,1	1.881,1
1995	342,7	678,3	250,2	315,7	68,7	0,0	0,0	0,0	26,0	144,4	317,2	317,0	2.460,2
1996	306,0	282,0	298,5	189,5	37,1	25,3	0,0	33,0	73,3	86,9	445,4	294,9	2.071,9
1997	534,0	291,1	373,0	202,6	16,0	34,2	0,0	0,0	22,6	107,2	132,0	196,7	1.909,4
1998	143,3	388,3	322,3	72,5	53,3	0,0	0,0	10,5	28,2	288,6	304,0	299,6	1.910,6
1999	269,9	213,9	292,2	126,2	36,9	0,0	1,1	0,0	68,5	53,5	305,3	387,8	1.755,3
2000	195,9	302,7	233,7	142,9	0,0	0,0	0,0	0,0	59,4	66,8	296,1	219,2	1.516,7
2001	203,3	169,3	213,9	105,7	75,7	4,2	0,0	0,0	61,8	140,5	207,7	327,6	1.509,7
2002	346,4	263,1	141,5	62,1	21,4	0,0	17,3	0,0	125,2	187,4	102,9	114,1	1.381,4
2003	194,6	169,4	493,4	167,2	38,0	0,0	0,0	2,5	23,7	307,6	131,0	182,2	1.709,6
2004	338,9	344,6	226,7	145,9	43,4	0,0	0,0	0,0	36,9	82,8	112,8	259,3	1.591,3
2005	368,5	242,9	266,6	77,5	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	147,5	217,9	344,1	1.667,0
2006	243,0	245,1	277,5	127,0	34,1	0,0	0,0	4,3	80,0	252,6	107,7	307,8	1.679,1
2007	418,3	345,8	251,7	122,3	44,6	0,0	5,0		46,7	163,2	196,7	417,8	
2008	441,8		233,6	116,8	17,3	0,0	0,0	0,0	30,8	154,2	271,2	467,0	
2009	373,9	229,4		97,0	79,7	10,5	0,0	18,8	53,5	139,7	188,7	242,3	
2010	493,4	306,8	353,1	88,0	10,2	0,0	22,5	0,0	0,7	105,9	253,4	391,3	2.025,3
2011	1056,5	1030,1	232,8	136,7	1,4	0,0	0,0	5,1	17,6	64,9	148,8	339,0	3.032,9
2012	378,5	200,4	317,3	69,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	66,8	130,3	212,2	1.375,4
2013	367,5	390,6	298,0	168,6	2,9	6,5	2,0		36,1	158,1	137,2	411,2	
2014	374,3	356,5	262,5	89,1	13,8	0,0	0,0	0,0	55,6	124,3	150,5	351,5	1.778,1
2015	209,4	274,9	194,9	150,5	139,8	8,6	3,2	13,0	0,0				
2016		272,5	267,6	40,0	10,3	3,4	0,0	9,7	56,3	149,5	129,4	354,9	
2017	211,3	437,9	200,9	121,5	58,0	0,0	0,0	0,0	10,4	84,6	213,4	264,9	1.602,9
2018	249,9	349,0	394,3	154,3	31,7	3,2	0,0	5,4	93,3	150,5	385,1	349,3	2.166,0
2019	244,3												
Média	350,4	326,9	283,3	131,3	37,3	4,0	2,4	7,2	45,9	144,4	210,0	305,3	1.849,3

Tabela 6-5: Posto pluviométrico Fazenda Floresta (01258001) – Totais pluviométricos (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2000										100,8	184,5	239,4	
2001	394,0	137,9	173,2	86,1	61,2	0,0	0,0	0,0	54,6	136,3	170,0	202,5	1.415,8
2002	275,3	417,3	131,2	37,1	30,8	0,0	1,5	0,0	82,9	205,4	88,3	334,3	1.604,1
2003	311,9	206,2	207,0	148,2	127,6	0,0	0,0	2,5	57,1	171,3	263,7	111,8	1.607,3
2004	391,2	334,6	320,3	180,3	0,0	0,0	0,0	17,3	25,7	147,8	254,5	295,8	1.967,5
2005	699,7	396,2	396,2	107,4	19,1	0,0	0,0	0,0	38,3	196,8	124,8	437,8	2.416,3

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2006	468,3	303,2	511,6	239,0	73,1	0,0	0,0	0,0	83,7	239,5	168,3	541,2	2.627,9
2007	453,0	275,6	321,7	152,2	56,2	0,0	0,0	4,0	51,9	165,4	194,3	304,7	1.979,0
2008		138,4	169,7	274,1	0,0	0,0	0,0	5,5		166,5	228,1		
2009	423,5	459,3	459,3	102,8	73,0	0,0	0,0	11,3	70,5	122,6	223,5	578,3	2.524,1
2010	456,9	285,9	340,6	43,6	21,8	10,0	0,0	0,0	12,9	134,7	134,1	158,3	1.598,8
2011	285,7	353,5	163,4	177,7	0,0	4,2	0,0	24,4	60,0	150,5	277,3	189,6	1.686,3
2012	271,1	415,5	145,5	96,6	57,4	3,9	0,0	0,0	29,8	98,7	291,0	318,3	1.727,8
2013	338,4	408,8	282,1	295,1	10,4	21,3	2,8	0,5	24,0	141,5	363,6	445,1	2.333,6
2014	283,9	307,0	485,8	95,2	128,5	14,5	0,0	8,7	96,8	111,2	233,3	267,4	2.032,3
2015	180,7	310,6	269,7	136,7	67,5	27,4	0,0	40,7	24,9				
2016		323,8	196,8	4,5	34,1	18,9	0,0	125,6	41,1	144,1	208,1	495,1	
2017	445,7	435,8	368,2	105,9	63,1	0,0	0,0	11,0	38,5	132,5	212,7	301,6	2.115,0
2018	221,3	362,4	273,8	411,1	0,0	3,5	0,0	0,0	57,4	180,5	388,3	312,1	2.210,4
2019	258,7												
Média	362,3	326,2	289,8	149,6	45,8	5,8	0,2	14,0	50,0	152,6	222,7	325,5	1.989,7

Tabela 6-6: Posto pluviométrico Bacaval (01358001) – Totais pluviométricos (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1983				132,5	40,7	12,4	0,0	0,0	27,5	332,9	254,6	320,7	
1984	388,4	248,3	268,3	172,4	86,1	0,0	0,0	67,4	89,6	393,5	240,7	255,5	2.210,2
1985	395,5	249,6	240,9	115,8	11,6	3,1	12,0	23,0	84,7	282,5	129,2	174,2	1.722,1
1986	340,5	112,3	267,6	83,9	78,0	1,4	0,0	32,6	72,2	149,4	106,5	232,6	1.477,0
1987	478,8	138,0	261,8	133,3	9,4	44,3	0,0	0,0	12,8	93,7	281,9	367,9	1.821,9
1988	297,0	449,8	465,1	332,8	3,0	0,0	0,0	0,0	36,8	122,8	124,3	324,3	2.155,9
1989	430,0	335,7	294,9	281,2	0,0	54,0	33,0	180,4	18,0	111,6	125,7	390,6	2.255,1
1990	291,5	206,3	221,0	91,0	70,0	0,0	0,0	21,0	214,9	168,5	128,0	150,1	1.562,3
1991	335,0												
1992	270,3	308,5	174,3	236,0	0,4	1,3	15,2	49,0	189,7	103,5	227,1	352,0	1.927,3
1993	245,0	424,0	225,0	135,0	23,4	76,0	0,0	12,3	30,3	147,8	222,0	367,2	1.908,0
1994	449,8	284,6	291,3	115,9	46,9	19,1	23,4	58,0	34,0	185,0	125,2	297,5	1.930,7
1995	374,2	252,5	242,1	125,3	100,6	0,0	0,0	67,1	34,9	162,6	190,7	349,7	1.899,7
1996	374,0	266,0	490,8	170,0	39,1	0,0	0,0	65,3	64,6	155,5	423,1	249,7	2.298,1
1997	420,3	193,1	456,6	271,0	62,1	44,3	0,0	0,0	56,9	125,8	195,4	337,7	2.163,2
1998	291,3	259,5	346,5	154,5	25,7	0,0	0,0	45,4	55,3	289,8	195,3	251,4	1.914,7
1999	227,2	225,8	256,8	73,6	51,3	13,9	0,0	0,0	67,9	97,9	171,5	324,8	1.510,7
2000	328,0	272,3	376,9	108,3	0,0	0,0	0,0	17,0	127,8	83,8	162,6	141,8	1.618,5
2001	281,9	197,5	234,5	122,5	52,7	0,0	6,3	18,5	87,3	123,6	267,8	263,5	1.656,1
2002	289,4	421,3	184,5	146,5	14,8	0,0	91,6	13,3	15,6	124,5	93,9	225,4	1.620,8
2003	361,8	261,1	249,6	235,3	29,8	0,0	0,0	21,8	56,0	82,5	142,4	249,9	1.690,2

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2004	259,9	288,9	180,7	82,2	33,0	0,0	31,6	0,0	53,5	79,8	282,4	263,6	1.555,6
2005	294,9	187,0	221,6	86,9	22,2	0,0	0,0	14,2	138,4	136,6	204,6	223,2	1.529,6
2006	261,2	291,0	304,8	334,8	36,2	0,0	0,0	24,2	39,5	205,3	76,6	175,1	1.748,7
2007	177,3	255,6	216,6	71,3	1,6	1,7	10,8	0,0	4,7	186,7	261,5	309,8	1.497,6
2008	467,2	277,6	232,4	192,7	6,5	0,0	0,0	0,0	19,7	154,0	235,2	225,2	1.810,5
2009	234,2	313,9	424,3	104,3	0,0	13,6	0,0	46,8	50,5	29,8	221,3	349,4	1.788,1
2010	381,2	242,1	278,6	54,9	17,6	0,7	0,0	0,1	2,1	165,7	153,4	238,6	1.535,0
2011	253,1	270,9	408,6	166,6	6,8	19,5	0,0	15,0	21,2	80,2	177,2	220,8	1.639,9
2012	319,3	225,3	190,5	113,3	44,2	47,5	0,0	0,0	75,9	48,5	263,8	181,2	1.509,5
2013	483,2	436,0	244,8	61,6	20,6	17,9	21,6	0,4	52,6	111,8	289,8	173,1	1.913,4
2014	287,8	337,0	235,9	62,4	153,8	42,7	2,3	0,0	47,2	65,6	254,6	287,4	1.776,7
2015	91,7	306,8	176,5	344,6	78,4	7,3	0,0	29,1	45,8	109,7	178,3	152,8	1.521,0
2016	350,3	207,0	347,1	140,9	87,7	1,0	0,0	62,9	86,0	115,6	323,8	399,0	2.121,3
2017	381,5	513,9	235,6	144,6	77,4	5,4	0,0	0,0	17,0	124,5	302,5	208,2	2.010,6
2018	372,5	535,4	373,1	160,2	29,2	0,0	0,0	9,6	36,6	229,7	234,3	140,8	2.121,4
Média	328,1	288,1	282,9	153,1	38,9	12,2	7,1	25,6	59,1	148,0	207,6	262,1	1.806,5

Tabela 6-7: Posto pluviométrico Fazenda Tucunará (01358002) – Totais pluviométricos (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1983				93,6	15,4	3,0	0,0	0,0	22,8	177,4	269,7	321,5	
1984	147,5	205,5	166,9	206,0	46,1	0,0	0,8	116,4	93,3	311,9	172,0	179,1	1.645,5
1985	347,4	188,1	242,3	82,1	42,4	8,1	8,5	7,0	90,0	270,0	291,0	187,0	1.763,9
1986	655,7	285,9	248,0	217,8	128,2	11,0	2,0	83,0	174,6	108,6	74,9	340,0	2.329,7
1987													
1988										127,1	183,6	288,1	
1989	282,9	362,7	526,1	430,4	0,0	112,9	26,6	100,9	33,6	218,8	82,7	396,7	2.574,3
1990	485,1	170,4	61,4	71,9	49,0	0,0	8,8	18,1	157,2	160,0	253,5	324,2	1.759,6
1991	416,6	340,5	347,6	120,9	81,2	0,0	0,0	0,0	35,4	244,5	149,8	277,8	2.014,3
1992	381,7	318,5	295,7	273,9	49,3	0,0	14,8	54,6	128,6	173,0	260,6	543,3	2.494,0
1993	215,6	237,6	222,0	305,7	70,2	13,7	3,5	16,1	91,3	174,3	101,5	463,0	1.914,5
1994	323,9	231,0	272,8	179,0	57,8	79,3	29,7	0,0	62,8	179,6	71,6	315,2	1.802,7
1995	413,9	502,6	280,1	220,0	158,6	4,2	0,0	16,6	31,9	79,6	238,6	292,6	2.238,7
1996	190,5	216,2	481,5	99,1	93,3	0,0	0,0	64,5	49,1	57,1	308,6	249,3	1.809,2
1997	327,2	191,6	585,3	105,3	101,9	15,0	0,0	0,0	75,0	211,0	138,2	224,3	1.974,8
1998	357,0	229,1	339,2	80,2	24,0	0,0	0,0	72,5	45,1	171,3	270,1	324,2	1.912,7
1999	387,1	182,3	213,0	83,5	4,4	29,1	2,2	0,0	77,7	73,4	238,2	343,6	1.634,5
2000	164,1	282,2	399,9	194,5	0,0	12,0	3,5	11,9	94,8	147,5	257,6	183,8	1.751,8
2001	350,4	335,5	201,1	142,5	67,0	16,6	34,6	0,0	133,8	167,0	288,7	215,7	1.952,9
2002	170,0	630,4	372,9	56,1	61,9	0,0	2,4	17,4	86,8	64,7	126,8	198,1	1.787,5

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2003	426,8	144,0	195,7	161,8	69,6	0,0	0,6	32,3	72,9	118,3	218,5	370,8	1.811,3
2004	656,3	470,0	241,9	199,1	24,3	0,0	24,9	13,6	61,1	183,6	280,8	348,8	2.504,4
2005	656,6	272,5	299,1	76,3	32,7	12,8	0,0	0,0	157,7	209,0	348,8	443,4	2.508,9
2006	387,3	504,7	265,3	449,3	90,7	18,5	0,0	29,2	58,1	246,3	273,6	474,6	2.797,6
2007	600,1	700,4	413,9	186,7	0,0	16,7	7,8	11,7	114,3	281,6	312,0	313,7	2.958,9
2008	671,8	578,1	546,1	226,3	93,4	0,0	0,0	54,1	107,3	314,7	286,9	404,5	3.283,2
2009	446,7	495,6	826,8	456,2	100,7	16,3	36,3	69,4	210,6	266,8	258,6	553,0	3.737,0
2010	470,7	666,9	145,4	297,5	46,6	0,0	0,0	0,0	51,0	221,0	464,0	294,4	2.657,5
2011	534,3	575,4	545,4	244,8	0,0	26,3	0,0	19,6	37,5	237,4	279,1	375,8	2.875,6
2012	428,5	414,0	271,5	288,7	119,7	21,6	0,0	21,0	91,9	80,2	299,9	220,5	2.257,5
2013	263,3	336,9	262,7	238,3	251,6	36,7	0,0	49,4	105,4	84,9	53,5	126,2	1.808,9
2014	200,3	312,3	757,8	116,2	537,2	38,3	0,0	0,0	100,6	70,5	38,6	134,2	2.306,0
2015	200,1	303,4	241,8	272,1	224,8	38,1	0,0	21,6	52,6	123,0	157,6	224,5	1.859,6
2016	357,7	206,3	293,8	158,5	136,4	27,5	0,0	48,0	98,9		74,9	177,0	
2017	365,7	594,0	95,9	130,8	90,7	63,3	0,0	32,9	0,0	104,5	178,2	323,7	1.979,7
2018	433,5	402,5	169,8	222,5	50,9	75,6	31,6		60,1	78,4	310,2	338,2	
2019	200,4	560,0											
Média	379,9	366,1	328,1	199,8	88,0	21,0	7,2	30,7	86,1	168,5	216,0	307,9	2.216,3

Tabela 6-8: Posto pluviométrico Speráfico (01358005) – Totais pluviométricos (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1999										103,3	273,1	356,4	
2000	205,3	245,2	402,7	89,3	0,0	0,0	28,8	12,8	112,9	164,0	147,5	128,9	1.537,4
2001	338,1	250,4	159,0	81,4	20,7	0,2	85,7	18,2	30,5	147,9	264,3	231,2	1.627,6
2002	97,7	370,5	158,5	82,3	23,8	0,0	20,7	27,2	34,0	56,1	98,3	474,5	1.443,6
2003	542,3	181,7	344,2	229,8	52,0	1,9	0,0	25,4	46,3	191,7	204,0	286,3	2.105,6
2004	333,9	412,1	64,7	111,3	143,9	13,7	0,0	45,5	92,0	114,0	151,5	252,0	1.734,6
2005	434,6	240,3	281,7	200,1	22,8	5,9	0,0	0,0	86,6	151,7	170,4	254,8	1.848,9
2006	205,8	324,5	255,4	223,4	52,9	0,0	0,0	0,0	89,4	191,3	99,1	205,0	1.646,8
2007	534,6	196,8	257,0	148,2	1,5	0,0	10,4	0,0	28,0	110,6	331,6	313,4	1.932,1
2008	379,4	270,2	435,6	130,6	31,8	4,0	9,8	0,0	37,2	58,7	71,8	160,0	1.589,1
2009	400,1	328,3	297,4	157,4	90,0	2,1	86,5	51,5	127,8	111,9	360,4	339,8	2.353,2
2010	479,1	715,4	464,0	68,0	15,4	0,0	0,0	0,0	20,4	198,1	208,7	168,1	2.337,2
2011	595,4	270,0	447,9	157,8	32,5	4,5	0,0	22,1	18,2	47,6	194,9	293,0	2.083,9
2012	444,9	399,8	384,7	121,5	53,9	36,1	0,0	0,0	40,5	78,4	266,2	244,9	2.070,9
2013	681,8	712,7	283,8	98,9	0,4	18,2	0,0	0,0	155,5	240,3	97,2	272,7	2.561,5
2014	296,6	416,7	456,3	142,8		0,0	23,0	3,5	19,8	112,2	191,5	495,4	
2015	241,6	288,1	166,9	338,2	140,2	28,7	0,0	31,4	55,0	93,6	205,4	215,6	1.804,7
2016		427,9	223,0	62,3	27,8	7,9	3,5	40,9	137,5		132,6	557,5	

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2017		440,3	323,3	147,1	22,4	0,0	0,0	63,1	1,5	151,6	180,3	327,5	
2018	328,6	477,3	355,2	179,5	49,5	8,5	0,0	11,5	121,1	280,4	359,1	280,3	2.451,0
2019	337,1	288,8											
Média	382,1	362,9	303,2	145,8	43,4	6,9	14,1	18,6	66,0	137,0	200,4	292,9	1.945,5

A Tabela 6-9 e a Figura 6-4 apresentam os totais mensais médios observados nas estações.

Tabela 6-9: Postos pluviométricos – Precipitações médias mensais

Código	Nome	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
01257000	Brasnorte	350,4	326,9	283,3	131,3	37,3	4,0	2,4	7,2	45,9	144,4	210,0	305,3	1.849
01258001	Fazenda Floresta	362,3	326,2	289,8	149,6	45,8	5,8	0,2	14,0	50,0	152,6	222,7	325,5	1.944
01358001	Bacaval	328,1	288,1	282,9	153,1	38,9	12,2	7,1	25,6	59,1	148,0	207,6	262,1	1.813
01358005	Speráfico	398,8	362,4	311,3	149,3	44,6	7,3	13,8	18,1	67,8	141,5	205,8	283,3	2.004
01358002	Fazenda Tucunaré	386,3	358,1	326,7	204,3	88,8	21,7	7,4	31,1	86,1	171,7	218,7	311,2	2.212

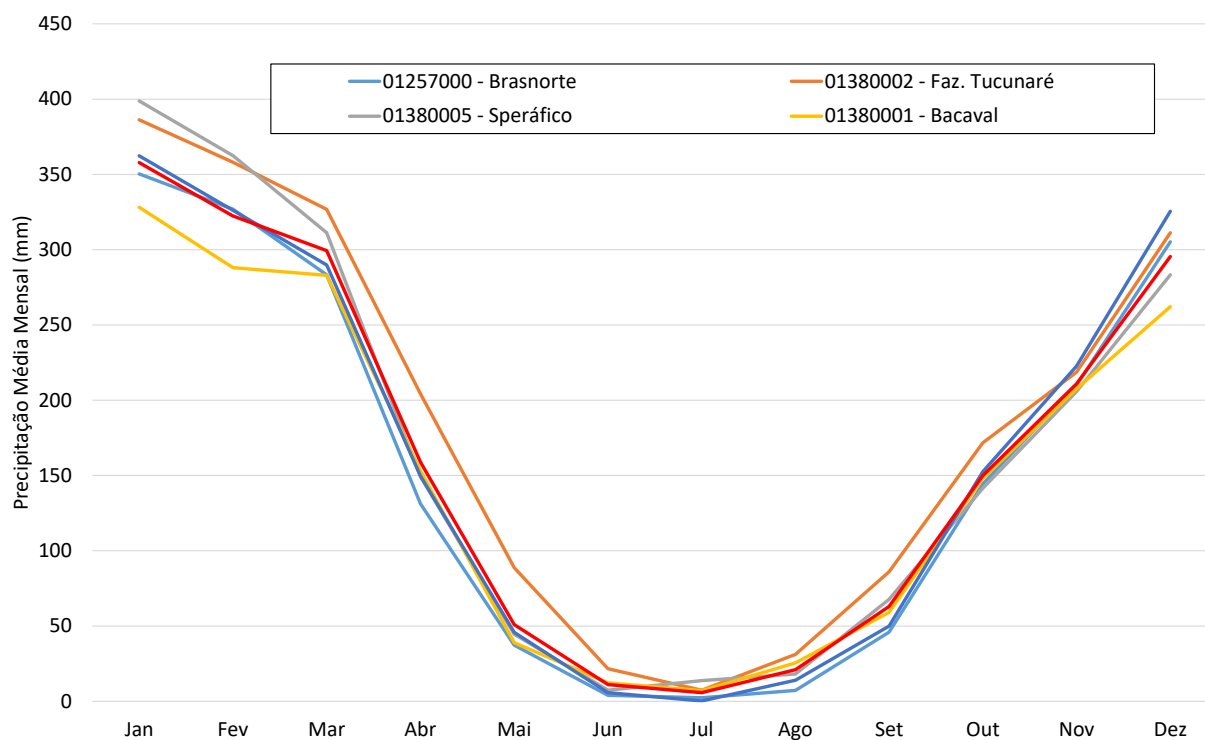


Figura 6-4: Precipitações médias mensais observadas nas estações pluviométricas selecionadas

Os valores observados no posto 01380002 – Fazenda Tucunaré são levemente superiores aos observados nas demais estações. No entanto, pode-se observar um comportamento característico na região, com volumes baixos de chuva entre as meses de maio e setembro. A precipitação média total anual é de 1.964 mm.

Tendo em vista a pequena variabilidade pluviométrica identificada nos postos pluviométricos nas bacias estudadas, utilizou-se como critério, para definição da chuva média na bacia, a média aritmética simples dos postos pluviométricos. Conforme apresentado, as séries pluviométricas apresentam diferentes períodos de disponibilidade de observações, com falhas pontuais. Apesar disso, há pelo menos em um dos postos dados disponíveis para cada mês do período de janeiro de 1984 a dezembro de 2018, possibilitando assim o cálculo de uma série ininterrupta de totais mensais, conforme apresentado na Tabela 6-10.

Tabela 6-10: Chuva média na bacia do Rio Sauê-Uiná – Totais pluviométricos (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1984	335,1	241,4	215,7	175,9	46,7	0,0	0,3	62,6	68,4	299,9	192,1	188,3	1.826,4
1985	394,4	228,1	244,9	101,8	47,4	3,7	6,8	25,8	90,2	229,9	239,8	226,2	1.839,0
1986	435,6	238,5	266,6	140,2	92,6	4,1	0,7	39,2	88,4	110,3	161,3	282,5	1.860,0
1987	423,1	269,4	228,2	161,6	42,9	22,1	0,0	0,0	23,1	91,3	264,3	380,6	1.906,7
1988	393,0	394,4	391,3	255,2	11,2	0,0	1,8	8,2	22,7	154,6	157,3	274,1	2.063,8
1989	331,8	287,9	352,7	280,3	6,5	55,6	19,9	102,8	61,2	168,1	122,2	380,8	2.169,6
1990	384,7	224,7	316,0	109,8	81,3	0,0	2,9	13,0	147,0	154,2	190,5	220,8	1.845,0
1991	387,2	357,8	294,3	98,0	43,6	0,0	0,0	12,7	70,6	173,9	175,1	288,4	1.901,5
1992	271,0	324,3	214,0	212,3	17,7	2,3	12,5	36,6	119,1	154,0	241,4	417,0	2.022,2
1993	253,5	302,8	275,1	191,5	37,2	41,1	7,8	9,5	60,9	150,6	149,9	421,4	1.901,2
1994	372,1	398,0	271,4	203,5	57,8	32,8	17,7	19,3	40,9	169,7	171,3	309,9	2.064,5
1995	364,7	345,7	273,6	178,3	98,8	9,8	0,0	38,9	46,7	109,7	291,6	312,4	2.070,1
1996	366,2	257,8	448,4	157,2	49,5	11,4	0,0	43,3	45,4	106,6	287,9	231,9	2.005,6
1997	296,9	257,7	454,7	149,6	72,4	19,8	0,0	3,5	53,4	208,5	212,5	287,2	2.016,2
1998	306,1	234,2	326,0	120,3	28,9	0,0	0,4	39,3	56,3	171,5	256,9	321,1	1.860,9
1999	270,1	236,9	234,5	100,0	18,6	14,3	0,7	0,0	68,3	85,4	244,7	311,0	1.584,5
2000	223,3	275,6	353,3	133,8	0,0	3,0	8,1	10,4	98,7	112,6	209,7	182,6	1.611,1
2001	313,5	218,1	196,3	107,6	55,5	4,2	25,3	7,3	73,6	143,1	239,7	248,1	1.632,4
2002	235,8	420,5	197,7	76,8	30,5	0,0	26,7	11,6	68,9	127,6	102,0	269,3	1.567,5
2003	367,5	192,5	298,0	188,5	63,4	0,4	0,1	16,9	51,2	174,3	191,9	240,2	1.784,8
2004	396,0	370,0	206,9	143,8	48,9	2,7	11,3	15,3	53,8	121,6	216,4	283,9	1.870,7
2005	490,9	267,8	293,0	109,6	19,4	3,7	0,0	2,8	84,6	168,3	213,3	340,7	1.994,1
2006	313,1	333,7	322,9	274,7	57,4	3,7	0,0	11,5	70,1	227,0	145,1	340,7	2.100,0
2007	436,7	354,8	292,2	136,1	20,8	3,7	6,8	3,9	49,1	181,5	259,2	331,9	2.076,7
2008	490,0	316,1	323,5	188,1	29,8	0,8	2,0	11,9	48,8	169,6	218,6	314,2	2.113,4
2009	375,7	365,3	501,9	183,5	68,7	8,5	24,6	39,6	102,6	134,2	250,5	412,6	2.467,6
2010	456,3	443,4	316,3	110,4	22,3	2,1	4,5	0,0	17,4	165,1	242,7	250,1	2.030,8
2011	545,0	500,0	359,6	176,7	8,1	10,9	0,0	17,2	30,9	116,1	215,5	283,6	2.263,7
2012	368,5	331,0	261,9	138,0	55,0	21,8	0,0	4,2	47,6	74,5	250,2	235,4	1.788,2
2013	426,8	457,0	274,3	172,5	57,2	20,1	5,3	12,6	74,7	147,3	188,3	285,7	2.121,7
2014	288,6	345,9	439,7	101,1	208,3	19,1	5,1	2,4	64,0	96,8	173,7	307,2	2.051,8
2015	184,7	296,8	210,0	248,4	130,1	22,0	0,6	27,2	35,7	108,8	180,4	197,6	1.642,3
2016	354,0	287,5	265,7	81,2	59,3	11,7	0,7	57,4	84,0	136,4	173,8	396,7	1.908,3

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2017	351,1	484,4	244,8	130,0	62,3	13,7	0,0	21,4	13,5	119,5	217,4	285,2	1.943,3
2018	321,2	425,3	313,2	225,5	32,3	18,2	6,3	6,6	73,7	183,9	335,4	284,1	2.225,7
Média	357,8	322,4	299,4	158,9	50,9	11,1	5,7	21,0	63,0	149,9	210,9	295,5	1.946,6

6.3.2. Dados Fluviométricos

O levantamento dos postos fluviométricos foi realizado no banco de dados da Agência Nacional de Águas – ANA, no portal Hidroweb.

Selecionou-se postos fluviométricos instalados na região, uma vez que o rio Sauê-Uiná não possui postos em sua calha principal. Tais postos possuem séries razoavelmente longas e com qualidade suficiente para caracterizar o regime fluvial na região, com dados disponíveis a partir do ano de 1973.

Tabela 6-11: Postos fluviométricos – Rio Sauê-Uiná

Código	Nome	Rio	Município	Área de Drenagem (km ²)	Localização		Entidade	Período de Dados
17091000	Fazenda Tucunaré	Rio Juruena	Sapezal	4.360	13°27'39"	59°00'28"	ANA	04/83 – 08/20
17092800	Aldeia Sacre II	Rio Sacre	Campo Novo Do Parecis	6.770	13°01'35"	58°11'07"	ANA	11/04 - 04/20
17093000	Fontanilhas	Rio Juruena	Juína	55.900	11°21'30"	58°20'34"	ANA	02/78 – 04/20
17120000	Porto dos Gaúchos	Rio Arinos	Porto Dos Gaúchos	37.100	11°32'12"	57°25'25"	ANA	10/73 – 04/20

Os postos fluviométricos 17092900 - Utiariti, 17092950 - Fazenda Satélite, 17097000 - Gleba Agrosan, 17098000 - Fazenda Vale do Tucuna, 17100000 - Fazenda Tauá, 17124000 - Núcleo Ariel e 17125000 - Porto da Balsa não foram utilizados nesse estudo por estarem desativadas, além de também possuírem histórico disponível curto e com falhas.

Cabe ressaltar que o posto fluviométrico 17091000 - Fazenda Tucunaré, localizado no rio Juruena, foi utilizado como base para geração das séries de vazões na usina, tendo em conta sua proximidade e semelhança hidrogeológica com o rio Sauê-Uiná, conforme será demonstrado neste estudo. Cabe informar que as vazões deste posto foram geradas somente a partir de 01/1993, tendo em conta a inexistência de medições de vazões anteriores a este período para subsidiar a curva-chave.

Os demais postos constantes na tabela foram utilizados para análise do comportamento hidrológico da região a partir de regionalização vazões médias de longo termo, bem como preenchimento e extensão do posto base.

As áreas de drenagem utilizadas são as constantes na base de dados da ANA, que realizou recente revisão em toda sua rede hidrométrica. Para o local da PCH SU-104 obteve-se o valor de 1.480 km² no presente estudo.

6.3.2.1. Análise e Consistência de Cotas e Curvas-Chaves

No presente estudo todos os postos fluviométricos utilizados (postos base e postos usados na regionalização de vazões) tiveram seus dados consistidos.

Cotas Médias Diárias: As séries de cotas médias diárias dos postos fluviométricos passaram por uma análise visual, com a finalidade de determinar leituras absurdas, variações bruscas dos seus valores e erros de “metro inteiro”. Foram efetuadas correções dos valores incoerentes e as falhas em curtos períodos preenchidas, quando necessário, respeitando a tendência do comportamento do fluviograma, resultando em séries finais consistidas e de maior confiabilidade. Os longos períodos contínuos em que há falhas de observações não tiveram seus dados preenchidos nesta fase inicial de consistência dos dados. O número de medições, bem como o intervalo de cotas em que elas ocorreram, são perfeitamente adequados para o estabelecimento das curvas-chaves dos postos fluviométricos.

Resumos de Medições: Foram realizadas consistências dos resumos de medições a partir de análise gráfica do comportamento das grandezas vazão-cota, área-cota, largura-cota, velocidade-cota e profundidade-cota, conjuntamente com os perfis transversais dos respectivos postos, de forma a se identificar padrões temporais e ocorrência de eventos, como modificação de níveis de referência, queda da régua, etc.

Curvas- Chaves: As curvas-chaves de cada posto fluviométrico foram obtidas a partir da plotagem dos resumos de medições respectivos, buscando-se o melhor ajuste possível no tramo inferior e superior (extrapolado) das curvas. Observou-se pequenos índices de extrapolações para as curvas-chaves, com valores máximos de 2 vezes (cotas extrapoladas em relação às cotas medidas).

Ressalta-se que os dados resultantes da análise e consistência realizadas neste estudo aproximaram-se bastante aos constantes na base de dados da ANA (Hidroweb).

Da Figura 6-5 à Figura 6-8 são apresentadas as curvas-chaves obtidas.

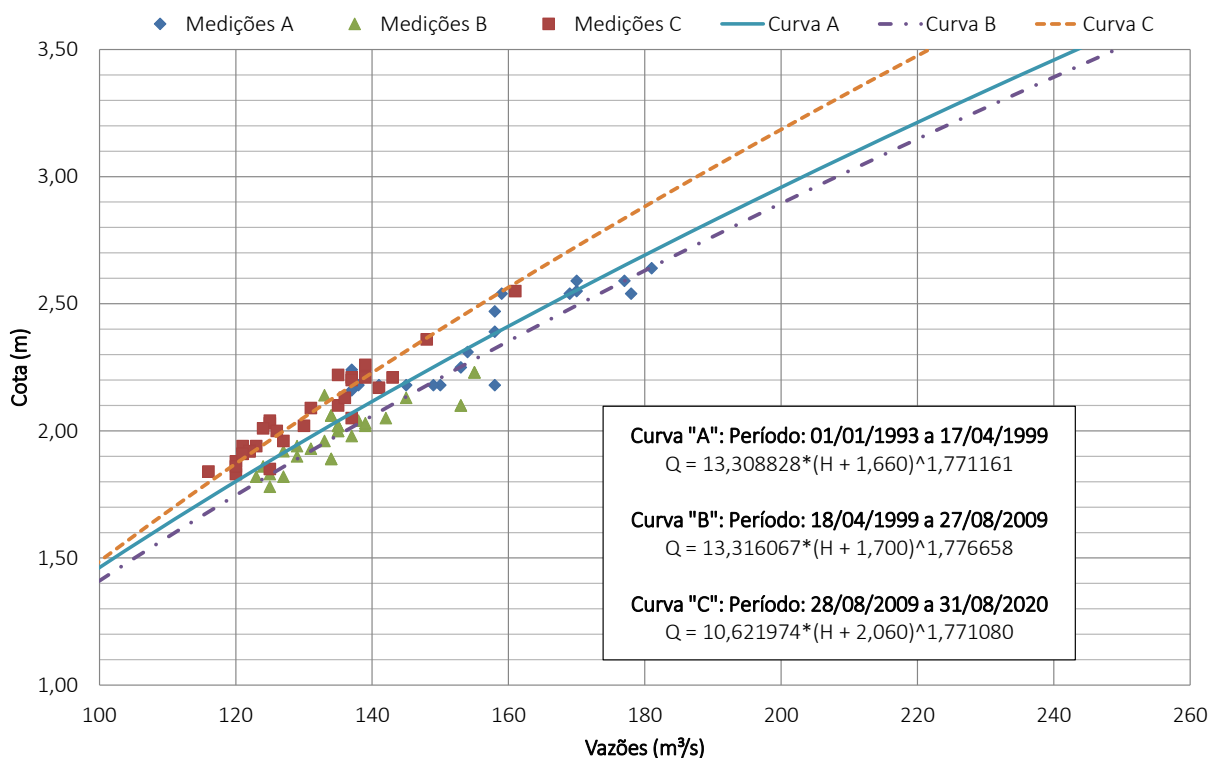


Figura 6-5: Curva-chave – Fazenda Tucunaré (17091000)

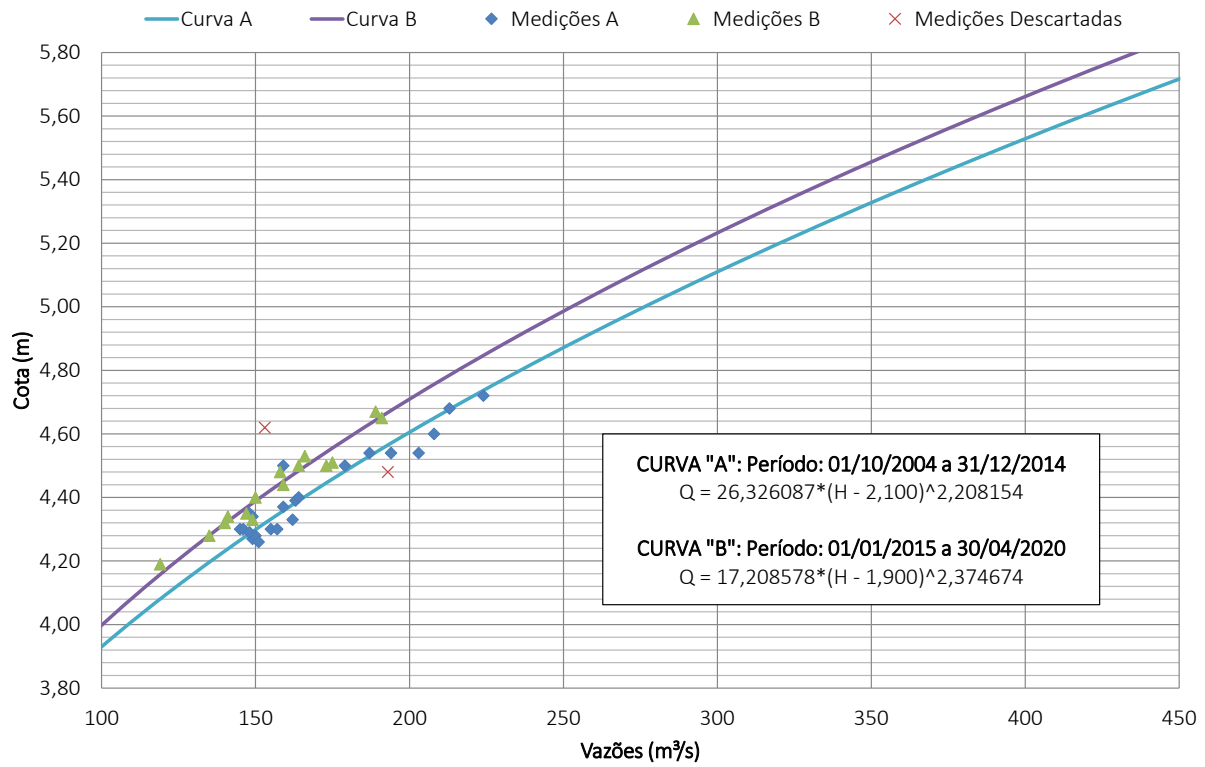


Figura 6-6: Curva-chave - Aldeia Sacre II (17092800)

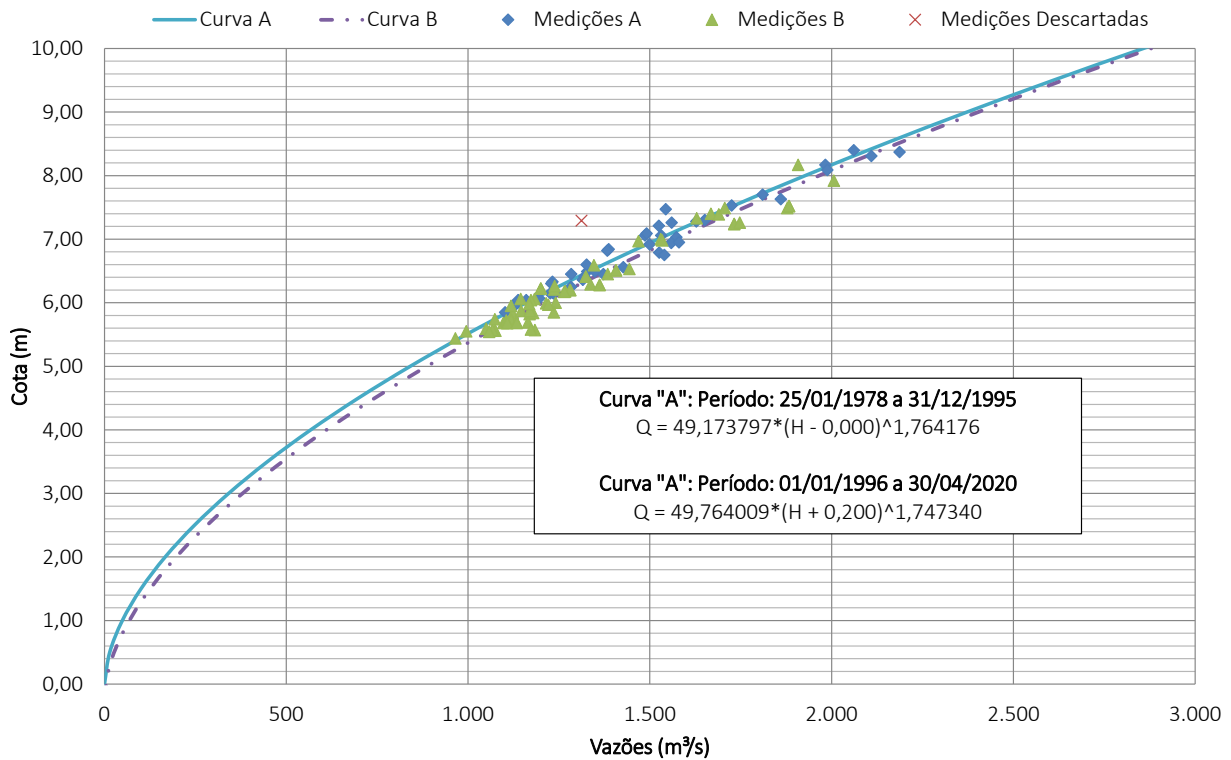


Figura 6-7: Curva-chave - Fontanilhas (17093000)

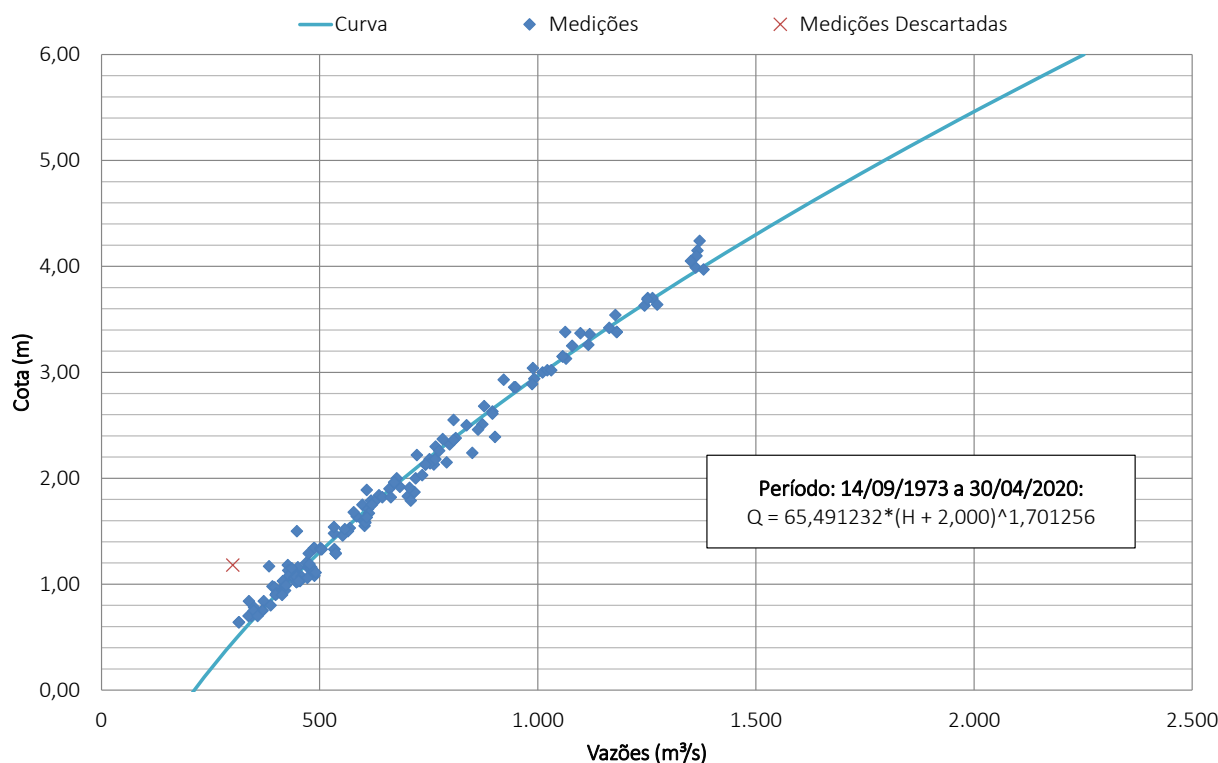


Figura 6-8: Curva-chave - Porto dos Gaúchos (17120000)

6.3.2.2. Séries Observadas nos Postos Fluviométricos

A partir das séries de cotas observadas nas estações e as respectivas curvas-chave, pode-se calcular as séries de vazões observadas nos postos fluviométricos selecionados, conforme apresentado nas tabelas seguintes.

Tabela 6-12: Série de vazões observadas – Fazenda Tucunaré (17091000)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1993	168,0	178,0	186,0	181,0	164,0	155,0	145,0	134,0	130,0	132,0	132,0	142,0	154,0
1994	166,0	183,0	185,0	186,0	155,0	143,0	136,0	128,0	122,0	124,0	126,0	142,0	150,0
1995	176,0	190,0	198,0	193,0	174,0	160,0	154,0	150,0	147,0	151,0	157,0	175,0	169,0
1996	167,0	164,0	177,0	170,0	160,0	152,0	147,0	147,0	143,0	146,0	158,0	152,0	157,0
1997	153,0	166,0	178,0	177,0	169,0	159,0	149,0	146,0	146,0	145,0	145,0	148,0	157,0
1998	151,0	165,0	174,0	168,0	154,0	149,0	143,0	141,0	138,0	144,0	152,0	151,0	153,0
1999	152,0	151,0	157,0	152,0	149,0	142,0	139,0	136,0	137,0	137,0	142,0	147,0	145,0
2000	143,0	150,0	168,0	161,0	149,0	142,0	138,0	136,0	135,0	137,0	143,0	141,0	145,0
2001	149,0	149,0	158,0	152,0	143,0	140,0	136,0	135,0	134,0	136,0	141,0	146,0	143,0
2002	144,0	156,0	153,0	147,0	141,0	135,0	132,0	130,0	130,0	129,0	131,0	136,0	139,0
2003	144,0	149,0	149,0	158,0	142,0	144,0	134,0	130,0	130,0	133,0	136,0	136,0	140,0
2004	143,0	149,0	148,0	143,0	139,0	133,0	130,0	126,0	126,0	129,0	132,0	131,0	136,0
2005	145,0	141,0	147,0	142,0	135,0	132,0	128,0	125,0	131,0	128,0	130,0	135,0	135,0

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
2006	143,0	146,0	148,0	153,0	140,0	135,0	132,0	128,0	128,0	137,0	132,0	143,0	139,0
2007	152,0	156,0	155,0	148,0	139,0	134,0	131,0	128,0	127,0	132,0	136,0	137,0	140,0
2008	139,0	147,0	148,0	148,0	139,0	134,0	130,0	127,0	126,0	129,0	133,0	140,0	137,0
2009	139,0	143,0	155,0	144,0	138,0	131,0	127,0	126,0	121,0	122,0	125,0	125,0	133,0
2010	131,0	146,0	136,0	126,0	122,0	125,0	123,0	121,0	121,0	123,0	123,0	130,0	127,0
2011	144,0	142,0	145,0	146,0	132,0	127,0	124,0	122,0	119,0	122,0	125,0	126,0	131,0
2012	133,0	139,0	144,0	136,0	127,0	127,0	125,0	118,0	121,0	127,0	123,0	130,0	129,0
2013	140,0	147,0	141,0	136,0	129,0	127,0	123,0	121,0	119,0	121,0	123,0	125,0	129,0
2014	129,0	143,0	158,0	156,0	163,0	147,0	132,0	127,0	127,0	128,0	134,0	135,0	140,0
2015	139,0	140,0	141,0	144,0	143,0	136,0	131,0	131,0	128,0	127,0	132,0	128,0	135,0
2016	134,0	144,0	146,0	146,0	135,0	128,0	122,0	121,0	123,0	121,0	122,0	133,0	131,0
2017	131,0	141,0	142,0	139,0	133,0	127,0	126,0	122,0	116,0	116,0	126,0	132,0	129,0
2018	138,0	144,0	146,0	149,0	142,0	133,0	129,0	127,0	126,0	131,0	136,0	142,0	137,0
2019	138,0	136,0	155,0	150,0	148,0	137,0	132,0	131,0	129,0	135,0	138,0	139,0	139,0
2020	139,0	154,0				129	126	122					
Média	145,4	152,1	157,0	153,7	144,6	138,0	133,0	129,9	128,9	131,2	134,6	138,8	140,7

Tabela 6-13: Série de vazões observadas – Aldeia Sacre II (17092800)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
2004											197,0	201,0	
2005	223,0	217,0	227,0	202,0	203,0	191,0	189,0	180,0	235,0	242,0	248,0	280,0	220,0
2006	297,0	327,0	336,0	362,0	319,0	318,0	318,0	251,0	186,0	178,0	170,0	195,0	271,0
2007	211,0	243,0	212,0	188,0	173,0	163,0	158,0	151,0	138,0	153,0	165,0	175,0	177,0
2008	201,0	226,0	219,0	193,0	172,0	161,0	151,0	146,0	145,0	151,0	159,0	170,0	174,0
2009	165,0	180,0	191,0	188,0	168,0	158,0	151,0	145,0	150,0	157,0	166,0	172,0	166,0
2010	205,0	200,0	188,0	183,0	163,0	155,0	149,0	145,0	145,0	149,0	160,0	160,0	167,0
2011	184,0	186,0	203,0	204,0	173,0	163,0	150,0	154,0	157,0	151,0	157,0	184,0	172,0
2012	199,0	195,0	193,0	189,0	179,0	173,0	151,0	143,0	141,0	144,0	160,0	156,0	169,0
2013	177,0	204,0	211,0	176,0	170,0	159,0	150,0	145,0	147,0	162,0	176,0	173,0	171,0
2014	184,0	210,0	242,0	213,0	186,0	167,0	161,0	158,0	154,0	160,0	164,0	187,0	182,0
2015	157,0	163,0	175,0	175,0	169,0	153,0	147,0	138,0	136,0	146,0	146,0	142,0	154,0
2016	158,0	155,0	173,0	150,0	142,0	132,0	125,0	126,0	132,0	138,0	143,0	172,0	146,0
2017	164,0	192,0	219,0	198,0	171,0	163,0	152,0	141,0	139,0	143,0	152,0	155,0	166,0
2018	169,0	198,0	190,0	197,0	172,0	162,0	153,0	140,0	139,0	149,0	180,0	184,0	169,0
2019	181,0	201,0	203,0	192,0	174,0	161,0	154,0	147,0	148,0	152,0	153,0	156,0	168,0
2020	160,0	167,0	165,0	166,0									
Média	189,7	204,0	209,2	198,5	182,3	171,9	163,9	154,0	152,8	158,3	168,5	178,9	178,1

Tabela 6-14: Série de vazões observadas – Fontanilhas (17093000)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1978		1.597	1.882	1.768	1.574	1.424	1.290	1.189	1.176	1.279	1.331	1.616	1.466
1979	1.857	1.989	2.144	2.024	1.696	1.534	1.405	1.319	1.356	1.293	1.444	1.448	1.626
1980	1.684	1.889	2.052	1.940	1.619	1.377		1.291	1.253	1.219	1.346	1.613	1.571
1981	1.777	1.855	1.921	1.912	1.547	1.364	1.271	1.206	1.161	1.278	1.512	1.550	1.530
1982	1.866	1.990	2.124	1.799	1.312	1.144	1.038	1.049	1.329	1.382	1.418	1.480	1.494
1983	1.700	1.761	1.863	1.749	1.562	1.442	1.298	1.227	1.186	1.271	1.358	1.705	1.510
1984	1.630	1.652	1.766	1.751	1.608	1.386	1.274	1.225	1.223	1.252	1.370	1.464	1.467
1985	1.672	1.653	1.778	1.749	1.552	1.358	1.284	1.229	1.225	1.291	1.392	1.422	1.467
1986	1.817	1.910	1.873	1.794	1.604	1.427	1.305	1.265	1.256	1.272	1.298	1.447	1.522
1987	1.516	1.684	1.686	1.555	1.414	1.272	1.189	1.119	1.102	1.132	1.353	1.511	1.378
1988	1.706	1.831	1.988	1.927	1.635	1.480	1.349	1.262	1.225	1.231	1.364	1.547	1.545
1989	1.764	2.060	2.085	1.914	1.768	1.521	1.432	1.361	1.286	1.311	1.336		1.622
1990	1.650	1.838	1.819	1.717	1.474	1.323	1.239	1.187					1.531
1991										1.264	1.357	1.426	1.349
1992	1.591	1.719	1.718	1.733	1.471	1.313	1.229	1.179	1.274	1.265	1.332	1.542	1.447
1993	1.535	1.794	1.741	1.694	1.490	1.354	1.270	1.167	1.154	1.156	1.174	1.284	1.401
1994	1.622	1.757	1.789	1.750	1.472	1.389	1.325	1.247	1.200	1.222	1.229	1.420	1.452
1995	1.712	1.878	1.858	1.847	1.620	1.403	1.301	1.229	1.177	1.234	1.338	1.764	1.530
1996	1.840	1.781	1.944	1.785	1.557	1.411	1.322	1.275	1.233	1.291	1.447	1.469	1.530
1997	1.653	1.770	1.952	1.990	1.714	1.532	1.367	1.282	1.240	1.270	1.322	1.383	1.540
1998	1.457	1.702	1.822	1.589	1.396	1.293	1.200	1.178	1.127	1.221	1.410	1.521	1.410
1999	1.589	1.494	1.697	1.464	1.359	1.219	1.180	1.096	1.110	1.103	1.302	1.443	1.338
2000	1.577	1.656	1.765	1.582	1.348	1.224	1.167	1.120	1.105	1.131	1.333	1.404	1.368
2001	1.578	1.599	1.774	1.562	1.387	1.265	1.175	1.097	1.103	1.165	1.281	1.567	1.379
2002	1.607	1.679	1.623	1.484	1.293	1.184	1.126	1.088	1.082	1.072	1.130	1.264	1.303
2003	1.464	1.593	1.573	1.789	1.417	1.276	1.165	1.104	1.098	1.141	1.228	1.261	1.342
2004	1.548	1.944	1.719	1.593	1.406	1.272	1.193	1.115	1.097	1.119	1.216	1.314	1.378
2005	1.515	1.581	1.797	1.557	1.333	1.208	1.129	1.068	1.066	1.117	1.160	1.474	1.334
2006	1.693	1.820	1.902	1.887	1.541	1.388	1.267	1.179	1.178	1.312	1.297	1.536	1.500
2007	1.648	1.933	1.693	1.518	1.347	1.234	1.165	1.099	1.073	1.143	1.260	1.480	1.376
2008	1.562	1.797	1.748	1.614	1.434	1.280	1.182	1.112	1.093	1.142	1.247	1.364	1.381
2009	1.397	1.575	1.596	1.610	1.364	1.230	1.148	1.087	1.083	1.114	1.232	1.378	1.318
2010	1.658	1.789	1.782	1.664	1.355	1.250	1.165	1.097	1.066	1.105	1.214	1.260	1.367
2011	1.509	1.676	1.816	1.794	1.407	1.266	1.175	1.104	1.070	1.148	1.231	1.416	1.384
2012	1.579	1.785	1.708	1.563	1.418	1.277	1.167	1.080	1.049	1.093	1.203	1.335	1.355
2013	1.526	1.893	1.752	1.699	1.435	1.314	1.214	1.115	1.107	1.211	1.341	1.456	1.422
2014	1.601	1.723	1.979	1.818	1.597	1.407	1.287	1.193	1.172	1.158	1.308	1.598	1.487
2015	1.430	1.632	1.814	1.748	1.661	1.404	1.274	1.173	1.122	1.142	1.198	1.190	1.399

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
2016	1.420	1.494	1.570	1.402	1.223	1.137	1.051	1.007	1.035	1.051	1.159	1.432	1.248
2017	1.543	1.789	1.774	1.659	1.454	1.307	1.180	1.121	1.061	1.122	1.271	1.396	1.390
2018	1.510	1.715	1.735	1.904	1.513	1.350	1.229	1.158	1.143	1.237	1.392	1.529	1.451
2019	1.655	1.820	1.888	1.804	1.551	1.355	1.252	1.172	1.130	1.239	1.300	1.440	1.467
2020	1.554	1.628	1.851	1.575									
Média	1.615	1.755	1.818	1.721	1.486	1.332	1.232	1.168	1.156	1.200	1.303	1.452	1.438

Tabela 6-15: Série de vazões observadas – Porto dos Gaúchos (17120000)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1973										594	945	1.160	900
1974	1.226	1.381	1.487	1.424	1.233	941	557	415	393	479	535	698	897
1975	912	1.169	1.011	1.067	781	489	460	404	371	389	527	765	695
1976	759	887	1.009	833	740	549	439	392	379	485	520	653	637
1977	916	1.106	940	891	774	667	503	434	449	549	708	891	736
1978	1.327	1.118	1.404	1.024	993			509	490			881	968
1979	1.319			1.591	1.335	992	630	575	542	577	663	705	893
1980	1.161	1.623	1.759	1.267	860	701	601	509	508	543	609	948	924
1981	1.364	1.351	1.398	1.291	864	694	567	497	453	529	802	814	885
1982	1.179	1.331		1.176	822	662	552	494	548	566	592	675	782
1983	948	1.098			626	555	446	410	395	511	696	827	651
1984	752	730	891	955	736	574	444	404	433	460	561	504	620
1985	975	1.072	1.183	1.052	792	563	484	423	427	503	574	634	724
1986	895	1.198	1.202	985	994	645	426	433	470	524	481	613	739
1987	786	845	872	844	626	476	409	375	354	357	534	865	612
1988	1.123	1.115	1.307	1.112	782	610	490	433	406	438	561	809	766
1989	514	599	1.117	1.123	926	651	573	499	425	491	596	950	705
1990	1.252	1.207	1.404	975	725	562	502	437	491	512	604	705	781
1991	1.051	1.266	1.364	1.442	966	632	539	466	490	560	694	771	853
1992	942	1.276	1.424	1.149	785	619	513	428	342	454	677	943	796
1993	1.001	1.099	1.094	932	639	504	458	401	369	465	599	727	691
1994	768	692	1.159	1.014	657	501	416	363	344	350	396	661	610
1995	1.241	1.480	1.454	1.175	891	619	525	460	428	496	561	850	848
1996	989	972	1.143	952	689	556	478	447	424	453	628	702	703
1997	1.144	1.296	1.136	1.102	781	631	502	443	422	426	512	658	754
1998	646	914	1.119	762	527	447	393	377	352	389	566	635	594
1999	1.109	946	1.074	694	564	442	405	354	361	360	531	726	631
2000	821	1.153	1.154	854	591	476	426	382	380	397	528	698	655
2001	755	773	911	723	539	458	400	349	343	433	533	836	588
2002	1.003	1.114	1.178	943	620	491	433	391	389	398	472	629	672

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
2003	1.030	1.031	1.226	1.337	784	579	483	419	425	473	568	699	755
2004	1.000	1.733	1.293	926	719	582	520	439	421	473	593	665	780
2005	960	1.035	1.181	880	640	508	444	392	390	430	472	765	675
2006	1.062	1.062	1.081	1.227	740	587	487	415	408	636	620	837	764
2007	947	1.465	1.034	847	673	538	439	403	378	445	600	799	714
2008	955	1.370	1.391	1.151	780	612	498	425	405	456	663	843	796
2009	868	989	1.037	1.027	696	573	467	410	422	446	557	812	692
2010	1.109	1.294	1.134	1.088	664	549	461	405	377	427	544	589	720
2011	995	1.064	1.195	1.164	682	547	467	410	372	476	574	748	725
2012	1.011	1.092	1.109	880	688	582	465	396	377	423	505	599	677
2013	809	1.196	1.126	1.095	692	573	476	407	393	476	696	958	741
2014	1.121	1.326	1.685	1.216	827	654	537	455	458	451	587	926	854
2015	763		1.064	964	833		490	419	390	404	458	487	627
2016	815	929	1.125	816	571	476	402	366	392	419	537	819	639
2017	927	1.300	1.287	1.100	799	602	481	424	371	417	551	846	759
2018	883	1.334	1.212	1.307	865	656	529	459	448	521	691	956	822
2019	984	1.199	1.272	1.188	870	638	528	455	414	556	592	716	784
2020	740	976	1.083	872									
Média	976	1.138	1.198	1.053	769	590	483	426	414	470	587	766	741

6.3.2.3. Levantamentos Hidrométricos Realizados pelo Empreendedor

No âmbito do desenvolvimento do projeto básico da PCH SU-104 (A.D.= 1.480 km²), foram realizadas no período de 30/03/2019 a 16/04/2021 medições de vazões, leituras horárias de régua (*datalogger*) e medições sedimentométricas. A estação está instalada em local próximo e é denominada Estação PCH Sauê-Uiná (1.700 km²).

No local de instalação das régua foram materializados os marcos topográficos georeferenciados próximos à margem, porém fora da influência das cheias, destinados ao nivelamento dos lances de régua e à amarração a RN's oficiais, o que permitiu a determinação da cota do "zero" da régua limnimétrica.

A Tabela 6-16 apresenta os dados deste local.

Tabela 6-16: Local das medições realizadas – Posto Sauê-Uiná

Local	Coordenadas		A. D. (km ²)	"Zero" da Régua (m)*	Tipo de Medição
	Coord. Norte	Coord. Este	(km ²)	(m)	(-)
Estação Sauê-Uiná	12° 43' 19,05" S	58° 37' 22,80" W	1.700	-	Leitura de cotas e medição de vazões

* Corresponde ao zero da régua para efeito de nivelamento topográfico. Não coincide com o "zero" da régua, obtido no ajuste da curva-chave.

A Tabela 6-17 apresenta o resumo das medições realizadas na Estação Sauê-Uiná.

Tabela 6-17: Medições de vazões realizadas – Estação Sauê-Uiná

Medição	Data	Início (hora)	Fim (hora)	Cota (cm)	Vazão (m³/s)	Área	Largura (m)	Prof.	Veloc.
						(m²)		(m)	(m³/s)
1	29/03/2019	15:20	16:15	200	45,56	41,03	27,30	1,50	1,110
2	18/04/2019	11:15	11:58	194	45,93	38,85	27,20	1,43	1,182
3	05/05/2019	16:10	17:01	192	47,83	37,91	26,40	1,44	1,262
4	19/06/2019	10:39	11:18	170	42,14	33,08	26,50	1,25	1,274
5	12/07/2019	11:02	11:50	165	39,84	32,36	26,30	1,23	1,231
6	11/08/2019	14:00	14:40	162	40,43	30,98	26,10	1,19	1,305
7	21/09/2019	10:08	10:55	159	40,59	30,55	26,10	1,17	1,329
8	24/10/2019	10:30	11:22	165	36,23	29,47	27,00	1,09	1,230
9	25/11/2019	17:12	17:49	159	38,59	31,55	26,30	1,20	1,223
10	22/12/2019	12:41	13:32	165	42,46	35,12	27,10	1,30	1,209
11	24/01/2020	13:48	14:41	161	36,27	32,36	26,40	1,23	1,121
12	11/02/2020	16:49	16:56	183	46,10	36,10	27,00	1,34	1,280
13	13/03/2020	15:47	16:35	195	42,16	40,02	27,70	1,44	1,053
14	16/04/2020	09:48	10:30	181	42,35	37,71	27,30	1,38	1,123
15	10/05/2020	13:16	14:00	171	38,89	33,50	27,30	1,23	1,161
16	12/06/2020	16:47	17:20	163	39,84	31,38	26,90	1,17	1,270
17	21/07/2020	15:30	16:00	152	34,25	27,62	26,40	1,05	1,240
18	23/08/2020	10:07	10:40	150	36,81	28,66	26,10	1,10	1,284
19	01/10/2020	09:55	10:30	145	36,20	29,93	26,90	1,11	1,210
20	15/10/2020	14:15	14:50	155	37,21	29,06	26,90	1,08	1,280
21	12/11/2020	17:17	17:56	152	34,69	31,33	26,80	1,17	1,107
22	05/12/2020	10:20	10:58	150	35,73	28,79	26,80	1,07	1,241
23	25/01/2021	11:38	12:20	154	39,03	30,00	27,00	1,11	1,301
24	19/02/2021	17:30	18:20	168	40,83	34,27	27,50	1,25	1,191
25	10/03/2021	17:16	17:50	191	48,68	40,66	27,50	1,48	1,197
26	16/04/2021	10:10	10:40	186	44,61	36,13	27,40	1,32	1,235

A Figura 6-9 segue a curva-chave obtida para a Estação Sauê-Uiná. Alguns pontos foram descartados para o cálculo da equação, porém sem comprometimento do resultado.

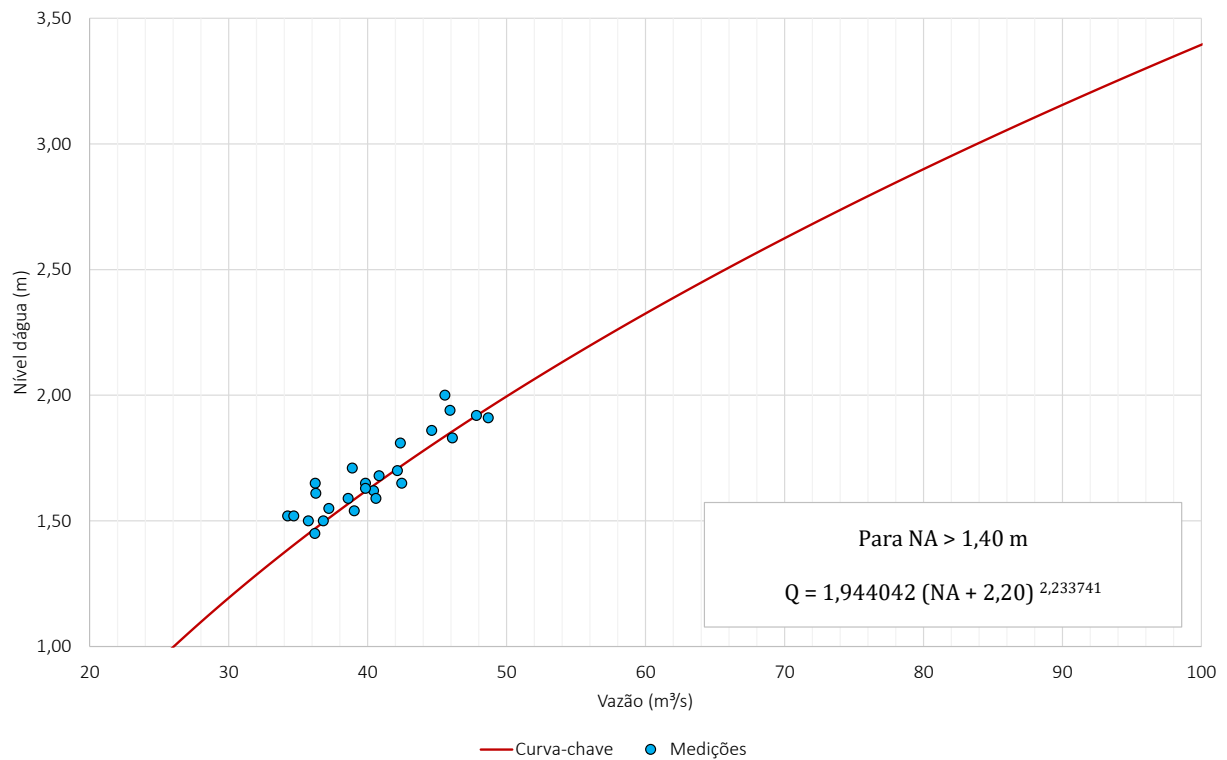


Figura 6-9: Curva-chave – Estação Sauê-Uiná

A partir da curva-chave elaborada para a seção da estação e as observações horárias armazenadas no *datalogger*, foram calculadas vazões médias diárias (Figura 6-10) e as vazões médias mensais, apresentadas na Tabela 6-18.

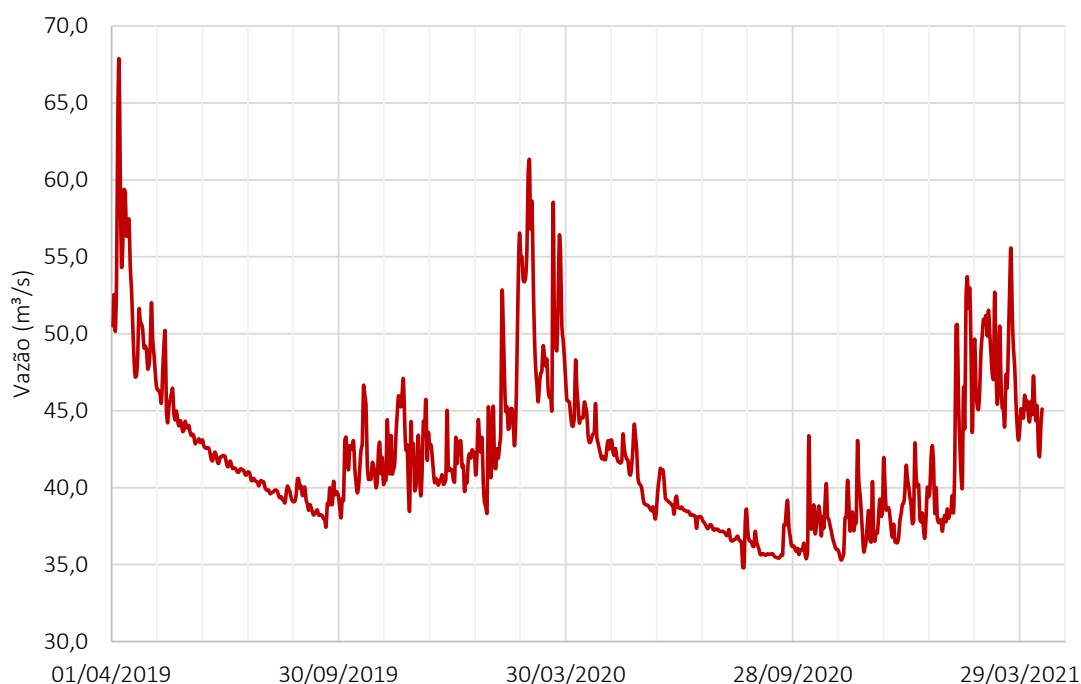


Figura 6-10: Hidrograma das vazões diárias na Estação Sauê-Uiná

Tabela 6-18: Vazões médias mensais na Estação Sauê-Uiná

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2019				53,21	46,20	42,65	40,97	39,69	38,87	41,57	42,64	41,57
2020	41,77	48,05	50,07	44,14	41,92	39,20	37,89	36,72	36,15	37,43	37,47	38,43
2021	38,94	46,10	48,00	44,81								
Média	40,35	47,07	49,04	47,39	44,06	40,92	39,43	38,20	37,51	39,50	40,06	40,00

6.3.2.4. Análise do Comportamento Hidrológico da Bacia

O regime fluvial da bacia do rio Sauê-Uiná acompanha o regime pluviométrico dominante na região, tendo um período de águas altas entre novembro e abril, e o período de estiagem compreendido entre maio e outubro.

Os estudos de vazões, médias mensais e máximas, foram conduzidos, desde a seleção das estações fluviométricas até a escolha da metodologia mais adequada para analisá-las, considerando as características fisiográficas e climáticas da bacia do rio Sauê-Uiná e de seu afluente, rio Calor, também objeto deste estudo.

Nos Estudos de Inventário Hidrelétrico, foi constatado que a região na qual bacia do rio Sauê-Uiná insere-se está posicionada em terrenos predominantemente sedimentares, sendo formados por arenitos de alta porosidade e que constituem aquíferos de elevada capacidade de armazenamento, fazendo com que as descargas dos cursos d'água sejam pouco variáveis ao longo do ciclo anual. As campanhas de medições de vazões líquidas realizados naquele momento indicaram vazões específicas de 28,5 l/s/km² no trecho a montante da foz do rio do Calor (Sauê-Uiná Montante – Régua 02), região onde se localiza a PCH SU-104, cabendo salientar que tal produção hídrica foi constatada com base em medições pontuais. Restou

também evidenciado a semelhança hidrogeológica existente entre a bacia do rio Sauê-Uniá e o rio Juruena, tendo-se utilizado o posto 17091000 - Fazenda Tucunará como base para geração das séries de séries de vazões.

Nesta etapa de projeto, conforme demonstrado, a partir da leitura horária de régua (datalogger), obteve-se uma produção hídrica de 24,7 l/s/km², pouco inferior daquela obtida nos Estudos de Inventário.

O rio Sauê-Uniá não possui postos fluviométricos com séries suficientemente longas para caracterizar o regime de vazões na bacia. Assim, no presente estudo utilizou-se do processo de regionalização de vazões médias de longo termo para promover uma estimativa de vazões no local do eixo estudado.

A Tabela 6-19 mostra os postos existentes na região, com as respectivas áreas de drenagens, vazões médias e específicas, bem como das medições realizadas na presente etapa de Projeto Básico, que apresenta série contínua para 25 meses (30/03/2019 a 16/04/2021).

Tabela 6-19: Postos fluviométricos de interesse ao estudo de inventário do rio Sauê-Uniá

Código	Posto	Rio	A.D. (km ²)	Q _{MLT} (m ³ /s)	q _{ESP} (l/s/km ²)
17091000	Fazenda Tucunará	Juruena	4.360	140,7	32,3
17092800	Aldeia Sacre II	Sacre	6.770	178,1	26,3
17093000	Fontanilhas	Juruena	55.900	1.437,5	25,7
17120000	Porto dos Gaúchos	Arinos	37.100	741,1	20,0
	Estação Sauê-luná	Sauê-Uniá	1.700	42,0	24,7

A Tabela 6-20 apresenta as vazões médias mensais de longo termo dos postos da região.

Tabela 6-20: Postos fluviométricos – Vazões médias mensais

Posto	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd.
Fazenda Tucunará	145	152	157	154	145	138	133	130	129	131	135	139	141
Aldeia Sacre II	190	204	209	199	182	172	164	154	153	158	169	179	178
Fontanilhas	1615	1755	1818	1721	1486	1332	1232	1168	1156	1200	1303	1452	1437
Porto dos Gaúchos	976	1138	1198	1053	769	590	483	426	413	470	587	766	741
Estação PCH Sauê-luná	40,4	47,1	49,0	47,4	44,1	40,9	39,4	38,2	37,5	39,5	40,1	40,0	42,0

A Figura 6-11 apresenta os hidrogramas comparativos de vazões médias mensais adimensionais (divididas pela média de longo termo) e curva de regionalização de vazões médias de longo termo e específicas em função da área de drenagem para a região.

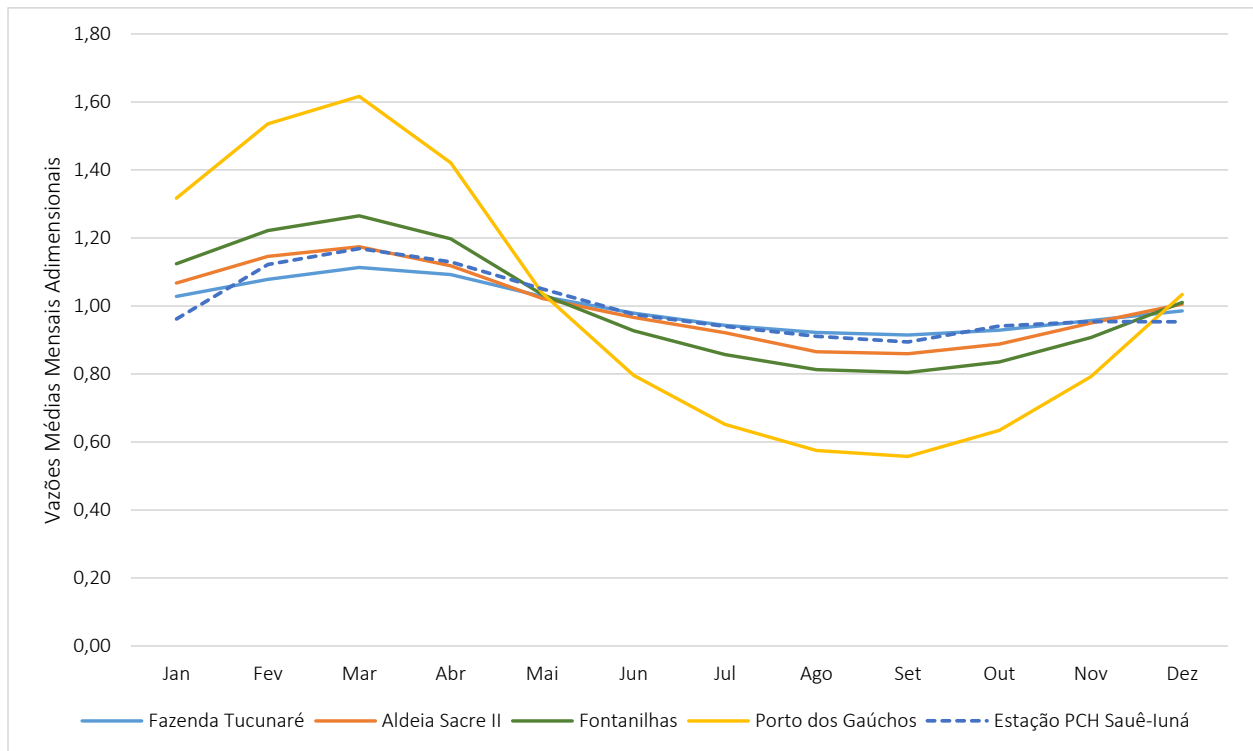


Figura 6-11: Hidrogramas médias mensais adimensionais

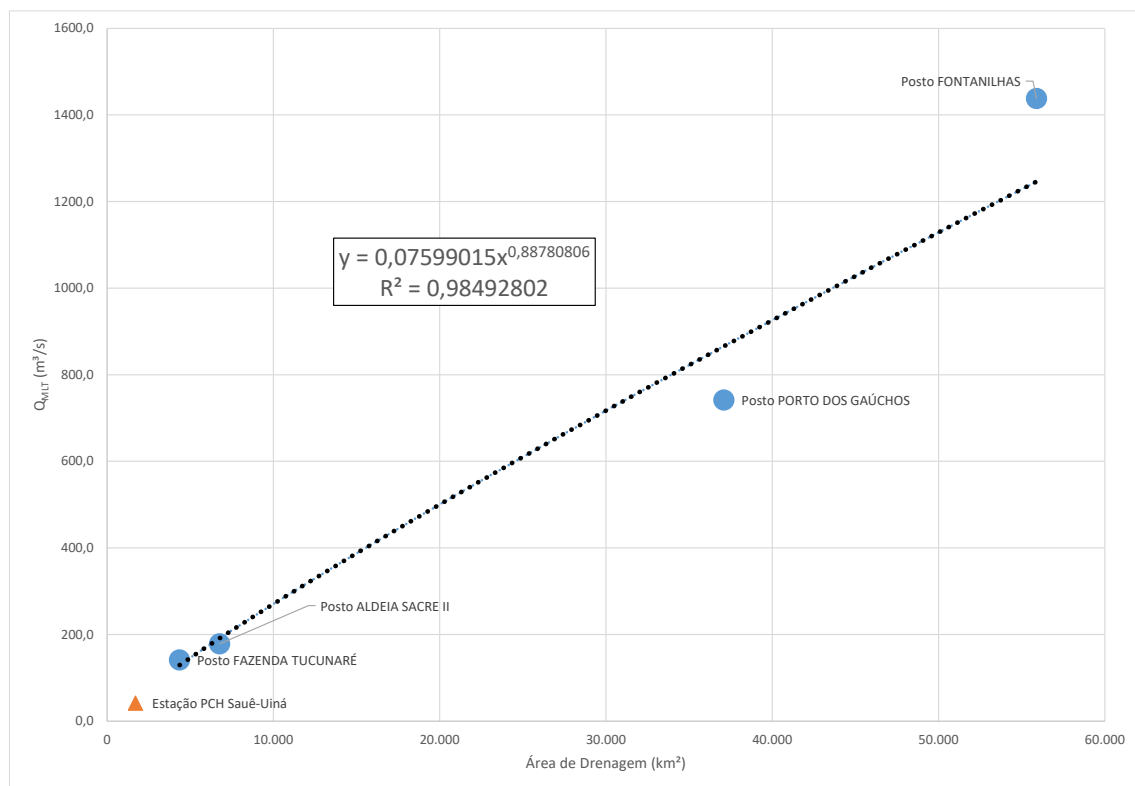


Figura 6-12: Curva de regionalização (Médias de Longo Termo)

Em termos de regime hidrológico, é possível constatar que as medições realizadas nesta etapa de Projeto Básico no rio Sauê-Uiná, apesar do curto período de 25 meses (04/2019 a 04/2021), apresentam semelhança com o comportamento do posto 17091000 - Fazenda Tucunaré no rio Juruena, o qual será utilizado com base no presente estudo.

No que toca à produção hídrica, a curva de regionalização estima uma vazão para o local da estação Sauê-Uiná, com 1.700 km², de 33 l/s/km², valor superior ao indicado nas medições ora realizadas, de 24,7 l/s/km², que será utilizado nesta oportunidade, em coerência aos Estudos de Inventário aprovados.

6.3.2.5. Preenchimento das Séries dos Postos Fluviométricos

As falhas dos postos base 17091000 - Fazenda Tucunaré foram preenchidos com base nas correlações estatísticas apresentadas nas figuras seguintes.

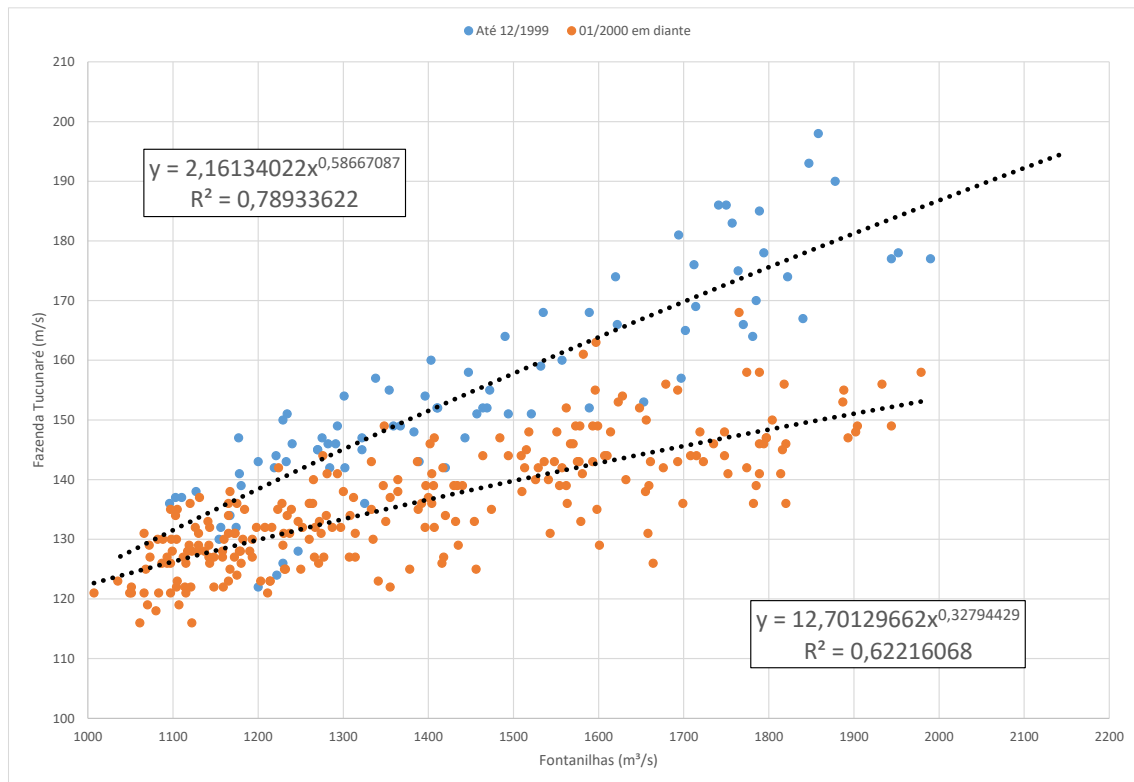


Figura 6-13: Correlação – Fontanilhas x Fazenda Tucunaré

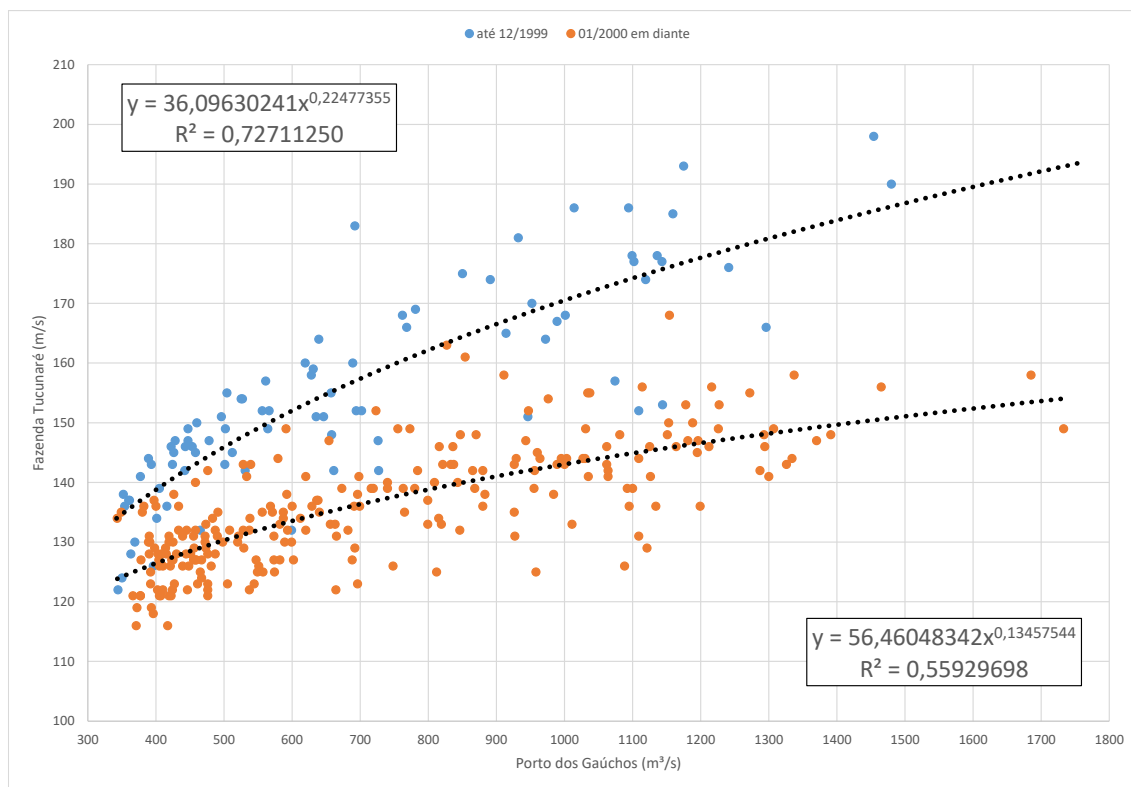


Figura 6-14: Correlação – Porto dos Gaúchos x Fazenda Tucunaré

A Tabela 6-21 apresenta a série preenchida para o posto base, sendo os dados em vermelho e azul preenchidos, respectivamente pelos postos 17093000 - Fontanilhas e 17120000 - Porto dos Gaúchos. Para o mês de maio de 2020 (destacado em verde) não se dispunha de informações nos postos selecionados. Por se tratar de uma falha pontual, esse mês foi preenchido com a média dos demais meses de maio da série.

Tabela 6-21: Série de Vazões Preenchida – Posto Fazenda Tucunaré (17091000) – m³/s

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1974	178,5	183,4	186,4	184,6	178,7	168,2	149,5	139,9	138,2	144,5	148,2	157,3	163,1
1975	167,0	176,6	170,9	173,0	161,3	145,2	143,2	139,1	136,5	137,9	147,7	160,6	154,9
1976	160,3	166,0	170,9	163,7	159,4	149,0	141,7	138,2	137,1	144,9	147,2	154,9	152,8
1977	167,2	174,4	168,2	166,2	161,0	155,7	146,1	141,4	142,4	149,0	157,8	166,2	158,0
1978	181,7	174,9	184,0	171,4	170,3	153,0	144,4	146,5	145,3	143,7	147,1	165,7	160,7
1979	178,8	186,2	194,6	188,1	169,6	159,9	151,8	146,3	148,7	144,6	154,3	154,5	164,8
1980	168,9	180,6	189,6	183,5	165,0	150,1	152,1	144,5	142,0	139,7	148,1	164,6	160,7
1981	174,3	178,7	182,4	181,9	160,7	149,2	143,2	138,8	135,8	143,6	158,5	160,8	159,0
1982	179,3	186,2	193,5	175,5	145,9	134,6	127,1	127,9	147,0	150,4	152,7	156,5	156,4
1983	169,8	173,3	179,2	172,7	161,6	154,2	144,9	140,2	137,5	143,2	148,8	170,1	158,0
1984	165,7	167,0	173,6	172,8	164,3	150,6	143,4	140,1	140,0	141,9	149,6	155,5	155,4
1985	168,2	167,0	174,3	172,7	161,0	148,8	144,0	140,4	140,1	144,5	151,0	152,9	155,4
1986	176,6	181,8	179,7	175,2	164,1	153,2	145,4	142,8	142,2	143,2	144,9	154,5	158,6
1987	158,8	168,9	169,0	161,1	152,4	143,2	137,7	132,9	131,7	133,8	148,5	158,5	149,7
1988	170,1	177,4	186,1	182,8	166,0	156,5	148,3	142,6	140,1	140,5	149,2	160,7	160,0

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1989	173,5	190,1	191,4	182,0	173,8	159,1	153,5	149,0	144,2	145,8	147,4	168,6	164,9
1990	166,9	177,8	176,7	170,8	156,2	146,6	141,0	137,5	145,3	146,7	152,3	157,6	156,3
1991	172,4	179,8	182,8	185,1	169,2	153,8	148,4	143,6	145,3	142,7	148,8	153,2	160,4
1992	163,3	170,9	170,9	171,7	156,0	145,9	140,4	137,0	143,4	142,8	147,2	160,4	154,1
1993	168,0	178,0	186,0	181,0	164,0	155,0	145,0	134,0	130,0	132,0	132,0	142,0	153,9
1994	166,0	183,0	185,0	186,0	155,0	143,0	136,0	128,0	122,0	124,0	126,0	142,0	149,7
1995	176,0	190,0	198,0	193,0	174,0	160,0	154,0	150,0	147,0	151,0	157,0	175,0	168,8
1996	167,0	164,0	177,0	170,0	160,0	152,0	147,0	147,0	143,0	146,0	158,0	152,0	156,9
1997	153,0	166,0	178,0	177,0	169,0	159,0	149,0	146,0	146,0	145,0	145,0	148,0	156,8
1998	151,0	165,0	174,0	168,0	154,0	149,0	143,0	141,0	138,0	144,0	152,0	151,0	152,5
1999	152,0	151,0	157,0	152,0	149,0	142,0	139,0	136,0	137,0	137,0	142,0	147,0	145,1
2000	143,0	150,0	168,0	161,0	149,0	142,0	138,0	136,0	135,0	137,0	143,0	141,0	145,3
2001	149,0	149,0	158,0	152,0	143,0	140,0	136,0	135,0	134,0	136,0	141,0	146,0	143,3
2002	144,0	156,0	153,0	147,0	141,0	135,0	132,0	130,0	130,0	129,0	131,0	136,0	138,7
2003	144,0	149,0	149,0	158,0	142,0	144,0	134,0	130,0	130,0	133,0	136,0	136,0	140,4
2004	143,0	149,0	148,0	143,0	139,0	133,0	130,0	126,0	126,0	129,0	132,0	131,0	135,8
2005	145,0	141,0	147,0	142,0	135,0	132,0	128,0	125,0	131,0	128,0	130,0	135,0	134,9
2006	143,0	146,0	148,0	153,0	140,0	135,0	132,0	128,0	128,0	137,0	132,0	143,0	138,8
2007	152,0	156,0	155,0	148,0	139,0	134,0	131,0	128,0	127,0	132,0	136,0	137,0	139,6
2008	139,0	147,0	148,0	148,0	139,0	134,0	130,0	127,0	126,0	129,0	133,0	140,0	136,7
2009	139,0	143,0	155,0	144,0	138,0	131,0	127,0	126,0	121,0	122,0	125,0	125,0	133,0
2010	131,0	146,0	136,0	126,0	122,0	125,0	123,0	121,0	121,0	123,0	123,0	130,0	127,3
2011	144,0	142,0	145,0	146,0	132,0	127,0	124,0	122,0	119,0	122,0	125,0	126,0	131,2
2012	133,0	139,0	144,0	136,0	127,0	127,0	125,0	118,0	121,0	127,0	123,0	130,0	129,2
2013	140,0	147,0	141,0	136,0	129,0	127,0	123,0	121,0	119,0	121,0	123,0	125,0	129,3
2014	129,0	143,0	158,0	156,0	163,0	147,0	132,0	127,0	127,0	128,0	134,0	135,0	139,9
2015	139,0	140,0	141,0	144,0	143,0	136,0	131,0	131,0	128,0	127,0	132,0	128,0	135,0
2016	134,0	144,0	146,0	146,0	135,0	128,0	122,0	121,0	123,0	121,0	122,0	133,0	131,3
2017	131,0	141,0	142,0	139,0	133,0	127,0	126,0	122,0	116,0	116,0	126,0	132,0	129,3
2018	138,0	144,0	146,0	149,0	142,0	133,0	129,0	127,0	126,0	131,0	136,0	142,0	136,9
2019	138,0	136,0	155,0	150,0	148,0	137,0	132,0	131,0	129,0	135,0	138,0	139,0	139,0
2020	139,0	154,0	149,8	142,0	152,2	129,0	126,0	122,0					
Mínima	129,0	136,0	136,0	126,0	122,0	125,0	122,0	118,0	116,0	116,0	122,0	125,0	127,3
Média	155,6	162,1	166,2	162,3	152,2	143,4	137,7	134,1	134,0	136,2	140,9	147,4	147,9
Máxima	181,7	190,1	198,0	193,0	178,7	168,2	154,0	150,0	148,7	151,0	158,5	175,0	168,8

6.4. Cálculo das Vazões Médias Mensais na Usina

Este item apresenta a metodologia utilizada para o cálculo da série de vazões médias na PCH SU-104, bem como a série propriamente dita.

6.4.1. Metodologia de Geração da Série de Vazões

Para a geração das séries de vazões no local da PCH SU-104, o modelo de regionalização para o rio Sauê-Uiná (Figura 6-12) obtido no presente estudo não se mostrou adequado, uma vez que superestimou a produção hídrica local. Julgou-se então mais adequado calcular as vazões no sítio por meio de relação direta de área de drenagem com o posto base, com posterior aplicação de fator de correção das vazões específicas. Esta metodologia, apresentada a seguir e utilizada nos Estudos de Inventário, foi objeto de análise da equipe técnica da SCG/ANEEL, a qual se posicionou favorável à sua utilização para a estimativa das séries de vazões médias mensais na bacia do rio Sauê-Uiná, conforme Nota Técnica nº 398/2015-SCG/ANEEL.

Em relação à escolha do posto base, a análise do comportamento dos postos fluviométricos selecionados indicou que o posto 17095000 – Fazenda Tucunaré é o que apresenta variação sazonal mais parecida à observada na estação instalada no rio Sauê-Uiná. A série do posto base foi preenchida e apresentada em item anterior.

Conforme já apresentado anteriormente, na estação hidrométrica Sauê-Uiná foram realizadas medições de vazões que subsidiaram a elaboração da curva-chave da seção medidora. Com esta curva e as leituras horárias de cota realizadas no período de 30/03/2019 a 16/04/2021, foi possível calcular as vazões médias da estação Sauê-Uiná, apresentadas na Tabela 6-18.

Ao comparar as vazões médias mensais do período em que se dispõe de dados tanto no posto base quanto no posto instalado pelo empreendedor, notou-se que a vazão específica média observada no rio Sauê-Uiná é inferior à produção observada no posto base Fazenda Tucunaré, conforme apresentado na Tabela 6-22.

Tabela 6-22: Vazões médias mensais na estação hidrométrica Sauê-Uiná e no posto base Fazenda Tucunaré

Estação	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Qesp (l/s.km²)
Fazenda Tucunaré	2019				150	148	137	132	131	129	135	138	139	31,55
	2020	139	154	150	142	*	129	126	122					
Sauê-Uiná	2019				53,2	46,2	42,7	41,0	39,7	38,9	41,6	42,6	41,6	25,19
	2020	41,8	48,0	50,1	44,1	*	39,2	37,9	36,7					

* Mês de maio/2020 não considerado nas avaliações pois a série do posto base foi preenchida com a média histórica do mês de maio.

Portanto, a simples aplicação de relação direta por área de drenagem para o cálculo das vazões na PCH SU-104 resultaria em uma superestimativa do potencial hídrico, assim como foi observado no cálculo pela curva de regionalização da Figura 6-12.

Diante disso, além da relação direta pela área de drenagem, foi aplicado um fator de correção, representado pela relação entre as vazões específicas médias observadas nos postos apresentadas na Tabela 6-22.

$$\text{Fator de Correção (FC)} = \left(\frac{Q_{ESP. SAUE-UINA}}{Q_{ESP. POSTO BASE}} \right)$$

A equação de transferência para obtenção das séries é apresentada a seguir.

$$Q_{PCH} = \left(\frac{A_{PCH}}{A_{POSTO\ BASE}} \right) \times FC \times Q_{POSTO\ BASE}$$

$$Q_{PCH} = 0,271061 \times Q_{POSTO\ BASE}$$

Onde:

Q_{PCH} – vazão média mensal no eixo;

A_{PCH} – área de drenagem no eixo, igual à 1.480 km²;

$A_{POSTO\ BASE}$ – área de drenagem no posto base, igual a 4.360 km²;

$q_{ESP. ESTAÇÃO SAUÊ}$ – vazão específica observada na estação Sauê-Uiná – 25,19 l/s/km²;

$q_{ESPECÍFICA - POSTO\ BASE}$ – vazão específica observada no posto base (Fazenda Tucunaré – 31,55 l/s/km²);

$Q_{POSTO\ BASE}$ – série de vazões no posto base.

A título de validação, as vazões médias mensais da estação hidrométrica Sauê-Uiná foram levadas para o local do eixo da PCH por relação de área de drenagem. Posteriormente, essas vazões foram comparadas às vazões estimadas a partir da metodologia proposta para o cálculo da série histórica da usina. A Figura 6-15 ilustra essa comparação.

Verifica-se, também, grande aderência das medições mensais para o período concomitante com série (04/2019 a 08/2020), cujo coeficiente de correlação resultou em 0,848.

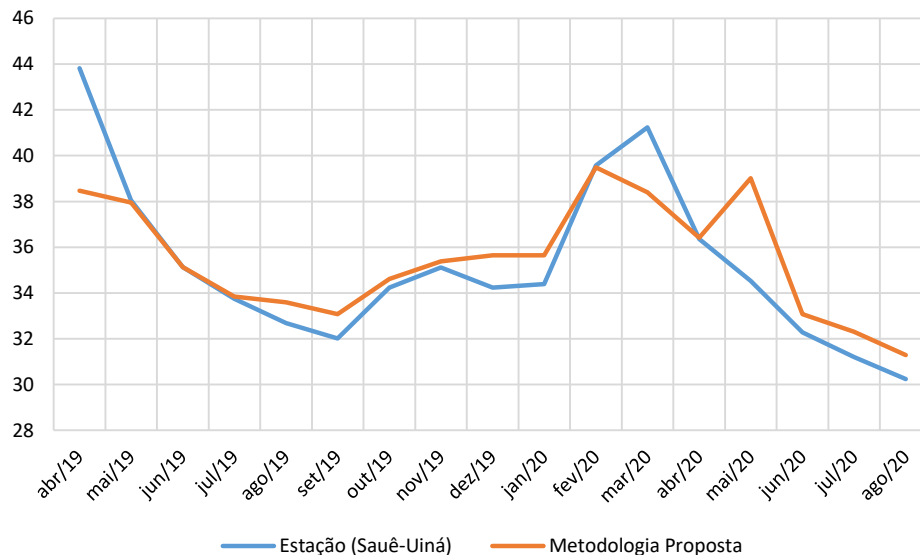


Figura 6-15: Comparação dos valores da série de vazões médias mensais com as medições mensais realizadas – PCH SU-104 (m³/s)

Para o período de 04/2019 a 12/2020, no qual se dispõe de dados da estação instalada no próprio rio Sauê-Uiná, foram adotadas as vazões médias mensais da estação hidrométrica Sauê-Uiná levadas para o local do eixo da PCH SU-104 por relação de área de drenagem.

6.4.2. Série de Vazões Médias Mensais na PCH SU-104

A Tabela 6-23 apresenta a série de vazões médias mensais da SU-104, calculada a partir da metodologia apresentada anteriormente.

Tabela 6-23: Série de vazões médias mensais – PCH SU-104 – A.D. = 1.480 km²

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1974	48,4	49,7	50,5	50,0	48,5	45,6	40,5	37,9	37,5	39,2	40,2	42,6	44,2
1975	45,3	47,9	46,3	46,9	43,7	39,4	38,8	37,7	37,0	37,4	40,0	43,5	42,0
1976	43,4	45,0	46,3	44,4	43,2	40,4	38,4	37,4	37,2	39,3	39,9	42,0	41,4
1977	45,3	47,3	45,6	45,0	43,6	42,2	39,6	38,3	38,6	40,4	42,8	45,0	42,8
1978	49,3	47,4	49,9	46,5	46,1	41,5	39,1	39,7	39,4	38,9	39,9	44,9	43,6
1979	48,5	50,5	52,7	51,0	46,0	43,3	41,2	39,7	40,3	39,2	41,8	41,9	44,7
1980	45,8	49,0	51,4	49,7	44,7	40,7	41,2	39,2	38,5	37,9	40,1	44,6	43,6
1981	47,2	48,4	49,4	49,3	43,5	40,4	38,8	37,6	36,8	38,9	43,0	43,6	43,1
1982	48,6	50,5	52,4	47,6	39,5	36,5	34,5	34,7	39,8	40,8	41,4	42,4	42,4
1983	46,0	47,0	48,6	46,8	43,8	41,8	39,3	38,0	37,3	38,8	40,3	46,1	42,8
1984	44,9	45,3	47,1	46,8	44,5	40,8	38,9	38,0	37,9	38,5	40,6	42,2	42,1
1985	45,6	45,3	47,3	46,8	43,6	40,3	39,0	38,0	38,0	39,2	40,9	41,4	42,1
1986	47,9	49,3	48,7	47,5	44,5	41,5	39,4	38,7	38,5	38,8	39,3	41,9	43,0
1987	43,0	45,8	45,8	43,7	41,3	38,8	37,3	36,0	35,7	36,3	40,3	43,0	40,6
1988	46,1	48,1	50,5	49,5	45,0	42,4	40,2	38,6	38,0	38,1	40,4	43,5	43,4
1989	47,0	51,5	51,9	49,3	47,1	43,1	41,6	40,4	39,1	39,5	40,0	45,7	44,7
1990	45,2	48,2	47,9	46,3	42,3	39,7	38,2	37,3	39,4	39,8	41,3	42,7	42,4
1991	46,7	48,7	49,6	50,2	45,9	41,7	40,2	38,9	39,4	38,7	40,3	41,5	43,5
1992	44,3	46,3	46,3	46,5	42,3	39,6	38,0	37,1	38,9	38,7	39,9	43,5	41,8
1993	45,5	48,2	50,4	49,1	44,5	42,0	39,3	36,3	35,2	35,8	35,8	38,5	41,7
1994	45,0	49,6	50,1	50,4	42,0	38,8	36,9	34,7	33,1	33,6	34,2	38,5	40,6
1995	47,7	51,5	53,7	52,3	47,2	43,4	41,7	40,7	39,8	40,9	42,6	47,4	45,7
1996	45,3	44,5	48,0	46,1	43,4	41,2	39,8	39,8	38,8	39,6	42,8	41,2	42,5
1997	41,5	45,0	48,2	48,0	45,8	43,1	40,4	39,6	39,6	39,3	39,3	40,1	42,5
1998	40,9	44,7	47,2	45,5	41,7	40,4	38,8	38,2	37,4	39,0	41,2	40,9	41,3
1999	41,2	40,9	42,6	41,2	40,4	38,5	37,7	36,9	37,1	37,1	38,5	39,8	39,3
2000	38,8	40,7	45,5	43,6	40,4	38,5	37,4	36,9	36,6	37,1	38,8	38,2	39,4
2001	40,4	40,4	42,8	41,2	38,8	37,9	36,9	36,6	36,3	36,9	38,2	39,6	38,8
2002	39,0	42,3	41,5	39,8	38,2	36,6	35,8	35,2	35,2	35,0	35,5	36,9	37,6
2003	39,0	40,4	40,4	42,8	38,5	39,0	36,3	35,2	35,2	36,1	36,9	36,9	38,1
2004	38,8	40,4	40,1	38,8	37,7	36,1	35,2	34,2	34,2	35,0	35,8	35,5	36,8
2005	39,3	38,2	39,8	38,5	36,6	35,8	34,7	33,9	35,5	34,7	35,2	36,6	36,6
2006	38,8	39,6	40,1	41,5	37,9	36,6	35,8	34,7	34,7	37,1	35,8	38,8	37,6
2007	41,2	42,3	42,0	40,1	37,7	36,3	35,5	34,7	34,4	35,8	36,9	37,1	37,8
2008	37,7	39,8	40,1	40,1	37,7	36,3	35,2	34,4	34,2	35,0	36,1	37,9	37,0
2009	37,7	38,8	42,0	39,0	37,4	35,5	34,4	34,2	32,8	33,1	33,9	33,9	36,1
2010	35,5	39,6	36,9	34,2	33,1	33,9	33,3	32,8	32,8	33,3	33,3	35,2	34,5
2011	39,0	38,5	39,3	39,6	35,8	34,4	33,6	33,1	32,3	33,1	33,9	34,2	35,6
2012	36,1	37,7	39,0	36,9	34,4	34,4	33,9	32,0	32,8	34,4	33,3	35,2	35,0

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
2013	37,9	39,8	38,2	36,9	35,0	34,4	33,3	32,8	32,3	32,8	33,3	33,9	35,1
2014	35,0	38,8	42,8	42,3	44,2	39,8	35,8	34,4	34,4	34,7	36,3	36,6	37,9
2015	37,7	37,9	38,2	39,0	38,8	36,9	35,5	35,5	34,7	34,4	35,8	34,7	36,6
2016	36,3	39,0	39,6	39,6	36,6	34,7	33,1	32,8	33,3	32,8	33,1	36,1	35,6
2017	35,5	38,2	38,5	37,7	36,1	34,4	34,2	33,1	31,4	31,4	34,2	35,8	35,0
2018	37,4	39,0	39,6	40,4	38,5	36,1	35,0	34,4	34,2	35,5	36,9	38,5	37,1
2019	37,4	36,9	42,0	46,3	40,2	37,1	35,7	34,6	33,8	36,2	37,1	36,2	37,8
2020	36,4	41,8	43,6	38,4	36,5	34,1	33,0	32,0	31,5	32,6	32,6	33,5	35,5
Mínima	35,0	36,9	36,9	34,2	33,1	33,9	33,0	32,0	31,4	31,4	32,6	33,5	34,5
Média	42,1	43,9	45,1	44,1	41,2	38,9	37,3	36,3	36,2	36,8	38,1	39,8	40,0
Máxima	49,3	51,5	53,7	52,3	48,5	45,6	41,7	40,7	40,3	40,9	43,0	47,4	45,7

6.5. Permanências das Vazões Médias Mensais

A curva de permanência ou de duração representa a porcentagem de tempo em que as vazões médias mensais no local da seção fluvial permaneceram com valores maiores ou iguais aos indicados no gráfico respectivo. Ela representa o complemento da função distribuição acumulativa de probabilidade de vazões ou a probabilidade de excedência das vazões.

Para a determinação da curva de permanência, a série é disposta em ordem decrescente e a probabilidade de ocorrência de cada vazão $P(X \geq x)$ calculada por:

$$P(X \geq x) = \frac{i}{n}$$

onde i é a ordem da vazão, e n o número total de vazões.

Na Tabela 6-24 e na Figura 6-16 apresenta-se a curva de permanências de vazões médias mensais para o local da PCH SU-104, em formato de tabela e gráfico, respectivamente.

Tabela 6-24: Permanência de vazões médias mensais – PCH SU-104 (m³/s)

Permanência	Vazão (m³/s)	Permanência	Vazão (m³/s)
0%	53,7	50%	39,2
1%	51,5	55%	38,8
5%	49,2	60%	38,5
10%	47,2	65%	37,7
15%	45,8	70%	37,1
20%	44,5	75%	36,5
25%	42,8	80%	35,8
30%	41,7	85%	35,0
35%	40,8	90%	34,4
40%	40,2	95%	33,3
45%	39,6	100%	31,4

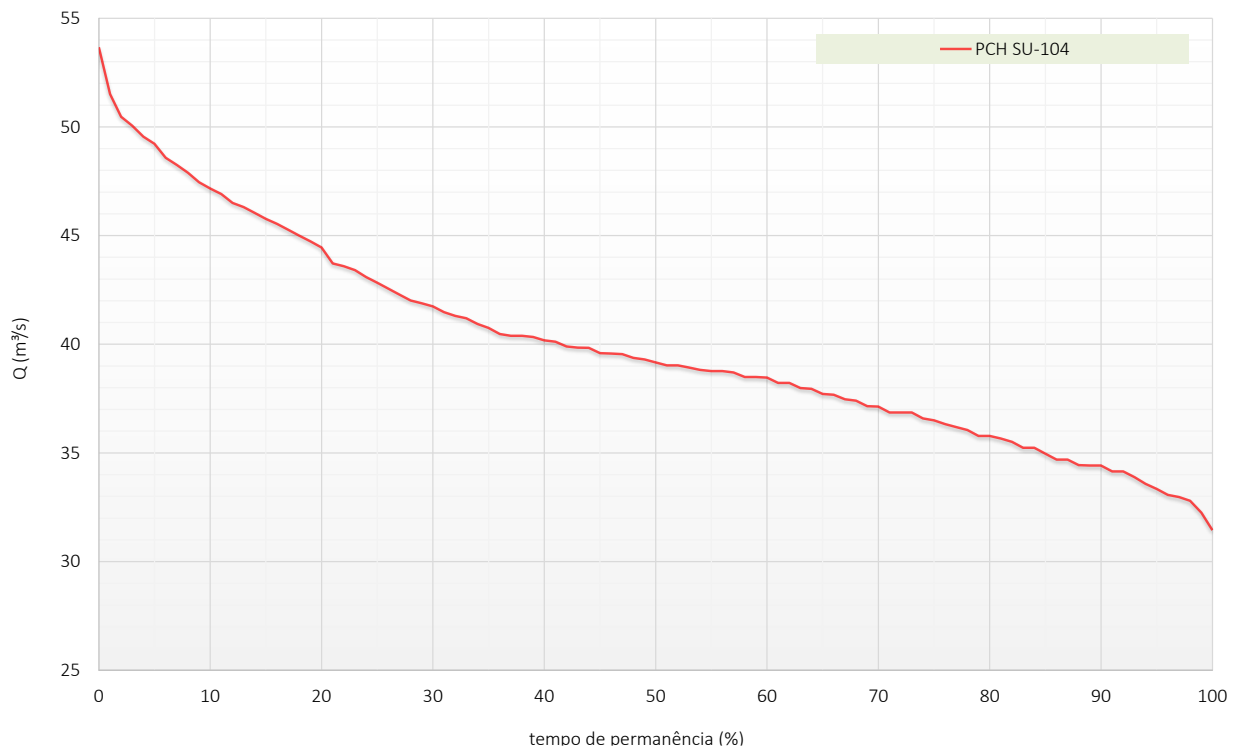


Figura 6-16: Curva de permanência – Vazões médias mensais – PCH SU-104 (m³/s)

6.6. Validação da Série de Vazões da Usina

A partir das medições e observações realizadas na estação hidrométrica, para o período de 30/03/2019 a 31/08/2020, pode-se constatar a aderência do modelo proposto às medições realizadas, utilizando-se como base o posto Base Fazenda Tucunaré (17091000), no rio Juruena.

A Figura 6-17 apresenta a plotagem das medições realizadas comparativamente com as envoltórias (mínimas, médias e máximas) da série obtida, bem como os valores mensais das medições e da série obtida.

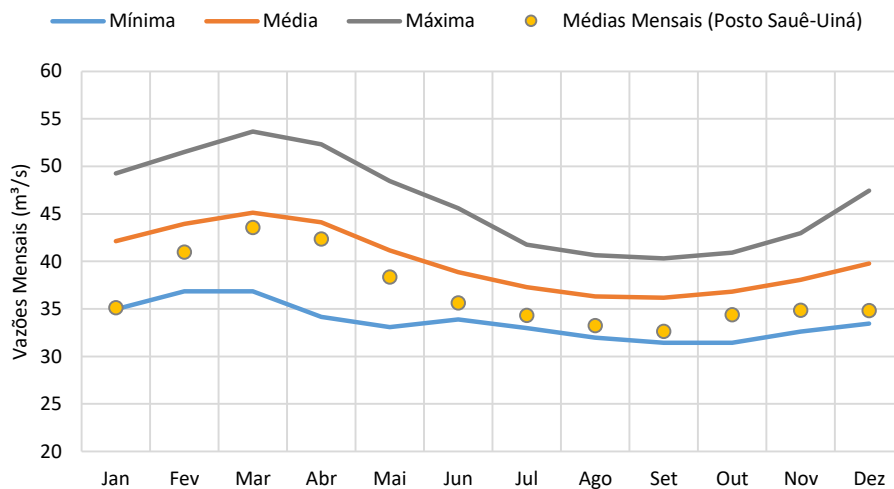


Figura 6-17: Envoltória da série de vazões médias mensais com as medições mensais realizadas – PCH SU-104 (m³/s)

Observa-se que a estimativa desta série representa adequadamente o comportamento hidrológico do rio, tendo as medições situadas dentro da envoltória da série, que acompanha o regime anual de vazões.

6.7. Vazões Extremas

As séries dos postos da região apresentam um alto grau de regularização natural. Disso resulta uma oscilação moderada ao longo do ano. Nesses casos, apesar de haver períodos seco e chuvoso bem definidos, não se verifica diferença significativa na aplicação das distribuições para cheias anuais e cheias na estiagem. Em alguns casos, verifica-se que os valores das cheias na estiagem superam os valores das cheias anuais para períodos de recorrência mais baixos.

Assim, nos estudos de vazões máximas considerou-se apenas as cheias anuais para definição das vazões de dimensionamento dos órgãos extravasores, bem como para o dimensionamento das estruturas de desvio do rio no local da usina. O ano hidrológico na região inicia-se em outubro e vai até setembro.

Para realização dos estudos de cheias foi utilizada metodologia de regionalização das vazões máximas diárias anuais em função das áreas de drenagens dos seguintes postos fluviométricos selecionados para os estudos. Vale ressaltar que os postos utilizados apresentam séries com mais de 35 anos completos de medição, o que agrega confiabilidade ao estudo.

6.7.1. Dados Básicos

As séries observadas de vazões máximas diárias para cheias anuais são apresentadas na Tabela 6-25.

Tabela 6-25: Vazões máximas observadas anuais – Ano hidrológico (m^3/s)

Ano	Fazenda Tucunaré (17091000)	Porto dos Gaúchos (17092000)	Fazenda Tombador (17095000)	Fontanilhas (17093000)
1973 - 1974	-	-	1661	-
1975 - 1976	-	-	1239	-
1976 - 1977	-	-	1205	-
1977 - 1978	-	-	1315	-
1978 - 1979	-	-	-	-
1979 - 1980	-	-	-	2349
1980 - 1981	-	-	2195	2149
1981 - 1982	-	-	1768	2096
1982 - 1983	-	-	-	2190
1983 - 1984	-	-	-	2022
1984 - 1985	-	-	1054	1885
1985 - 1986	-	-	1338	1910
1986 - 1987	-	-	1303	1996
1987 - 1988	-	-	1114	1919
1988 - 1989	-	-	1400	2136
1989 - 1990	-	-	1373	2321
1990 - 1991	-	-	1569	-
1991 - 1992	-	-	1632	-
1992 - 1993	-	-	1524	1802

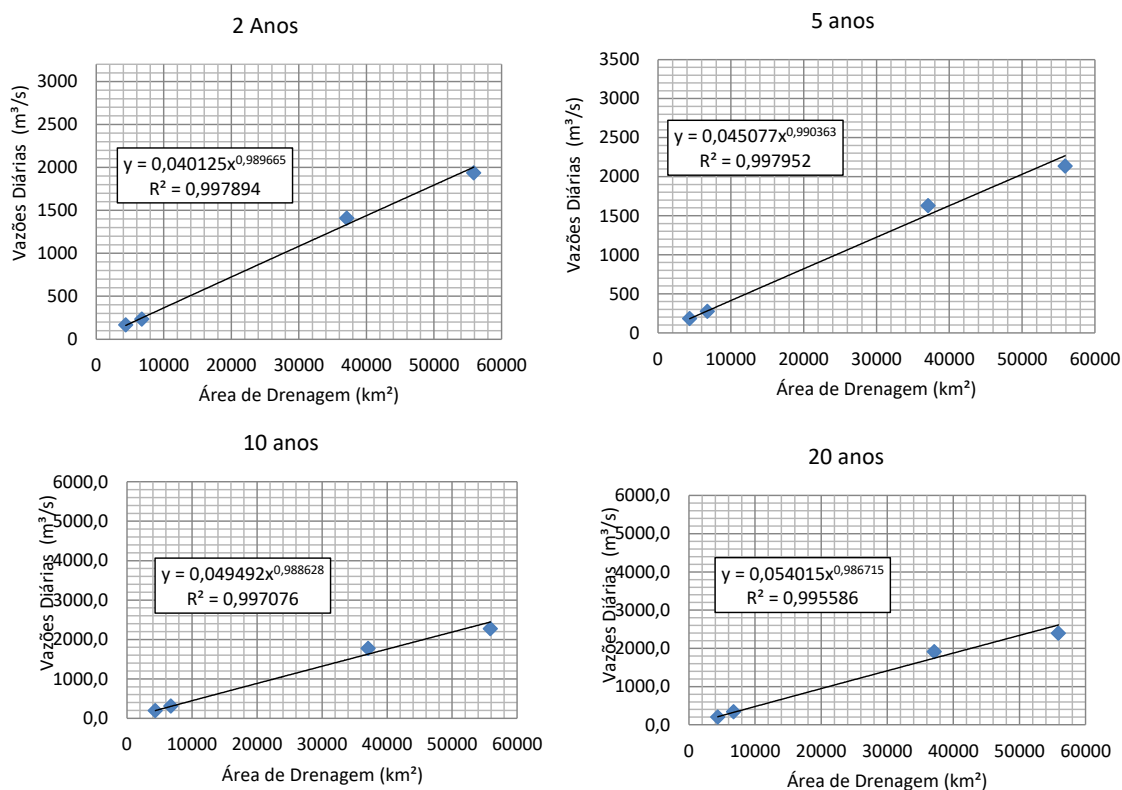
Ano	Fazenda Tucunaré (17091000)	Porto dos Gaúchos (17092000)	Fazenda Tombador (17095000)	Fontanilhas (17093000)
1993 - 1994	-	-	1165	2022
1994 - 1995	197	-	1369	1889
1995 - 1996	219	-	1586	2092
1996 - 1997	194	-	1273	2107
1997 - 1998	187	-	1500	2141
1998 - 1999	184	-	1373	1971
1999 - 2000	173	-	1295	1802
2000 - 2001	176	-	1392	1867
2001 - 2002	165	-	1061	1962
2002 - 2003	165	-	1326	1838
2003 - 2004	172	-	1569	1962
2004 - 2005	165	-	2092	2094
2005 - 2006	154	272	1284	1954
2006 - 2007	165	395	1420	2111
2007 - 2008	173	260	1623	2034
2008 - 2009	162	238	1537	1883
2009 - 2010	161	221	1295	1754
2010 - 2011	175	242	1607	1933
2011 - 2012	171	248	1432	2055
2012 - 2013	148	234	1250	1954
2013 - 2014	160	236	1380	2042
2014 - 2015	173	262	2018	2128
2015 - 2016	148	203	-	1738
2016 - 2017	153	192	1330	-
2017 - 2018	149	247	1545	-
2018 - 2019	164	234	1573	947
Nº de Anos	26	15	41	36
Mínima	148	192	1054	947
Média	170	247	1449	1974
Máxima	219	395	2195	2349
Desvio Pad.	16,3	46,1	248,8	226,6
Assimetria	1,14	2,50	1,18	-2,57

Para obtenção das cheias máximas anuais, foram aplicadas às vazões máximas diárias distribuições de probabilidades. Para seleção da distribuição de probabilidades a ser empregada seguiu-se a recomendação da ELETROBRÁS, constante no “Guia Para Cálculo de Cheia de Projeto de Vertedores” (1987), que preconiza a utilização da distribuição de Gumbel para séries com assimetria inferior a 1,5, e distribuição exponencial para assimetrias superiores a 1,5. A Tabela 6-26 apresenta os valores obtidos para cada um dos postos.

Tabela 6-26: Vazões máximas diárias anuais – Postos fluviométricos (m³/s)

Recorrência (anos)	Fazenda Tucunaré (4.360 km²)	Aldeia Sacre II (6.770 km²)	Porto dos Gaúchos (37.100 km²)	Fontanilhas (55.900 km²)
2	167	233	1.408	1.937
5	182	275	1.628	2.137
10	191	307	1.774	2.269
20	201	339	1.914	2.397
25	203	349	1.958	2.437
50	212	381	2.094	2.561
100	221	413	2.230	2.685
200	230	445	2.365	2.808
500	242	487	2.543	2.970
1.000	250	519	2.678	3.093
5.000	271	593	2.990	3.377
10.000	280	625	3.125	3.500

Foram regionalizadas as vazões máximas diárias em função das áreas de drenagens, para os postos fluviométricos. Na Figura 6-18 são apresentadas as curvas de regionalização obtidas para diversos tempos de recorrência.



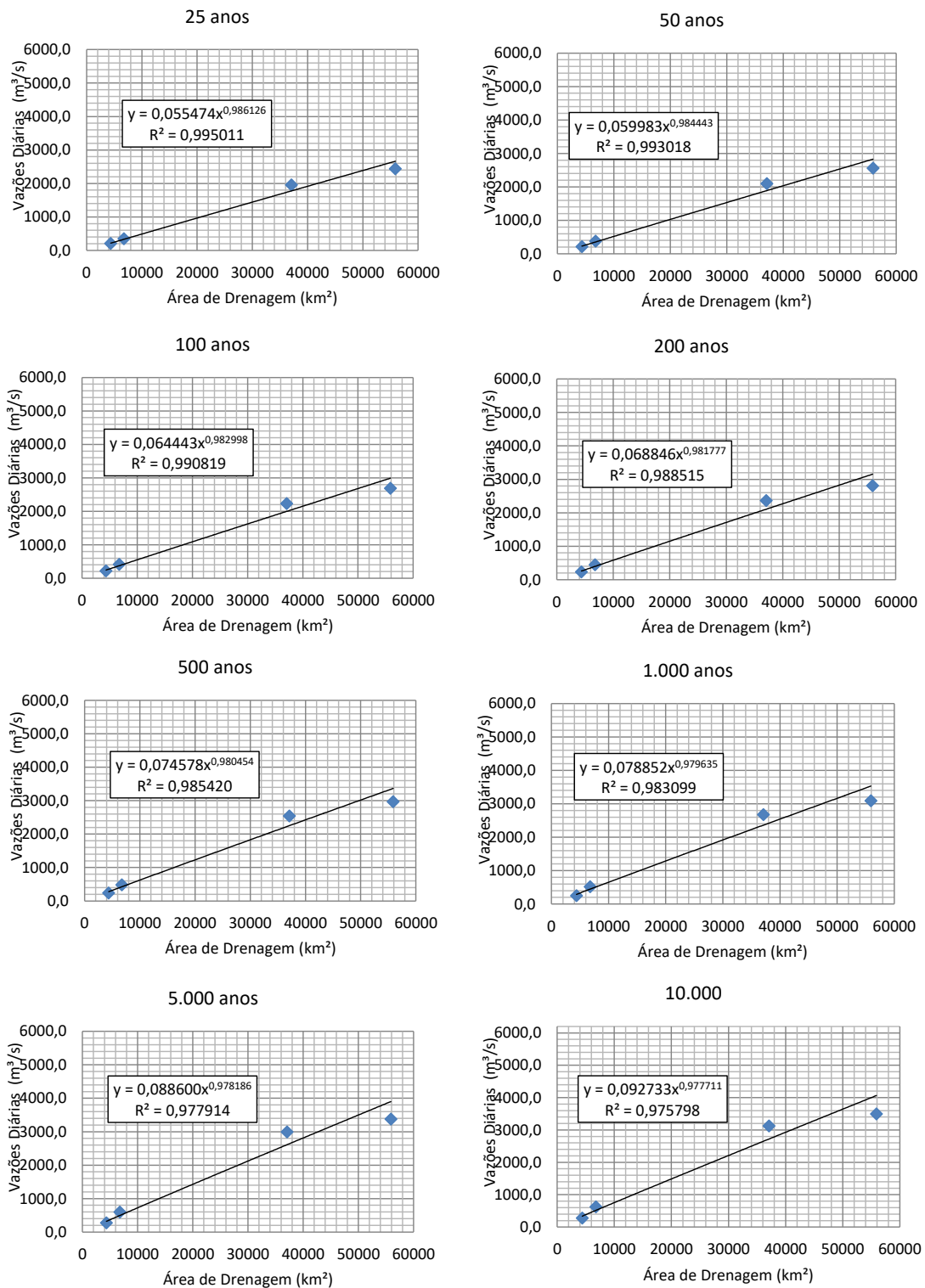


Figura 6-18: Regionalização de vazões máximas diárias – Ano hidrológico normal

Aos valores calculados aplicou-se o coeficiente de Füller, para considerar a ocorrência de cheia em horário do dia em que não há medição de nível d'água no rio, transformando as vazões máximas diárias em vazões instantâneas. O coeficiente é definido pela equação que se segue.

$$Füller = 1 + 2,66 \times A_{drenagem}^{-0,3}$$

A Tabela 6-27 mostra as vazões máximas instantâneas para o local da PCH SU-104

Tabela 6-27: Vazões máximas diárias e instantâneas anuais – PCH SU-104

Recorrência (anos)	SU-104 (1.480 km ²)	
	Diária	Instantânea
55	71	55
62	81	62
67	87	67
72	94	72
74	96	74
79	103	79
84	109	84
89	116	89
95	124	95
100	130	100
112	145	112
116	151	116

6.8. Estudo de Vazões Mínimas

O conhecimento das vazões mínimas tem importância para fixação da descarga remanescente em trechos ensecados, quando a adução ocorre através de canal lateral, e no momento de enchimento do reservatório.

A Secretaria de Estado do Meio Ambiente de Mato Grosso (SEMA/MT) definiu como vazão mínima em trechos de vazão reduzida o equivalente a 10% da vazão média de longo termo de cada mês, o que resulta em um vetor de vazões mínimas a serem mantidas para jusante em cada mês.

Essa vazão também pode ser utilizada como descarga mínima para enchimento dos reservatórios.

Ante ao exposto, julgou-se desnecessário realizar estudos de vazões mínimas a partir de outra metodologia, como a $Q_{7,10}$, por exemplo, por não ser aplicada no Estado do Mato Grosso.

Os valores das vazões mínimas são apresentados na Tabela 6-28.

Tabela 6-28: Vazões mínimas para jusante (m³/s), segundo critério definido pela SEMA/MT (10% da Q_{mt} mensal)

Vazão	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Q_{RES} (m ³ /s)	4,21	4,39	4,51	4,41	4,12	3,89	3,73	3,63	3,62	3,68	3,81	3,98

6.9. Curva-chave no Canal de Fuga

Na etapa dos Estudos de Inventário do rio Sauê-Uiná, foi proposta uma curva-chave para a PCH SU-104, desenvolvida com base em modelagens hidráulicas de escoamento. Para isso, na época foram utilizadas, com o subsídio de levantamentos de campo e características inferidas de seções do rio, ferramentas computacionais como o software HEC-RAS 5.0.6, cuja fundamentação é brevemente descrita a seguir.

6.9.1. Fundamentação Teórica

O HEC-RAS é um modelo unidimensional (1D) e bidimensional (2D), de fundo fixo, capaz de efetuar os cálculos dos perfis de superfície da água em escoamento permanente e não permanente, em canais com superfície livre.

Esses perfis podem ser calculados em regimes subcríticos, supercrítico e misto, onde poderão ocorrer mudanças do regime supercrítico para subcrítico ou de subcrítico para supercrítico, tanto em regime permanente quanto transitórios.

Este modelo baseia-se no método iterativo denominado “Standard Step Method” que determina as mudanças no nível da linha d’água, de uma seção transversal para a outra, a partir da equação de conservação de energia.

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

Onde:

Y_1 e Y_2 são profundidades das seções transversais, em metro;

Z_1 e Z_2 são cotas do fundo do canal, em metro;

V_1 e V_2 são velocidades médias, em metro por segundo;

α_1 e α_2 são coeficientes adimensionais de velocidade;

g é a aceleração da gravidade, em metro por segundo ao quadrado e

h_e é a perda de energia entre as seções, em metro.

Essa metodologia pressupõe ainda as seguintes premissas simplificadoras: o regime de escoamento é permanente; o fluxo é unidimensional e o escoamento é gradualmente variado, com declividade constante da linha de energia, entre duas seções, exceto em estruturas como pontes, bueiros e vertedouros, onde o regime pode ser bruscamente variado e são utilizadas as equações do momento hidráulico e outras equações para o cálculo da linha d’água.

Ressalta-se que estas premissas simplificadoras são perfeitamente adequadas e compatíveis com a natureza de escoamento em canais naturais ou artificiais.

6.9.2. Resultados Obtidos

Para a PCH SU-104, foram obtidos os seguintes resultados da simulação hidráulica, enquanto a Figura 6-19 apresenta a curva-chave proposta.

Tabela 6-29: Resultados – Saídas HEC-RAS

Q (m³/s)	NA (m)
10	309,08
20	309,45
30	309,75
40	310,01
50	310,24
80	310,82
100	311,11
120	311,37
140	311,61

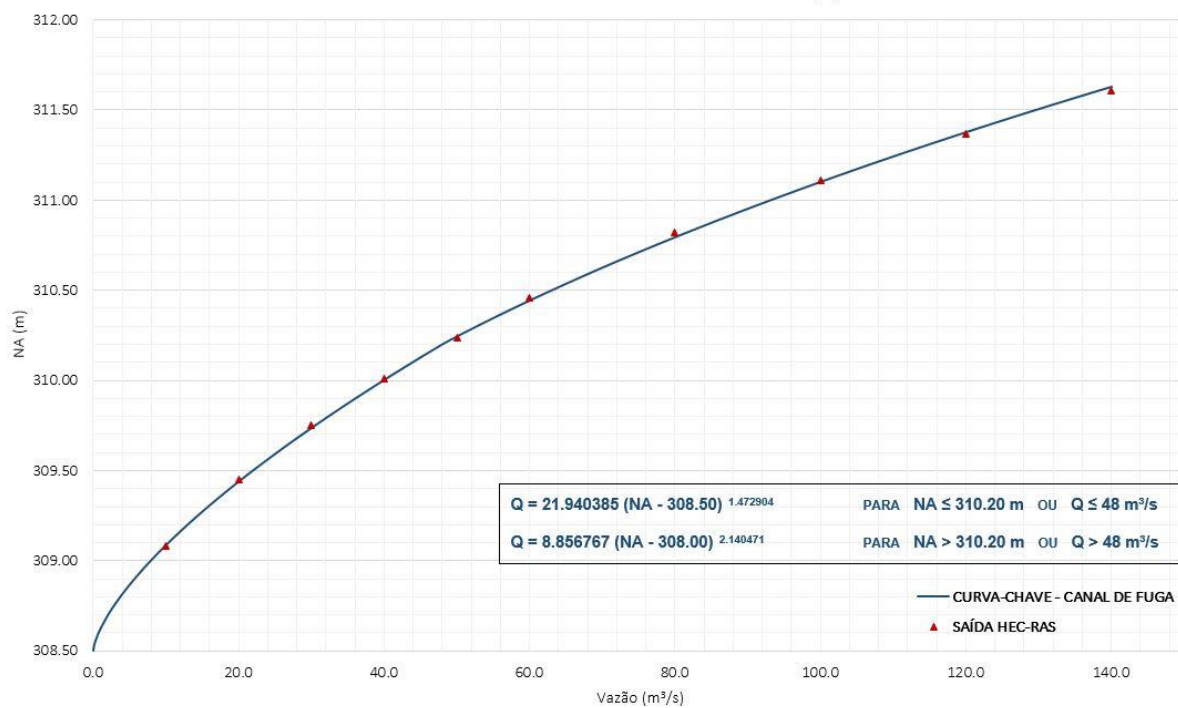


Figura 6-19: Curva-chave no canal de fuga do PCH SU-104

A curva-chave proposta apresenta-se coerente ao nível d'água observado na seção topobatimétrica (STB-06) que foi levantada na região próxima ao canal de fuga da usina.

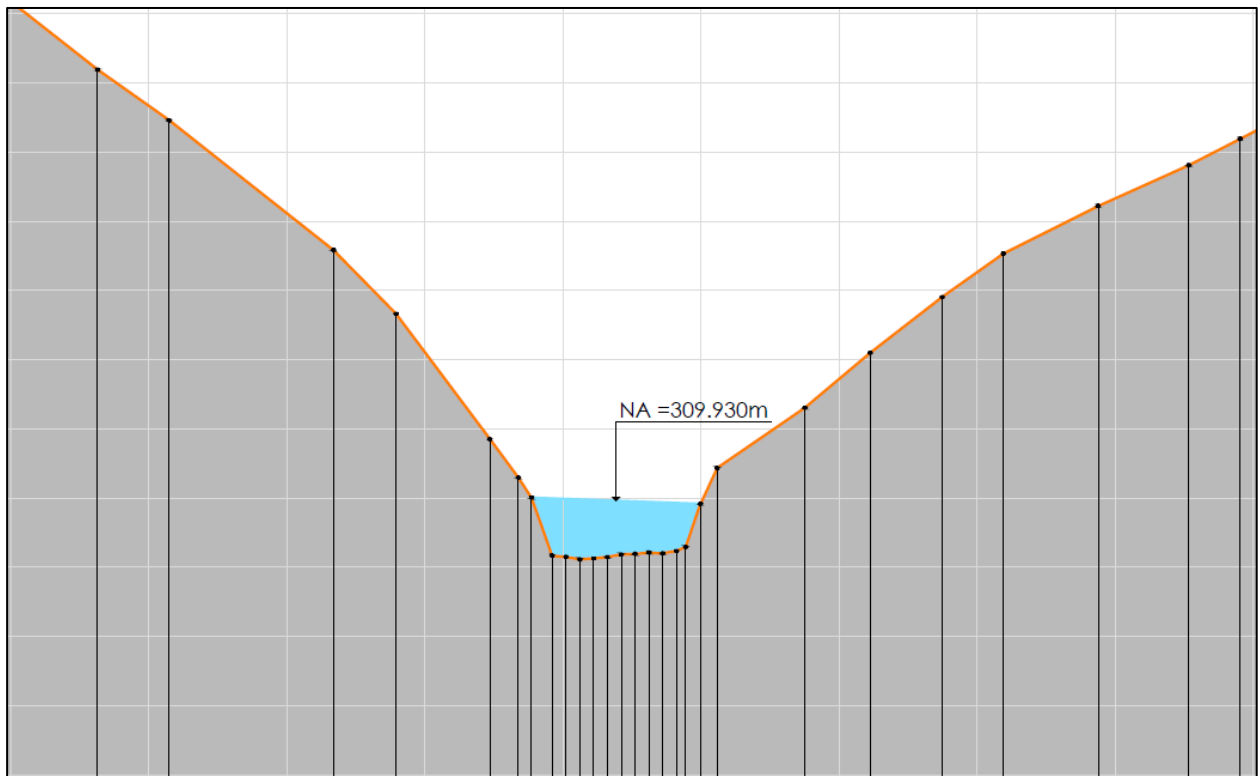


Figura 6-20: Seção topobatimétrica próxima ao canal de fuga da PCH SU-104

6.10. Curvas Cota x Área x Volume

Para a caracterização do reservatório da PCH SU-104 foram determinadas as curvas cota x área, a partir das áreas sob as curvas de nível de 1 em 1 m, estabelecidas a partir do levantamento cartográfico realizado por meio de perfilamento a laser, referenciadas no item respectivo. As áreas em cada cota foram calculadas por medição automática, usando o software AutoCad.

A variação do volume ΔV entre duas cotas consecutivas, cuja diferença é ΔH , foi calculada por:

$$\Delta V = \frac{1}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2}) \Delta H$$

sendo A_i a área correspondente à cota i e ΔH a variação de cota.

Os valores calculados são apresentados na Tabela 6-30.

Tabela 6-30: Pontos da curva cota x área e curva cota x volume

Cota (m)	Área (km ²)	Volume Acumulado (hm ³)	Cota (m)	Área (km ²)	Volume Acumulado (hm ³)
311,0	0,01	0,00	325,0	0,69	4,64
312,0	0,05	0,03	326,0	0,75	5,35
313,0	0,10	0,11	327,0	0,82	6,14
314,0	0,13	0,22	328,0	0,89	6,99
315,0	0,18	0,38	329,0	0,96	7,91

Cota (m)	Área (km ²)	Volume Acumulado (hm ³)	Cota (m)	Área (km ²)	Volume Acumulado (hm ³)
316,0	0,22	0,58	330,0	1,03	8,90
317,0	0,27	0,83	331,0	1,10	9,97
318,0	0,32	1,12	332,0	1,18	11,11
319,0	0,37	1,47	333,0	1,28	12,33
320,0	0,42	1,86	334,0	1,37	13,66
321,0	0,48	2,31	335,0	1,45	15,06
322,0	0,53	2,81	336,0	1,54	16,56
323,0	0,58	3,36	337,0	1,64	18,15
324,0	0,64	3,97			

Aos valores das áreas e volumes foram ajustados polinômios, para possibilitar a interpolação, apresentados na Figura 6-21 e na Figura 6-22.

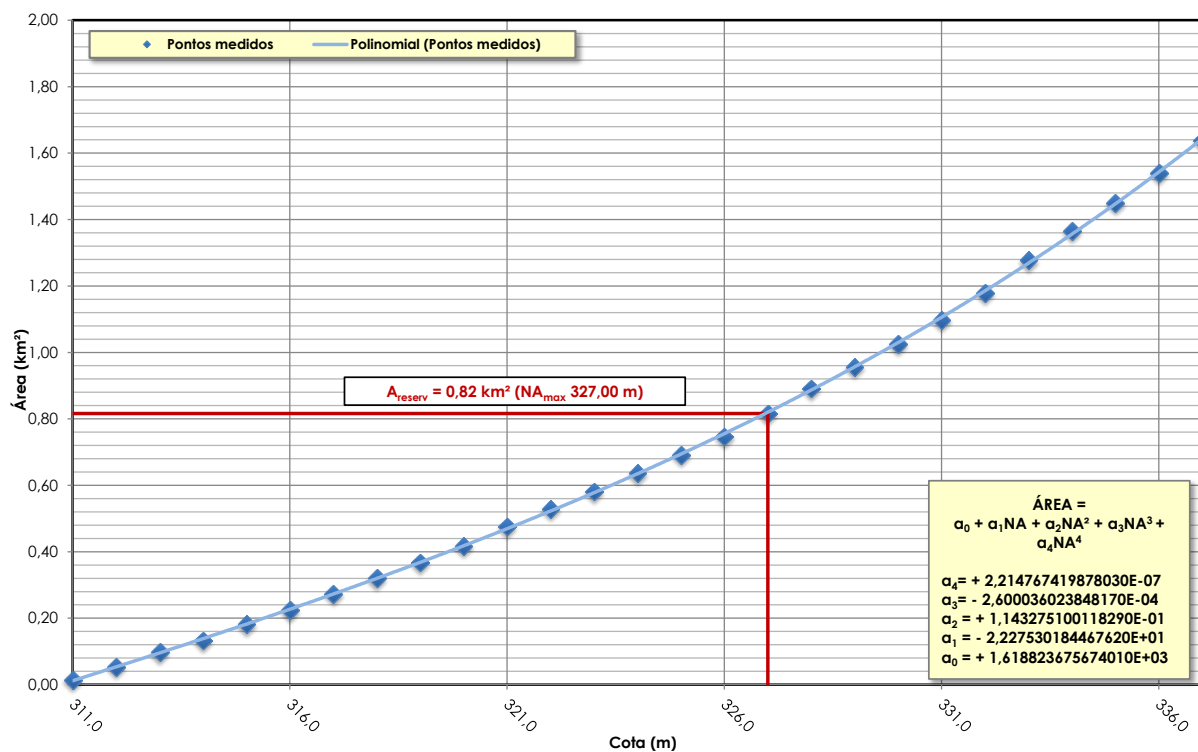


Figura 6-21: Curva cota x área do reservatório da PCH SU-104

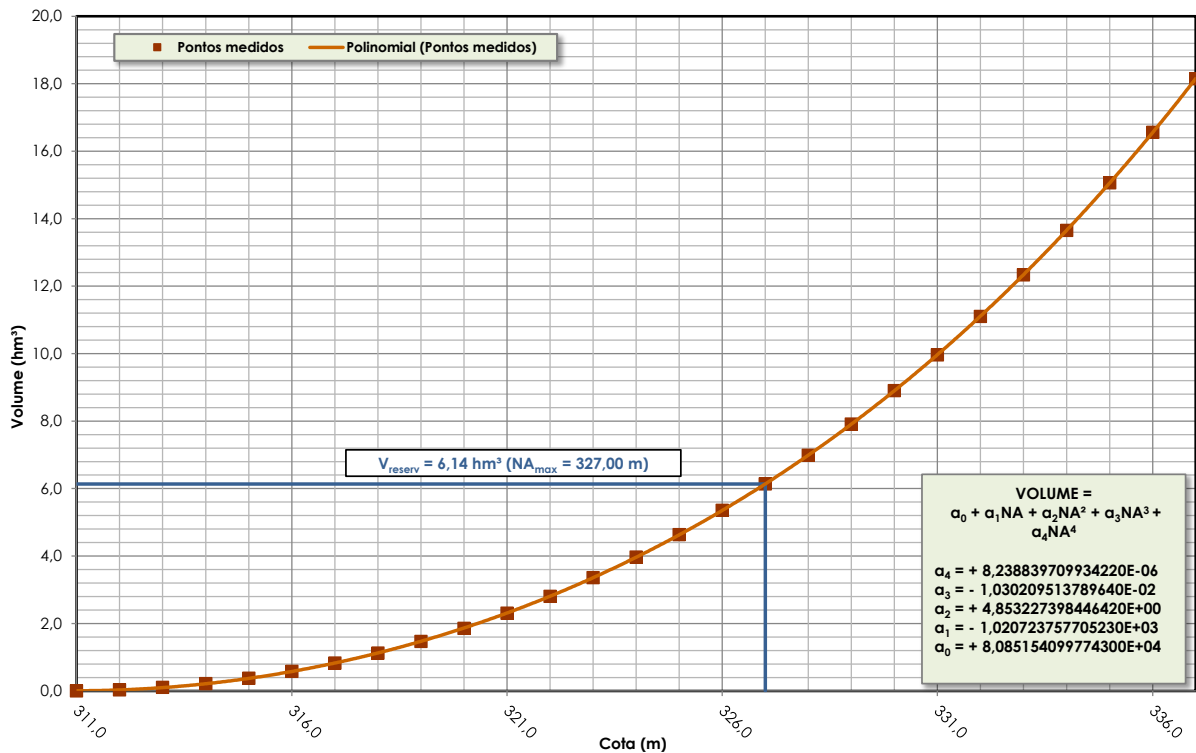


Figura 6-22: Curva cota x volume do reservatório da PCH SU-104

Como ilustrado nas figuras, tem-se para o reservatório da PCH SU-104, fixado na cota 327,00 metros, área igual a 0,82 km² e volume 6,14 hm³.

6.11. Enchimento do Reservatório

O estudo de enchimento do reservatório da PCH SU-104 foi realizado utilizando-se a série de vazões médias mensais, considerando o período de 01/1974 a 12/2020 e as curvas cota-volume apresentadas acima.

O tempo de enchimento corresponde ao tempo necessário para o reservatório atingir os níveis máximo de operação (NA máximo normal = 327,00 m).

Para o estudo de enchimento do reservatório, foram considerados as seguintes premissas:

- Vazões com 5% do tempo de permanência, médias mensais e com 95% do tempo de permanência;
- Início do enchimento em qualquer um dos doze meses do ano;
- Volume do reservatório no NA Máximo Normal, a partir do qual se admite que tenha início a geração, e o fluxo para jusante é restabelecido.
- Considerou-se, também, como vazão mínima a ser mantida para jusante, os valores definidos neste estudo, os quais foram descontados para efeito de enchimento;
- A vazão líquida armazenada no reservatório calculada por:

$$\text{Vazão Líquida} = Q_{\text{AFLUENTE}} - Q_{\text{REMANESCENTE}}$$

A Tabela 6-31 apresenta os tempos necessários para o enchimento do reservatório da PCH SU-104.

Tabela 6-31: Tempos de enchimento dos reservatórios – PCH SU-104

Mês	Vazões de enchimento (m³/s)			Tempo (h)			Tempo (dias)		
	Q _{5%}	Q _{MLT}	Q _{95%}	Q _{5%}	Q _{MLT}	Q _{95%}	Q _{5%}	Q _{MLT}	Q _{95%}
Janeiro	44,2	37,9	32,1	39	45	53	1,6	1,9	2,2
Fevereiro	46,1	39,6	34,0	37	43	50	1,5	1,8	2,1
Março	47,8	40,6	34,7	36	42	49	1,5	1,8	2,0
Abril	45,9	39,7	34,1	37	43	50	1,5	1,8	2,1
Mai	42,7	37,0	32,2	40	46	53	1,7	1,9	2,2
Junho	39,4	35,0	30,5	43	49	56	1,8	2,0	2,3
Julho	37,5	33,6	30,0	46	51	57	1,9	2,1	2,4
Agosto	36,2	32,7	29,3	47	52	58	2,0	2,2	2,4
Setembro	36,1	32,6	29,2	47	52	58	2,0	2,2	2,4
Outubro	36,5	33,1	29,4	47	51	58	1,9	2,1	2,4
Novembro	38,9	34,3	29,9	44	50	57	1,8	2,1	2,4
Dezembro	41,5	35,8	31,0	41	48	55	1,7	2,0	2,3

Os resultados mostram que o tempo para enchimento do reservatório da PCH SU-104 é de, no máximo, 2,4 dias, e de no mínimo de 1,5 dias. Em média, o reservatório deve atingir o nível d'água máximo normal em 2 dias, aproximadamente. Em função da alta regularidade sazonal do rio Sauê-Uiná, não são observadas grandes diferenças nos tempos de enchimento em diferentes meses do ano.

Diante do curto espaço de tempo para que o reservatório atinja o seu nível d'água máximo normal, na época do seu enchimento deverá ser realizada uma comparação das vazões prováveis de ocorrer naquela época, com o valor da vazão a ser mantida para jusante, para que seja tomada uma decisão quanto a este parâmetro.

6.12. Tempo de Residência

O tempo de residência no reservatório é o número de dias que a água leva para sair do mesmo, contado desde o momento em que ela adentra no corpo d'água. Um reservatório tem regiões em que a velocidade do escoamento é maior, sendo os trechos ao longo dos talvegues aqueles em que o fluxo é preferencial. A massa de água que percorre estes trechos tem um tempo de residência sensivelmente menor do que a água que escoou pelas áreas marginais do reservatório.

A determinação do mapa bidimensional dos vetores de velocidade do fluxo no reservatório possibilita a determinação, com precisão, dos tempos de residência em cada compartimento do reservatório. Ela é feita por modelos matemáticos que resolvem as equações diferenciais de fluxo a superfície livre de Saint-Venant, através do processo de diferenças finitas. A aplicação desta metodologia é desejável quando o reservatório é grande, e há interesse em modelar as suas condições limnológicas, a fim de verificar a possibilidade de sua eutrofização. Mas, para determinar se é necessária a sua realização, faz-se inicialmente a determinação do tempo de residência em termos médios. O tempo de residência médio é, então, calculado por:

$$\text{Tempo de Residência} = \frac{\text{Volume do Reservatório}}{\text{Vazão Média}}$$

Para o reservatório da PCH SU-104, foi determinado o tempo médio de residência da água, usando a vazão média de longo termo da série de vazões afluentes, para o período 01/1974 a 12/2020. Os resultados são mostrados na Tabela 6-32.

Tabela 6-32: Tempo de residência – PCH SU-104

Local	Q _{MLT}	Volume	Tempo de Residência
	(m ³ /s)	(hm ³)	(horas)
PCH SU-104	40,0	6,14	42,6

Assim, o tempo de residência é de 42,6 horas, ou menos de 2 dias, o que sinaliza a inexistência de qualquer problema de degradação da qualidade da água no reservatório, o que minimiza os impactos ambientais do empreendimento.

6.13. Evaporação Líquida no Reservatório

A avaliação das perdas de água, a título da evaporação, nos reservatórios de usinas hidrelétricas, tem papel fundamental, tanto nos estudos de planejamento como na operação dos sistemas existentes. Nos estudos de planejamento da operação e da expansão energética, os dados de evaporação são utilizados de duas formas principais: nos estudos de simulação de operação de reservatórios e nos estudos para obtenção das séries de vazões naturais nos locais de aproveitamentos hidrelétricos. Nestes processos, referentes à quantificação do valor perdido por evaporação e evapotranspiração nos reservatórios dos aproveitamentos hidrelétricos, este montante se traduz de forma linear em perda energética nas usinas hidrelétricas.

Antes do enchimento do reservatório ocorre, na sua área, a evapotranspiração, a qual já está computada nas vazões observadas e geradas. Após o início da operação do empreendimento essa evapotranspiração será substituída pela evaporação da superfície de água, alterando as vazões naturais afluentes ao barramento.

A evaporação líquida é a diferença entre a evaporação real do reservatório e a evapotranspiração real da bacia hidrográfica no local do reservatório antes da sua implantação. Ela é necessária para a reconstituição das séries de vazões naturais dos aproveitamentos hidrelétricos e para uso nas simulações energéticas. Isto significa que as séries de vazões devem, então, ser recalculadas, levando em conta esta evaporação líquida, de modo a se obter uma nova série.

Neste item apresentam-se os estudos realizados para a determinação da evaporação líquida no reservatório da PCH.

6.13.1. Metodologia de Cálculo

Os cálculos foram realizados usando metodologia e sistema desenvolvidos pelo CEHPAR - Centro de Hidráulica e Hidrologia Prof. Parigot de Souza, para o ONS, com o objetivo principal de calcular as grandezas evaporação de lago, evapotranspiração real e a evaporação líquida para as usinas que compõem o Sistema Interligado Nacional. O sistema utilizado é SISEVEVAPO, versão 1.0, utilizado no âmbito do Setor Elétrico Brasileiro para o cálculo de evaporações líquidas nos aproveitamentos hidrelétricos.

O método consiste em obter superfícies interpoladoras das grandezas temperatura média mensal, umidade relativa média mensal, número de horas de insolação mensal e da precipitação anual, necessárias na determinação das grandezas evaporação e evapotranspiração.

No trabalho do CEHPAR foi utilizado o método da interpolação multiquadrática para obtenção dos mapas de isolinhas das grandezas meteorológicas. Dos métodos de interpolação espacial, a interpolação

quadrática é bastante utilizada por ser bastante eficiente e por apresentar uma formulação matemática bastante simples. É utilizado o método de Morton (CRAE e CRLE), a partir dos dados meteorológicos das Normais Climatológicas de 1961-1990, publicados pelo INMET.

6.13.2. Critérios de Cálculo

O principal parâmetro para o cálculo da evaporação líquida é a série de dados contendo os parâmetros meteorológicos. Neste estudo utilizou-se as normais climatológicas regionais do período 1961-1990, padrão hoje utilizado no planejamento do setor elétrico.

Para o cálculo da evaporação líquida utilizou-se dados de localização do reservatório, definidos pelas suas coordenadas geográficas, latitude e longitude, dos níveis d'água máximo normal, mínimo e médio, e das suas profundidades características. A Tabela 6-33 apresenta os dados dos pontos de interesse.

Tabela 6-33: Dados de entrada do SISEVAPO

AHE	NA Máx. (m)	Área (km ²)	Volume (hm ³)	Prof. Média (m)
PCH SU-104	327,00	0,82	6,14	7,49

6.13.3. Resultados

Para o local da usina, os valores de evaporação e de evapotranspiração potencial e real, e de evaporação líquida, a qual é a diferença entre as duas anteriores, calculados pelo SISEVAPO são apresentados na Tabela 6-34.

Tabela 6-34: Evaporação líquida (mm) – SU km-104

Dados	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Evaporação Potencial	147	124	144	135	129	108	120	144	158	154	145	153	1661
Evaporação Real	143	122	133	127	121	99	97	118	133	136	134	147	1509
Evapotranspiração Potencial	132	115	136	131	119	105	130	140	144	161	155	137	1605
Evapotranspiração Real	129	115	119	121	105	92	90	87	90	133	143	125	1350
Evaporação Líquida	14	7	14	6	16	7	7	31	43	3	-9	22	159

6.14. Assoreamento e Vida Útil do Reservatório

O objetivo deste item consiste em avaliar o aporte de sedimentos ao reservatório da PCH SU-104, visando estimar a sua vida útil e, também, estabelecer as ações preventivas a serem consideradas no controle de sedimentos.

A descarga sólida anual foi estabelecida com base em medições da produção de sedimentos realizadas na presente etapa de projeto, a partir das quais foi estimada a vida útil do reservatório.

Vale informar que foram realizadas 15 medições de descargas de sedimentos no rio Sauê-Uiná, conforme apresentado no **Volume 3 – Tomo III** deste relatório.

6.14.1. Produção de Sedimentos na Região Estudada

No presente estudo, utilizou-se as medições realizadas na estação Sauê-Uiná, cujas principais características foram apresentadas no item 6.3.2.3. Além das medições de descarga líquida, também foram realizadas campanhas de monitoramento de descarga sólida na estação.

A coleta e o cálculo da descarga sólida total foram realizados pela empresa Hydroconsult – Consultoria em Recursos Hídricos, pelo método Simplificado de Colby¹.

Na Tabela 6-35 são apresentadas as medições realizadas.

Tabela 6-35: Descarga sólida em suspensão e total pelo Método Simplificado de Colby, (1957)

Méd. (Nr.)	Data	Cota (cm)	Descarga líquida (m³/s)	Temperatura (°C)		Concent. Sedimentos (mg/l)	Concent. Relativa	Desc. sól. em suspensão (t/d)	Desc. sól. não medida (t/d)	Descarga sólida total (t/d)
				Ar	Água					
1	29/03/2019	200	45,56	29	26	6,22	882,68	24,48	166,25	190,74
2	19/06/2019	170	42,14	29	25	9,58	1.310,80	34,88	262,14	297,02
3	12/07/2019	165	39,84	30	24	3,92	1.230,65	13,49	155,51	169,01
4	11/08/2019	162	40,43	29	26	6,71	1.415,77	23,44	227,62	251,06
5	21/09/2019	159	40,59	28	26	8,42	1.484,03	29,53	263,95	293,47
6	22/12/2019	165	42,46	28	26	2,41	1.148,85	8,84	123,38	132,23
7	24/01/2020	161	36,27	28	24	2,54	1.011,56	7,96	101,38	109,34
8	10/05/2020	171	38,89	29	26	3,71	1.088,64	12,47	136,7	149,16
9	12/06/2020	163	39,84	29	25	4,66	1350,2	16,04	183,75	199,79
10	21/07/2020	152	34,25	29	25	3,57	1364,12	10,56	145,63	156,19
11	01/10/2020	145	36,2	28	25	10,65	1433,75	34,24	272,49	306,72
12	12/11/2020	152	34,69	36	25	4,46	1014,48	13,37	128,99	142,35
13	19/02/2021	168	40,83	28	25	4,48	1137,98	15,8	160,9	176,7
14	10/03/2021	191	48,68	28	25	6,82	1045,81	28,68	208,46	237,14
15	16/04/2021	186	44,61	28	25	4,15	1191,45	16	170,98	186,98

Cabe destacar que as medições desta etapa de Projeto Básico mostram-se bem superiores aquelas obtidas nos Estudos de Inventário do rio Sauê-Uiná, o que decorre do avanço da agropecuária no trecho alto do rio.

Com isso, a partir das medições realizadas pode-se obter uma descarga sólida total média para o local da estação, estabelecendo-se uma produção específica de sedimentos para o rio Sauê-Uiná, conforme apresentado na Tabela 6-36.

¹ Colby, 1957, conforme apresentado por Newton de Oliveira Carvalho, no livro Hidrossedimentologia Prática, nas páginas 201 a 205. O programa de computador utilizado encontra-se indicado nas páginas 369 a 371 do citado livro e foi desenvolvido por Jorge Henrique Alves Prodanoff.

Tabela 6-36: Produção específica de sedimentos – Estação Sauê-Uiná

Estação	A.D. (km ²)	DST (ton/dia)	DST (ton/ano)	Produção Específica (ton/ano/km ²)
Sauê-Uiná Jusante	1.700	199,9	72.950	42,9

Verifica-se a adequação da produção de sedimentos obtidas na citada estação, a qual será adotada como base no presente estudo, devendo-se aplicar coeficiente de majoração de 50% para compensar o efeito da expansão agropecuária nos próximos anos.

6.14.2. Estimativa da Vida Útil do Reservatório

Na presente análise, foi realizada a estimativa de vida útil para o volume total do reservatório e para o volume abaixo da cota da soleira da tomada d'água. Para a cota normal operacional do reservatório (327,00 m), o volume disponível é de 6,14 hm³, enquanto na cota da soleira (316,70 m) da tomada d'água tem-se um volume disponível de 0,75 hm³.

Para o Peso Específico Aparente do sedimento (ϕ_{AP}), adotou-se ϕ_{AP} igual a 1,554 ton/m³, considerando as características dos solos da região (100% areia), tendo em vista a ausência de medições granulométricas, tornando esta análise bastante conservadora.

Para determinação da Eficiência de Retenção (Er) dos Sedimentos, devido à grande variação na magnitude dos volumes do reservatório, adotou-se a Curva de Churchill para volumes inferiores a 10,0 hm³, apresentada por Annandale em 1987, recomendada pelo Guia de Avaliação de Assoreamento de Reservatórios (ANEEL/2000) para pequenos reservatórios. Para volumes superiores a 10,0 hm³, utilizou-se a Curva de Gunnar Brune, desenvolvido a partir de levantamentos sedimentométricos de vários reservatórios nos EUA, empregadas para reservatórios médios.

Para utilização da Curva de Churchill é necessário calcular o Índice de Sedimentação (IS) do reservatório. Este índice é calculado da seguinte forma:

$$IS = g \cdot (V^2 / (Q^2 * L))$$

Onde:

- $IS = g \cdot (V_{RES}^2 / (Q_{MLT}^2 * L))$;
- IS é o índice de sedimentação;
- V_{RES} é o volume em determinada cota, em m³;
- Q_{MLT} é a vazão média de longo termo do aproveitamento;
- L é o comprimento total do reservatório em determinada cota, em m;
- g é a aceleração da gravidade, 9,81 m/s.

A curva de Brune permite calcular a eficiência de retenção como função da capacidade de afluência, definida como a relação entre a capacidade do reservatório no seu NA máximo normal e o volume de água afluente médio anual, este calculado em função da vazão média mensal. Ele apresenta três curvas para determinação da eficiência de retenção, sendo a envoltória inferior recomendada quando o sedimento é fino e a superior quando o sedimento é grosso.

A partir dos critérios estabelecidos acima foi calculada a estimativa de vida útil do reservatório da PCH SU-104. Como os volumes em ambas as cotas avaliadas é inferior a 10 hm³, foi empregado o método de Churchill para o cálculo da eficiência de retenção. No entanto, como o índice de sedimentação para a avaliação da cota da tomada d'água é pequeno, o método retorna eficiência de retenção nula para o reservatório da PCH, indicando que todo o sedimento afluyente passaria pelo reservatório sem que se deposite neste. Apesar deste resultado, optou-se, de forma conservadora, por considerar uma eficiência de retenção de 5%. Para a avaliação da cota no nível normal operacional, o método retornou uma eficiência de retenção de 57%.

A Tabela 6-37 apresenta os parâmetros utilizados, bem como os resultados obtidos de estimativa de vida útil para o local da PCH SU-104.

Tabela 6-37: Estimativa de vida útil – PCH SU-104 (A.D.= 1.480 km²)

Dados	Volume no NA máx. normal	Volume na soleira da tomada d'água
Comprimento do reservatório (m)	7.840	4.570
Vazão média de longo termo (m ³ /s)	40,00	40,00
Volume do reservatório - (m ³)	6.140.000	75.000
Área da seção transversal média (m ²)	783	16
DST estimada para o local do AHE (t/ano)	95.400	95.400
Área de drenagem (km ²)	1.480	1.480
Período de retenção (segundos)	153.500	1.875
Velocidade média do reservatório (m/s)	0,051	2,437
Curva de cálculo utilizada	Churchill	Churchill
Relação capacidade/volume afl. anual - BRUNE	-	-
Er - sedimentos retidos no reservatório (%) - BRUNE	-	-
IS - Índice de sedimentação - CHURCHILL	3,01E+06	7,69E+02
ISg - gravidade - CHURCHILL	2,95E+07	7,54E+03
Er - Sedimentos retidos no reservatório (%) - CHURCHILL	57	5
Sedimentos retidos no reservatório (m ³ /ano)	35.039	3.073
Tempo de Assoreamento (anos)	175	24

Cabe enfatizar que esta estimativa é excessivamente conservadora, uma vez que a capacidade de retenção de sedimentos vai diminuindo com o tempo, na medida em que seu volume vai sendo comprometido com o sedimento depositado. Antes que o reservatório seja completamente tomado de sedimento, é estabelecido um regime de equilíbrio no qual não mais ocorre deposição, sendo todo o volume de sedimento afluyente transferido para jusante.

Durante a fase operacional do empreendimento será realizado periodicamente o monitoramento do avanço do volume depositado no pé do barramento e na entrada do canal. Quando necessário, deverão ser realizadas intervenções para retirada do sedimento acumulado.

7. ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

Neste capítulo são apresentados os estudos e os resultados dos levantamentos de campo (viagens de reconhecimento e investigações diretas), no que se refere à Geologia e Geotecnia, com objetivo de subsidiar o desenvolvimento do Projeto Básico da PCH SU-104. A numeração adotada para identificação do sítio do barramento significa a distância entre o eixo e a foz do rio Sauê-Uiná.

Os estudos regionais permitiram o reconhecimento dos aspectos geológicos e geomorfológicos da bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná, enquanto os estudos locais permitiram a definição das características das fundações para implantação das obras de terra e das estruturas de concreto, componentes do arranjo geral da futura usina.

7.1. Introdução

Para caracterização da área dos estudos foi realizada uma extensa pesquisa bibliográfica, com o intuito de obter a maior quantidade possível de dados técnicos, que compreendem mapas temáticos, cartas topográficas e imagens de satélite. Essa coletânea de informações técnicas permitiu a compreensão das características regionais da bacia no tocante à geologia, geomorfologia, ocorrência de recursos minerais, sismicidade regional e outros aspectos de interesse dos estudos ora apresentados.

Também foi realizado um levantamento geológico-geotécnico a partir de consultas aos arquivos e bibliotecas dos principais órgãos públicos da área de geologia e geomorfologia, em especial a Agência Nacional de Mineração – ANM (antigo DNPM), Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais – CPRM (Serviço Geológico do Brasil) e Projeto RADAMBRASIL.

Os estudos no sítio da PCH Sauê-Uiná consistiram no levantamento em campo de informações geológico-geotécnicas, com o objetivo de identificar e caracterizar os solos e o maciço rochoso.

As análises dos dados pesquisados, as interpretações das investigações em campo e os mapeamentos de superfície permitiram a caracterização da geologia regional e local na área prevista para implantação da PCH, bem como as características geológico-geotécnicas das fundações para as obras de terra e estruturas de concreto.

Com base nos dados obtidos foram produzidos os mapas geológico e geomorfológico regionais, as seções geológico-geotécnicas pelas fundações das principais estruturas e os demais documentos relativos às escavações e tratamentos de fundação.

A bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná está localizada na porção oeste do estado do Mato Grosso, situando-se, aproximadamente, entre os paralelos 12° e 14° Sul e entre os meridianos 58° e 59° Oeste.

Está localizada entre os municípios de Campos de Júlio e Sapezal, estando mais próximo deste último, sendo cortada pela rodovia federal BR-364, uma das principais vias de ligação do estado, em seu trecho alto.

A bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná limita-se ao norte com a bacia hidrográfica do rio Papagaio, do qual é afluente. Ao Sul está limitada pela bacia hidrográfica do rio Buriti. Ao Leste é limítrofe com a bacia hidrográfica do rio Buriti (trecho alto) e com a bacia hidrográfica do rio Papagaio (trecho baixo). A oeste limita-se com a bacia hidrográfica do rio Juruena.

O rio Sauê-Uiná pertence à bacia hidrográfica do rio Amazonas, bacia 1, sub-bacia 17, “*área de drenagem do rio Amazonas, compreendida entre a confluência do rio Trombetas, exclusive, e a confluência com o rio Tapajós, inclusive*”, de acordo com a classificação usual utilizada no Setor Elétrico Brasileiro (Inventário – Estações Fluviométricas, ANEEL, 2001).

Seu curso desenvolve-se no eixo sul-norte, com pequeno desvio para a direção Noroeste. Apresenta-se predominantemente com forma alongada em todo o seu percurso.

O rio Sauê-Uiná nasce em uma altitude próxima da cota 570 m, na Chapada dos Parecis, e deságua no rio Papagaio em uma altitude próxima da cota 250 m. Seu curso tem extensão total de aproximadamente 260 km e pela margem direita o seu principal afluente é o rio do Calor com uma extensão aproximada de 120 km. Pela margem esquerda o principal afluente é o Córrego Sapezal com aproximadamente 65 km de extensão. Os demais afluentes constituem pequenas drenagens e totalizam aproximadamente 80 km de extensão.

As terras da bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná pertencem ao município de Sapezal e são utilizadas predominante para plantações mecanizadas de elevado nível tecnológico (principalmente soja, milho e cana-de-açúcar).

7.2. Geologia regional

O rio Sauê-Uiná nasce nos limites da Chapada do Parecis e corre no sentido geral sul-norte, por aproximadamente 260 km, até sua foz, na margem esquerda do rio Papagaio. Sua bacia tem forma predominantemente alongada e uma área de drenagem de aproximadamente 3.400 km², em região de domínio do Planalto dos Parecis.

Do ponto de vista geológico a área da bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná é dividida em três unidades: Formação Salto das Nuvens e Formação Utariti, pertencentes ao Grupo Parecis de idade Cretácea; e Cobertura Detrito Laterítica de idade Terciário-Quaternária, conforme descrição das unidades apresentadas na Figura 7-1.

A região em que a bacia do rio Sauê-Uiná está inserida é constituída predominantemente por rochas sedimentares caracterizadas como arenitos de alta porosidade e boa permeabilidade. Essas rochas constituem aquíferos de elevada capacidade de armazenamento, que tornam as vazões dos cursos d'água bastante regulares ao longo do ciclo anual.

A característica fundamental dos arenitos da região, do ponto de vista hidrogeológico, é que constituem aquífero em exsudação permanente. Este comportamento exerce um processo natural de regularização das vazões das drenagens, reduzindo os picos na época de chuvas e aumentando as descargas do rio no período de estiagem. Em muitas das sub-bacias dessa área as vazões mínimas correspondem a cerca de 90% da média de longo período.

Tabela 7-1: Coluna Estratigráfica Regional (CPRM 2004)

ERA	UNIDADE GEOLÓGICA		SIMB.	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA
QUATERNÁRIO	Cobertura Detrito-Laterítica		TQdl	Areias, siltes, argilas e cascalhos com concreções limoníticas.
CRETÁCEO	Grupo Parecis	Formação Utiariti	K2ut	Arenitos ortoquartzitos parcialmente feldspáticos, cores variegadas, granulação fina a média com seixos esparsos, maciços e localmente silicificados
		Formação Salto das Nuvens	K2sn	Seção Média e Topo: intercalações de conglomerados petromíticos, matriz arcoseana, arcóseos e arenitos feldspáticos, com estratificação cruzada de grande porte em forma de cunha, presença de bolas de argila, diques de areias e conglomerados oligomíticos com seixos de quartzo, sílex e arenitos. Seção Basal: conglomerados petromíticos, matriz arcoseana, intercalados com arcóseos, argilitos e trapes basálticos

a) Grupo Parecis (Fm Salto das Nuvens K2sn e Fm Utiariti K2ut)

O Grupo Parecis é caracterizado por arenitos avermelhados ou amarelados, que ocorrem no planalto homônimo e regiões circunvizinhas, excetuando a fácies de origem eólica e considerada como Formação Botucatu.

O litotipo predominante é arenito maciço de coloração esbranquiçada, róseo-avermelhada, arroxeadada ou amarelada; granulação fina a média, por vezes grosseira, classificação boa e grãos arredondados de composição quartzo feldspática. O cimento, em geral, é constituído por óxidos de ferro e sílica ou acha-se caulinizado.

Exibe níveis conglomeráticos locais e lentes de argilitos e ou siltitos de cores arroxeadas. Eventualmente, nos estratos basais da unidade, ocorre conglomerado com matriz abundante, bem estratificado, intercalado com níveis de arenitos brancos ou rosados, friáveis, regularmente selecionados, com grãos arredondados de boa esfericidade e fracamente feldspáticos.

O Grupo Parecis é constituído por dois membros: um inferior denominado Formação Salto das Nuvens e um superior denominado Formação Utiariti.

Esta unidade ocupa grande área da região do rio Sauê-Uiná, se estendendo para o estado de Mato Grosso a partir da margem esquerda do rio Araguaia. Constitui a porção basal da litologia presente na área estudada.

b) Formação Salto das Nuvens K2sn

Membro inferior do Grupo Parecis, a Formação Salto das Nuvens apresenta arenito médio a fino, quase sem matriz, coloração cinza-avermelhada ou esbranquiçada e estratificações eólicas de dimensões decimétricas. A fração fina é predominante com grãos quartzosos bem arredondados e bem selecionados.

c) Formação Utiariti K2ut

Membro superior do Grupo Parecis, a Formação Utiariti é constituída por arenito rosa a vermelho, muito maduro, com grãos de quartzo de tamanho médio, bem arredondados e contato flutuante. A matriz é constituída por areia quartzosa fina e argila. Pode apresentar estratificações eólicas de dimensões decimétricas.

d) Cobertura Detrito-Laterítica

A Cobertura Detrito-Laterítica é formada por areias, siltes, argilas de cores variadas, concreções limoníticas (espessas lateritas ferruginosas concrecionárias) e solos ferruginosos sobre as rochas do Grupo Parecis.

7.3. Arcabouço Geotectônico do Noroeste do Mato Grosso

O contexto geotectônico da área estudada, a partir do ciclo Brasileiro, é caracterizado pelo transporte tectônico da Faixa Paraguai (Almeida, 1964) sobre o Sul-Sudeste do Cráton Amazônico, evidenciado por falhas de empurrão e dobra em “Chevron”, com vergência e aumentando da amplitude das dobras em direção ao cráton localizado a norte-nordeste (Weska e Sviseron, 2001).

Almeida (1983, 1986) definiu a Reativação Wealdeniana como o conjunto de processos tectônicos, magmáticos, sedimentares e morfológicos que incidiram na área continental brasileira com reflexos da abertura do Atlântico e da deriva entre América do Sul e África, caracterizando-a em quatro estágios, pré-rift, rift, oceanização e cratonização, que originaram vários sistemas de grábens e horstes, associados a arcos. No estado do Mato Grosso, nos domínios do Grupo Parecis, destacam-se os arcos do Alto Xingu e da Serra Formosa.

As regiões que compreendem os principais rios da região estão inseridas num controle estrutural cuja direção é N30°E, mudando para N40°W a jusante, onde a orientação dos lineamentos estruturais segue este padrão. Embora as rochas se apresentem pouco fraturadas, são observadas com nitidez as duas direções principais de fraturamento, coincidentes com os grandes lineamentos regionais, N30°-45°W, N15°-30°E.

As vertentes são retilíneas e longas, terminando junto aos rios e formando pequenas rupturas no relevo, condicionado pela presença dos arenitos da Formação Utiariti, que aflora nas margens. A análise das paleocorrentes deste pacote indica um “trend” bidirecional que varia ente 225° e 340°.

7.4. Geomorfologia Regional

A compartimentação geomorfológica do estado o Mato Grosso ressalta as várias unidades de relevo, cujas feições apresentam filiações genéticas comuns. Seus atributos mais frequentes resultam de peculiaridades internas que permitem distingui-las. Portanto, de acordo com a morfologia e os processos genéticos evolutivos dos modelados, foi possível distinguir os vários compartimentos geomorfológicos.

A bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná está inserida na unidade geomorfológica denominada Planalto dos Parecis. Limita-se a oeste com a Depressão do Guaporé; ao sul com as Depressões Cuiabana, do Alto

Paraguai e Interplanáltica de Paranatinga; ao norte com litologias do Complexo Xingu; e ao leste com sedimentos das Bacias do Paraná e Araguaia.

Esta bacia é compartimentada em três subunidades:

- Chapada dos Parecis;
- Planalto Dissecado dos Parecis;
- Planície Fluvial.

a) Chapada dos Parecis

A Chapada dos Parecis (AP1) compõe a subunidade mais elevada, com cotas altimétricas acima da elevação 550 m. Constitui-se, litologicamente, de arenitos do Grupo Parecis, que apresentam acamamento plano-paralelo, caracterizando a homogeneidade do relevo desta subunidade. Nos patamares mais elevados desta subunidade, recobrimo parcialmente o Grupo Parecis, encontra-se uma camada de sedimentos finos, associada à material concrecionário, sotoposto a um solo argilo-arenoso, vermelho-escuro, correspondente ao período Terciário – Quaternário. Esta cobertura é responsável pela manutenção do relevo superior essencialmente plano, apresentando-se fracamente entalhada por uma rede de drenagem de padrão subparalelo e unidirecional. Os limites laterais desta subunidade são demarcados por escarpas erosivas contínuas, resultantes da fusão de diversos anfiteatros, e correspondem à transição da superfície mais alta e conservada, para um nível mais baixo e dissecado, denominado de subunidade do Planalto Dissecado dos Parecis.

b) Planalto Dissecado dos Parecis

O Planalto Dissecado dos Parecis (AP2) constitui a subunidade mais extensa e expressiva do Planalto dos Parecis. Trata-se de um bloco topograficamente intermediário, relativamente homogêneo do ponto de vista altimétrico, com cotas topográficas que apresentam pouca variação (350 a 400 m). A principal característica desta subunidade é sua relativa homogeneidade topográfica, com predominância de formas dissecadas tabulares. Verifica-se que a intensidade de dissecação é determinada, principalmente, pela presença de conjuntos litológicos distintos na região de sua abrangência.

Esta subunidade caracteriza-se como um extenso compartimento elaborado em litologias areníticas do Grupo Parecis, constituído pelas Formações Salto das Nuvens e Utiariti. Apresenta predominantemente relevo plano e vertentes de baixa declividade. Secundariamente, ocorrem as áreas de escarpas abruptas, onde predominam as altas declividades e paredões verticais. As vertentes são retilíneas e longas, terminando junto ao rio Sauê-Uiná, formando pequenas rupturas no relevo, condicionado pela presença dos arenitos da Formação Salto das Nuvens, que afloram nas margens do rio.

c) Planície fluvial

As margens e leitos dos principais rios da região formam planícies fluviais com altitudes inferiores à elevação 300 m e concentram-se nas áreas de inundação. São áreas formadas por sedimentos arenosos inconsolidados, denominadas de Planície Fluvial, com idade Quaternária,

7.5. Recursos minerais

Foi realizada uma pesquisa no website da Agência Nacional de Mineração (ANM) em julho de 2021, para identificar a presença e as principais características dos processos minerários na área da bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná.

No total foram identificados quatro processos minerários na área da bacia hidrográfica. A Figura 7-2 apresenta a disposição espacial dos processos minerários identificados. A Tabela 7-2 lista as informações básicas de cada processo.

O tipo e a validade dos títulos minerários variam devido à aprovação ou não das etapas aos quais os títulos estão sujeitos. Portanto, essa pesquisa deverá ser refeita na época de implantação do empreendimento.



Figura 7-2: Títulos minerários na bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná

Tabela 7-2: Processos minerários em ativos na bacia (Fonte: ANM/SIGMINE)

Ano	Processo	Área (ha)	Fase	Titular	Substância	Último Evento	Data Último Evento
2017	867129	40,63	Licenciamento	Paulo Ricardo Fenner	Cascalho (brita)	Licenciamento autorizado	08/03/2019
2013	867040	49,39	Licenciamento	Paulo Ricardo Fenner	Cascalho (brita)	Licença ambiental protocolizada	22/11/2017
2013	867039	48,47	Licenciamento	Paulo Ricardo Fenner	Cascalho (brita)	Licença ambiental protocolizada	22/11/2017
2018	866356	5,00	Registro de Extração	Prefeitura Municipal de Sapezal	Cascalho (brita)	Registro de extração validado por 03 anos	04/10/2018

7.6. Sismicidade natural e induzida

Eventos sísmicos recentes foram registrados no contorno das estruturas que delineiam o cinturão Paraguai-Uruguai, constituído por uma faixa de dobramentos relacionados ao Ciclo Tectônico Brasileiro e que contorna a Plataforma Amazônica.

Na área estudada não são esperados sismos de grande intensidade, visto que as bordas de placas tectônicas se encontram localizadas a grandes distâncias da bacia hidrográfica em questão.

Nas regiões internas das placas tectônicas é bastante difícil relacionar a sismicidade natural e a sua geotectônica devido ao baixo índice da atividade sísmica ali identificada.

Na interpretação da sismicidade das regiões interiores das placas tectônicas são considerados os seguintes aspectos:

- Alívios de tensões responsáveis pelos sismos devem estar relacionados às descontinuidades e outras feições geológicas;
- Descontinuidades representadas por grandes falhas;
- Tensões atuantes numa crosta anisotrópica devem estar redistribuídas com maior intensidade nas zonas de fraqueza crustal;
- Tensões primárias devem estar vinculadas ao movimento das placas tectônicas litosféricas.

De modo geral, pode-se dizer que os sismos registrados em território brasileiro são gerados por uma acomodação de antigas estruturas do embasamento, que constituem cicatrizes dos diversos processos tectônicos acontecidos ao longo do tempo geológico.

A Figura 7-3 indica os sismos de ocorrência no Brasil, conforme registrado na Rede Sismográfica Brasileira (RSBR – www.rsbr.gov.br), bem como os sismos históricos.

Embora facilmente identificáveis por instrumentos específicos, a constatação dos danos em superfície torna-se difícil, sobretudo pela energia extremamente dissipada, incapaz de produzir efeitos passíveis de mensuração e evidentemente desprezíveis no que concerne às estruturas de barragens.

Sismos induzidos foram constatados por monitoramento sismológico em vários reservatórios de usinas hidrelétricas de grande porte. Tais eventos resultam de energia liberada pela acomodação das estruturas de superfície, quando submetidas ao repentino acréscimo de peso promovido pela formação de reservatórios.

A intensidade desses eventos é baixa, raramente atingindo valores de intensidade 3 e, tendo em conta as pequenas dimensões dos lagos formados pelas usinas, esses sismos induzidos não devem ser esperados.

No entanto, tem sido praxe nos projetos de grandes barragens brasileiras a adoção do valor de 0,005 g (para $g = 9,81 \text{ m/s}^2$) como parâmetro sísmico de segurança.

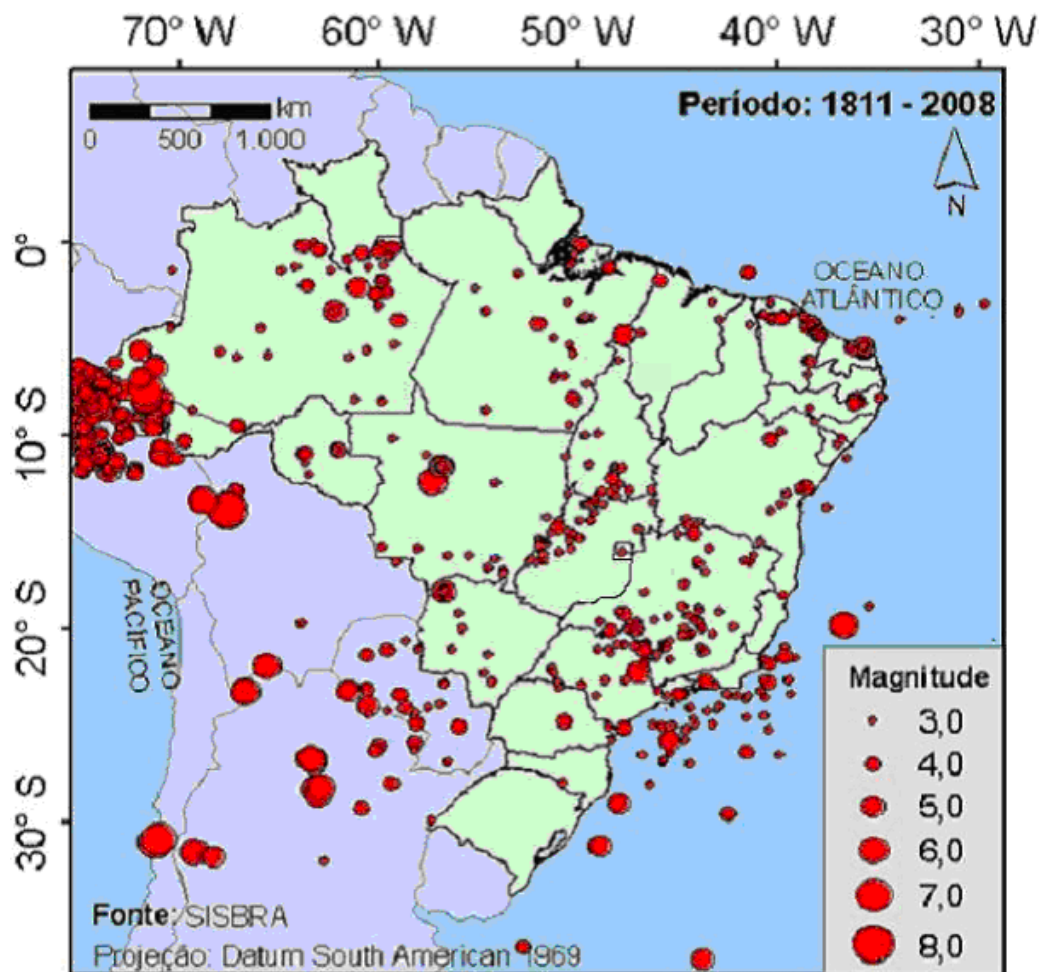


Figura 7-3: Mapa de localização de sismos em território brasileiro

7.7. Estanqueidade do reservatório

Pelos resultados das sondagens não foi constatada a presença de descontinuidades e outras estruturas geológicas que pudessem indicar a presença de cavidades no maciço rochoso, nem mesmo corpos de sedimentos de cobertura com permeabilidade alta, tais como terraços aluviais. Além disso os resultados dos ensaios de infiltração nas sondagens mostraram permeabilidades modestas para os arenitos locais.

No entanto, como as sondagens foram concentradas no sítio do barramento recomenda-se complementar essa avaliação durante a etapa final de projeto.

7.8. Estabilidade das encostas

Foi realizada uma avaliação integrada da área do entorno do reservatório, com o intuito de avaliar a estabilidade das encostas naturais mais imediatas ao mesmo.

A avaliação foi feita com base nas considerações regionais descritas nos capítulos anteriores, complementada pela interpretação de fotos aéreas, imagens de satélite e observações "in loco", tomadas durante a etapa de campo dos estudos desenvolvidos. Foram consideradas as feições do relevo, as características do solo, a ocupação e uso atual da área.

Em geral as encostas apresentam declividades baixas, ocorrendo pontualmente alguns locais com maior declividade que podem gerar alguma instabilidade localizada de pequeno volume.

7.9. Geologia local

A geologia local foi definida tomando por base as visitas ao campo e as campanhas de investigações geológico-geotécnicas realizadas na área estudada.

Cabe ressaltar que, de modo geral, não ocorrem afloramentos de rocha às margens do rio Sauê-Uiná, com exceção de algumas corredeiras localizadas.

Os estudos foram conduzidos por meio de trabalhos de campo e de escritório, realizados em etapas distintas e voltados para a identificação e compreensão dos aspectos geológico-geotécnicos de interesse no sítio estudado.

O sítio SU-104 apresenta como singularidade um forte controle estrutural em duas direções praticamente perpendiculares entre si, como pode ser visto na Figura 7-4. Os lineamentos estruturais identificados forçam o rio a correr em duas direções distintas, uma principal N20°W e outra aproximadamente N70°E.

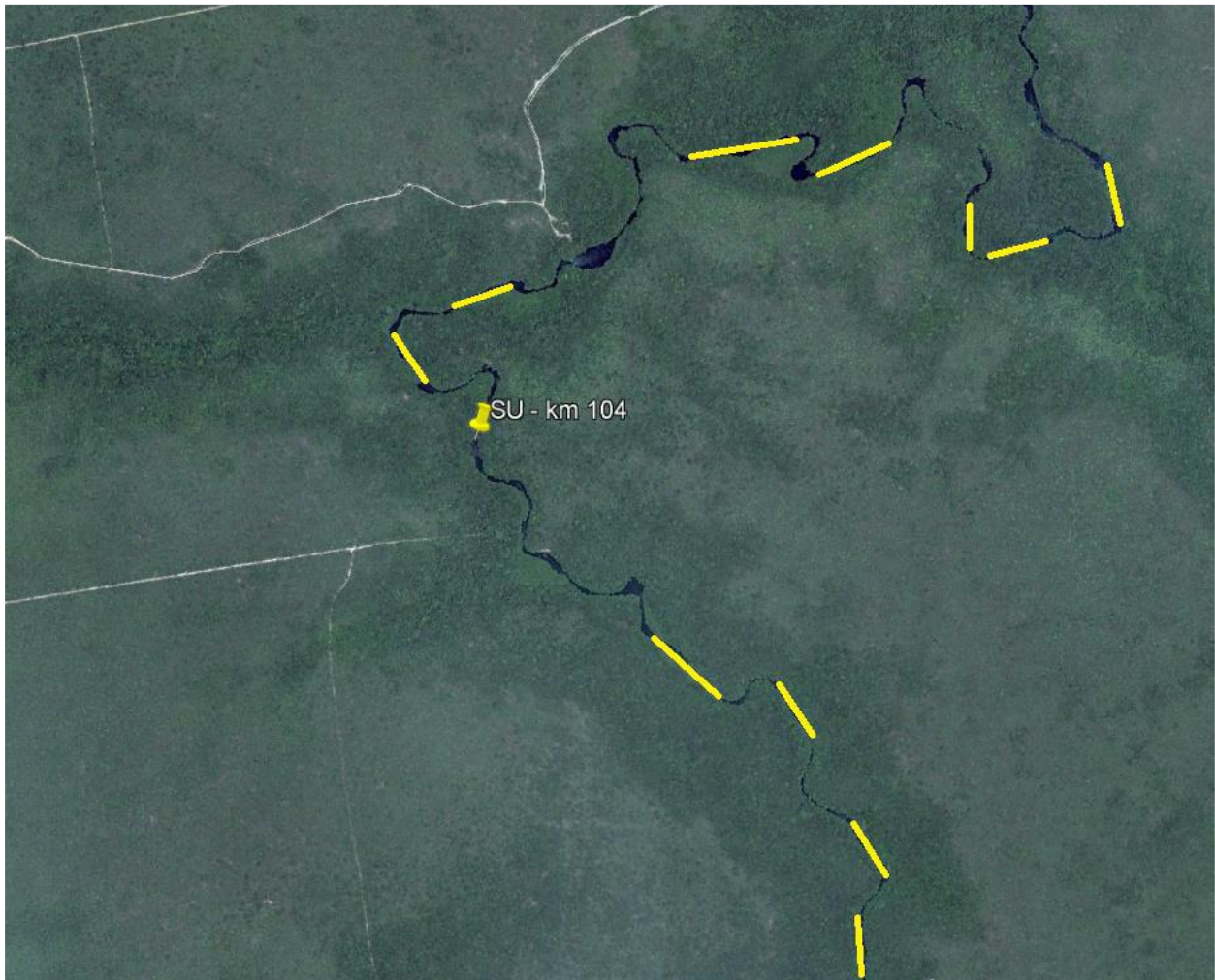


Figura 7-4: Visão geral do sítio SU-104

A litologia no sítio do barramento é constituída por arenitos das Formações Utiariti e Salto das Nuvens. Tais rochas, quando intemperizadas, geram solos arenosos predominantemente finos de cor cinza escura, superficialmente.

A espessura dos solos varia entre 2 e 10 metros e a permeabilidade se mostra média a baixa.

Os arenitos são geralmente finos e friáveis, tanto que as recuperações de testemunhos são baixas. No entanto a capacidade de suporte é suficiente para as estruturas dos empreendimentos em vista, desde que confinados para evitar erosões.

As ombreiras possuem inclinação relativamente suave e exibem algum grau de simetria. Em todo o sítio SU-104 não há afloramentos rochosos no leito do rio e nem tampouco em suas margens.

7.9.1. Investigações geológico-geotécnicas

As sondagens e ensaios in situ foram executados pela empresa NACON Sondagens (Relatório NE048-21_PCH SU-104_rev00) entre os meses de março e abril de 2021.

Para os estudos foram executadas 05 sondagens mistas com 56,84m; 07 sondagens à percussão com 103,65 m; e 18 ensaios de infiltração.

Estas investigações caracterizaram a presença de arenitos finos de coloração variável entre rosa avermelhado e tons de bege a marrom, medianamente a pouco permeáveis e medianamente a pouco fraturados. O maciço rochoso de arenito subjacente apresenta-se extremamente friável, com índices de coerência C4 e recuperação muito baixa, mesmo em profundidade.

Os solos residuais são constituídos por areia fina a média, siltosa e apresenta índices de SPT variando de 3 a >30 golpes/30 cm finais de penetração, mostrando um solo com grande variação de resistência, passando de fofo a compacto.

Nas sondagens mistas executadas foi encontrado arenito fino/médio, pouco coeso e com porcentagem de recuperação abaixo de 25%. Nestas condições, deve-se direcionar atenção especial ao sistema de controle de percolação pela fundação com a drenagem interna da barragem e eventualmente soluções de proteção no pé das estruturas a fim de evitar gradientes hidráulicos elevados no pé das estruturas de concreto componentes do barramento.

7.10. Disponibilidade dos materiais naturais de construção

a) Material terroso

Foram observados depósitos de solo coluvionar e de alteração na região, com características predominantemente areno-siltosas, contendo porcentagens variadas de silte e areia. As quantidades necessárias a serem utilizadas no empreendimento serão obtidas das escavações obrigatórias e de eventuais áreas de empréstimo a serem pesquisadas nos sítios dos empreendimentos.

b) Material granular

Depósitos aluvionares constituídos de material arenoso são comuns na região devido principalmente à composição das rochas por onde o rio passa. Depósitos aluvionares de areia e cascalho podem ser encontrados ao longo do rio, porém os volumes disponíveis deverão ser mais bem avaliados para a utilização nas obras. Nesse caso, poderão ser obtidos materiais artificiais em cidades próximas, como Sapezal.

c) Material pétreo

O material pétreo a ser obtido das escavações obrigatórias provavelmente não poderá ser utilizado como enrocamento de proteção dos taludes de escavação, devido às características do maciço rochoso a ser escavado. Caso não sejam obtidos blocos íntegros suficientes, os enrocamentos para lançamento das ensecadeiras deverão ser obtidos de pedreiras próximas.

7.11. Balanço de materiais simplificado

Para o balanço de materiais, devem ser considerados alguns aspectos e fenômenos que ocorrem com solos e rochas quando estes são escavados e transportados.

Solos, quando escavados, perdem a compactação natural oriunda de seu próprio processo de formação. Esse processo de expansão volumétrica é chamado de empolamento, processo que pode ser bastante considerável em alguns casos. Já o processo contrário, que acontece quando o solo é aplicado no aterro da barragem, é chamado de contração. Com isso, após o desmonte, o solo assume um volume maior do que aquele em que se encontrava em seu estado natural e após aplicação na barragem, o volume assumido é menor do que o volume escavado.

Para este estudo, foi considerado um grau de empolamento de 5%, ou 1,05 entre a escavação e o aterro de bota-espera. Já o fator de conversão para utilização do volume de aterro do bota-espera para aplicação na barragem é de 0,8, pois o grau de compactação do aterro da barragem é superior ao do aterro de bota-espera. Estes valores são apresentados na Tabela 7-3 já com as perdas contabilizadas.

Ressalta-se que o material aproveitável das escavações obrigatórias só poderá ser utilizado nos espaldares da barragem de terra, não sendo adequados para a zona interna de vedação. Esta, por sua vez, deverá ser composta por material argiloso proveniente das áreas de empréstimo já comentadas nesta Seção.

O material rochoso obtido nas escavações obrigatórias provavelmente não servirá para utilização nas ensecadeiras, pois não deverão ser obtidos blocos íntegros com diâmetros suficientes para lançamento das ensecadeiras. Portanto, todo o material a ser utilizado nas ensecadeiras de primeira e segunda fase deverão ser obtidos de pedreiras ativas na região. O fator de empolamento até o bota-fora considerado foi de 20%

Areia e brita para concreto deverão ser extraídas de pedreiras próximas.

Tabela 7-3: Balanço de materiais com graus de empolamento de solo e compactação de rocha

ESCAVAÇÃO SOLO		
Escavação em solo arenoso (m ³)	Grau de Empolamento (m ³)	Volume Disponível Bota-Espera (m ³)
314.265	1,05	329.980
ROCHA		
Escavação em rocha (m ³)	Grau de Empolamento (m ³)	Volume Disponível Bota-Espera (m ³)
26.900	1,20	32.280
ATERROS		
Aterro em Solo Arenoso (m ³)	Grau de Empolamento (m ³)	Volume Necessário Bota-Espera (m ³)
98.200	1,30	127.660
Aterro Solo Argiloso na Seção da Ensecadeira e da Barragem (m ³)	Grau de Empolamento (m ³)	Volume Necessário (m ³)
63.135	1,25	78.920
Aterro Rocha na Seção da Ensecadeira e da Barragem (m ³)	Grau de Empolamento	Volume final aterro rocha que poderá ser utilizado das escavações obrigatórias (m ³)
3.125	1,05	3.260

BALANÇO DE MATERIAIS		
Volume total Bota-Fora (solo + rocha) (m³)	Volume resultante Solo argiloso proveniente de jazida (m³)	Volume resultante Rocha proveniente de pedreira (m³)
234.600	- 78.920	- 3.260
Obs. Se positivo, vai para área de bota-fora, se negativo, vem das Áreas de Empréstimo/Pedreiras.		

Como pode ser observado, após a aplicação de todos os parâmetros já citados, o volume de solo arenoso produzido durante as escavações obrigatórias supera as necessidades para aterro, sendo necessária área de bota-fora para este material. Todo o material rochoso deverá também ser encaminhado para bota-fora. Isto acontece principalmente pela qualidade do material obtido, que não é adequado para aplicação em concreto nem em ensecadeiras. Serão necessários cerca de 78.920 m³ de solo argiloso de área de empréstimo e 3.260 m³ de rocha de pedreira para aplicação nas ensecadeiras.

7.12. Área de bota-fora

Para esta fase dos estudos, foi definida uma área de bota-fora, denominada Bota-Fora 1. A área encontra-se integralmente dentro dos limites do reservatório, na margem esquerda do rio Sauê. O volume de armazenamento totaliza cerca de 244.640 m³, considerando uma espessura de 4,0 m de material.

A Figura 7-5 indica o local da área, bem como o volume de armazenamento.

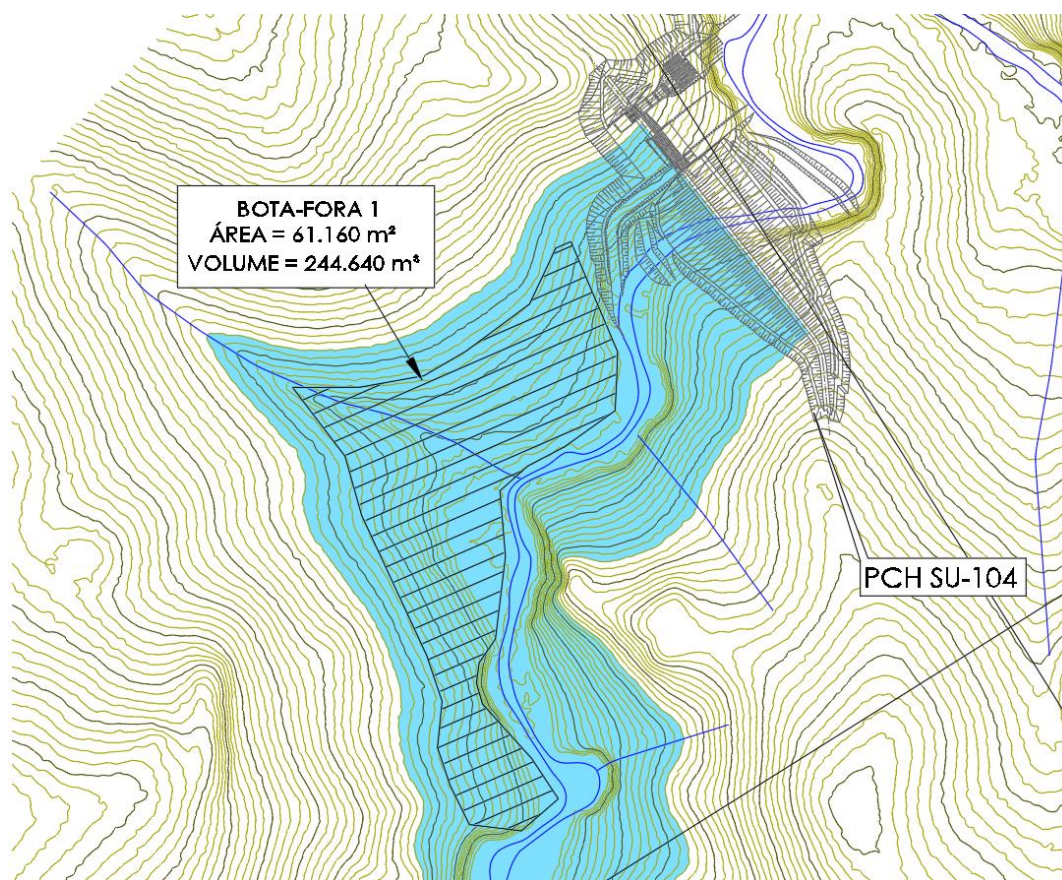


Figura 7-5: Localização, área e volume da área de bota-fora da PCH SU-104

7.13. Condições geológico-geotécnicas das fundações

Neste item são descritas as condições de fundações e principais tratamentos previstos nas principais estruturas que compõem o arranjo da usina, que estão divididas entre as duas margens do rio e seu leito. As considerações foram feitas com base nas investigações executadas em profundidade.

7.13.1. Barragem de terra margem direita e leito do rio

A barragem deverá ter comprimento aproximado de 268,0 m, incluindo a zona de encontro com o muro de topo direito.

A barragem deverá ser apoiada sobre maciço com índice de SPT acima de 7 golpes/ 30 cm finais de penetração em todo o trecho da margem direita. Para tal, a escavação da barragem da margem direita deverá ter 4,0 m de profundidade em média, como evidenciado pelas sondagens SP-01 e SM-02 a SM-05.

Para o lançamento da primeira camada de aterro, a fundação deverá ser limpa e regularizada e eventuais zonas de material fofo deverão ser removidas. Os tratamentos deverão ser complementados com uma cortina de injeção, ao longo do barramento. Caso existam descontinuidades abertas no leito do rio, estas deverão ser preenchidas superficialmente com calda de cimento e as fundações regularizadas com concreto na zona de vedação. Eventualmente poderá ser realizado o adensamento dos furos da cortina de injeção nessas regiões.

7.13.2. Barragem de terra margem esquerda

A barragem de terra da margem esquerda deverá ter um comprimento aproximado de 37,0 m.

Essa estrutura deverá se posicionar sobre solo residual e de alteração de arenito, com a remoção total do como apoio o maciço de aterro sobre material com índice de SPT acima de 7 golpes/ 30 cm finais de penetração. De acordo com a sondagem SP-09 a rampa de escavação da barragem provavelmente atenderá a esse critério e, portanto, a barragem poderá ser coroada nessa escavação.

Para o lançamento da primeira camada de aterro na área do leito do rio, a fundação deverá ser limpa com jatos de ar e água, regularizada e eventuais zonas de material fofo deverão ser removidas.

7.13.3. Barragem de concreto

A barragem de concreto deverá ter comprimento de aproximadamente 22,0 m na margem esquerda e faz a ligação entre o vertedouro e a tomada d'água.

A barragem de concreto deverá se posicionar sobre arenito resistente, com a remoção total do solo coluvionar e solo de alteração sobrejacente, tendo como apoio o maciço rochoso com boa capacidade de suporte.

Para o lançamento da primeira camada de concreto, a fundação deverá ser limpa com jatos de ar e água, regularizada com aplicação de concreto com espessura mínima de 20 cm. Os tratamentos deverão ser complementados com uma cortina de injeção ao longo do barramento.

7.13.4. Vertedouro

Essa estrutura deverá ser posicionada no leito do rio com comprimento de 32,0 m. Deverá ser assentada em maciço rochoso de arenito com suporte adequado após a regularização final da superfície. Adicionalmente, está prevista remoção total da camada de solo que se encontre na fundação do vertedouro.

Deverão ser executados tratamentos como regularização, limpeza e jatos de ar e água, remoção de eventuais “bolsões” de arenito pouco consistente, eventuais injeções de consolidação e cortina profunda de injeções.

Os 10,0 m iniciais na região de contato com a estrutura deverão ser protegidos por laje de fundo com 1,0 m de espessura para evitar erosão do maciço no pé da estrutura do vertedouro.

7.13.5. Tomada d’água e estrutura de desvio

Foi prevista escavação até a cota 315,7 m para assentamento da tomada d’água e até a cota 307,0 m para a estrutura de desvio. Estas estruturas deverão estar apoiadas em maciço rochoso de arenito, com boas condições de suporte.

O tratamento deverá ser realizado por meio de jateamento de ar/água e limpeza fina para apoio das estruturas de concreto que compõem este trecho. Caso seja encontrado material pouco resistente e friável abaixo das cotas de fundação dos blocos, este material deverá ser removido e recomposto com concreto massa até a cota de fundação.

7.13.5.1. Conduto forçado

Os condutos forçados deverão ser assentados sobre o maciço rochoso de arenito, após a remoção dos blocos e fragmentos superficiais de rocha (caso ocorram) ao longo do traçado do conduto. A superfície para assentamento da tubulação também deverá ser regularizada para colocação dos “berços” e blocos de concreto que servirão de apoio a essa tubulação.

O tratamento da fundação das estruturas deverá ser realizado por jateamento de jato de ar e água e limpeza fina manual. Previu-se também a remoção de materiais desagregados e incoerentes, com posterior regularização com concreto.

Poderão ser necessários tratamentos locais nos taludes permanentes. Este tratamento deverá ser realizado com a aplicação de concreto projetado com fibras e chumbadores de fixação. A drenagem do talude por meio de barbacãs também é indispensável para evitar trincas e estofamentos no concreto. Os taludes em solo deverão ser protegidos por revestimento vegetal.

7.13.5.2. Casa de força e canal de Fuga

A casa de força foi prevista para ser escavada até a cota 301,1 m, devendo seu piso inferior ser assente em maciço rochoso de arenito, após as remoções dos capeamentos de solo que recobrem a fundação da estrutura. Caso seja encontrado material com baixa condição de suporte, este deverá ser removido e recomposto com concreto massa.

Para os taludes permanentes em rocha poderá ser aplicado concreto projetado com fibras, complementado com drenagens por barbacãs e possíveis DHP’s se forem encontrados locais de instabilidade.

O canal de fuga será escavado em rocha arenítica, onde será necessária regularização e proteção dos taludes com concreto projetado e drenagens, no trecho abaixo do nível d’água de operação do canal. Nos trechos dos taludes acima do N.A, os taludes deverão ser protegidos com revestimento vegetal, de modo a evitar os efeitos erosivos das águas superficiais. Canaletas de drenagens são previstas nas bermas que compõem os taludes.

8. ESTUDOS DE CUSTOS

Para a formulação dos preços unitários das principais obras civis foram utilizados o sistema Sisorh e sua base de dados, e preços praticados em obras similares, coletados junto a empreiteiros e fornecedores especializados.

Para os equipamentos eletromecânicos, obtiveram-se os preços de aquisição a partir de banco de dados próprio, baseado em orçamentos já realizados para instalações e projetos de empreendimentos similares, bem como por consultas informais a fabricantes e fornecedores especializados.

Para as rubricas determinadas por valores globais ou taxas, foram utilizadas as sugestões contidas nos manuais, bem como dados e informações obtidas de obras similares, ou consideradas em estudos de mesma natureza.

A data de referência para os estudos econômicos foi estabelecida como junho de 2021 e a atualização dos preços unitários e globais, quando referenciados a outras datas, foi feita aplicando-se a taxa de variação do IGP-DI, da Fundação Getúlio Vargas, entre as datas de referência consideradas.

Os itens a seguir apresentam os critérios e valores considerados para as rubricas do OPE, aplicáveis aos estudos em tela.

8.1. Obras Civis

Para as rubricas do Plano de Contas do Orçamento Padrão ELETROBRÁS, correspondentes às características peculiares de cada uma das alternativas, foram estabelecidos os custos de implantação das estruturas e sistemas, ora aplicando-se preços unitários, ora globais, em função das características e importância relativa de cada uma delas no preço global do empreendimento.

- **Casa de Força:**
 - **11.12. Benfeitoria na Área da Usina:** Para essa rubrica foi utilizada uma equação proposta pelo Manual de Inventário, em função da potência instalada da usina, com atualização de custos para a data base.
 - **11.13.00.12.10 – Escavação Comum:** Calculado considerando-se 2/3 do volume como escavação em solo e 1/3, como escavação com escarificação. Para a escavação comum, 50% do volume foi considerado com aplicação direta na área de compactação (se necessário) e 50% destinado para áreas de bota-fora.
 - **11.13.00.12.11 Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Calculado considerando-se 90% do volume escavado destinado ao estoque e 10% com aplicação direta nas praças de compactação. Nessa rubrica também foram considerados os serviços de “pré-fissuramento”, em uma área correspondente a 0,05 do volume de rocha escavada.
 - **11.13.00.13 – Tratamento de Fundações:** Este serviço se refere à limpeza de superfície da rocha para fundação. Envolve as operações de retirada da rocha solta e detritos, acerto dos desníveis, drenagem das superfícies, limpeza da área, obturação das falhas e preparo final da superfície com concreto de regularização e de preenchimento das cavidades (espessura média de 0,2 m).
 - **11.13.00.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); à respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e à descarga no silo. Foi considerada a taxa de consumo igual a 350 kg/m³ para concreto convencional, 250kg/m³ para concreto massa e 450kg/m³ para concreto projetado.

- **11.13.00.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e acabamento; tratamento de juntas de construção; aquisição, manuseio, confecção, preparação de forma (incluindo todas as instalações de carpintaria); transporte, montagem e desmontagem (após a cura do concreto) da forma; escoramentos e cimbramentos; controle da qualidade (incluindo os laboratórios para ensaios de concreto; cimento e armadura). Para concreto projetado em taludes foram considerados também os custos de execução de malha de chumbadores 1,5 x 1,5m e 4 metros de comprimento e barbacãs.
- **11.13.00.14.15 – Armadura:** Esta composição abrange todas as composições necessárias para a execução da armação diretamente nas formas: fornecimento, arrumação e manuseio no pátio de armação; preparo na central de armação; transporte, lançamento e fixação das armaduras nas formas. A taxa média de consumo de armadura foi de 75 kg/m³.
- **11.13.00.15. Instalações e Acabamentos:** Para essa rubrica foi utilizada uma equação proposta pelo Manual de Inventário, em função da potência instalada da usina, com atualização de custos para a data base, majorada por um fator para contemplar os custos adicionais com a substituição da superestrutura de concreto por metálica.
- **11.14. Vila dos Operadores:** Não foi considerada qualquer previsão de recursos para essa rubrica, uma vez que a vila dos operadores foi admitida como reaproveitamento parcial do canteiro e acampamento de construção, quantificado na conta. 17.
- **11.27. – Eventuais da conta 11:** Para essa rubrica foi considerado um percentual de 8% do subtotal da conta.
- **Ensecadeiras:**
 - **12.16.22 – Ensecadeiras (serviços considerados em outras contas):** Para as ensecadeiras, as atividades referentes a desmatamento e escavações para preparo do terreno, foram consideradas já contempladas nas demais atividades das diversas estruturas que compõem o aproveitamento.
 - **12.16.22.19 – Ensecadeira de Rocha e Terra:** O preço unitário para esta rubrica foi composto considerando-se as seguintes atividades e percentuais de incidência:

Solo Lançado (40% do volume total): correspondente aos serviços de obtenção; carga e transporte; lançamento/espalhamento de solo, para a vedação das ensecadeiras. Foram considerados 95% do volume desse material proveniente de escavações obrigatórias, e 5%, de áreas de empréstimo.

Para o material proveniente de escavações obrigatórias, os custos de escavação; carga e transporte não foram considerados, uma vez que já incidem nas rubricas escavações comuns.

Enrocamento Lançado (50% do volume total): correspondente aos serviços de obtenção; carga e transporte; lançamento/espalhamento de enrocamento, nas ensecadeiras. Foram considerados 80% do volume do material proveniente de escavações obrigatórias, e 20%, de estoques.

Para o material proveniente de escavações obrigatórias, os custos de escavação; carga e transporte não foram considerados, uma vez que já incidem nas rubricas escavações em rocha.

Transições (10% do volume total): corresponde aos serviços de produção de brita, a partir de rocha no estoque; separação e estoque nos pátios; carga e transporte; lançamento/espalhamento e de compactação desse material nas ensecadeiras.

- **12.16.22.21 – Remoção de Ensecadeiras:** Corresponde aos serviços de escavação, carga, transporte e espalhamento do material escavado, em áreas de bota-fora. Foi considerado que 90% do volume serão de escavação em seco, feita com trator de esteira e carga com pá-carregadeira, e 10% submersa, feita com retroescavadeiras.
- **12.16.22.22 – Esgotamento e Outros Custos:** Para essa rubrica, um percentual de 15% sobre o custo de construção das ensecadeiras.
- **Canal ou Galeria / Adufas de Desvio:**
 - **12.16.24.12.10 – Escavação Comum:** Calculado considerando-se 2/3 do volume como escavação em solo e 1/3, como escavação com escarificação. Para a escavação comum, 20% do volume foi considerado com aplicação direta na área de compactação (se necessário) e 80% destinado para áreas de bota-fora.
 - **12.16.24.12.11 – Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Calculado considerando-se 90% do volume escavado destinado ao estoque e 10% com aplicação direta nas praças de compactação. Nessa rubrica também foram considerados os serviços de “pré-fissuramento”, em uma área correspondente a 0,05 do volume de rocha escavada.
 - **12.16.24.12.13 – Tratamento de Fundações:** Este serviço se refere à limpeza de superfície da rocha para fundação. Envolve as operações de retirada da rocha solta e detritos, acerto dos desníveis, drenagem das superfícies, limpeza da área, obturação das falhas e preparo final da superfície com concreto de regularização e de preenchimento das cavidades (espessura média de 0,2 m). Também foram considerados os custos de execução das cortinas de injeção e de drenagem (1 linha $\Phi=75$ mm, com espaçamento de 3 m e profundidade média de 10 m).
 - **12.16.24.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); à respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e à descarga no silo. Foi considerada a taxa de consumo igual a 350 kg/m³ para concreto convencional, 250kg/m³ para concreto massa e 450kg/m³ para concreto projetado.
 - **12.16.24.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e acabamento; tratamento de juntas de construção; aquisição, manuseio, confecção, preparação de forma (incluindo todas as instalações de carpintaria); transporte, montagem e desmontagem (após a cura do concreto) da forma; escoramentos e cimbramentos; controle da qualidade (incluindo os laboratórios para ensaios de concreto; cimento e armadura).
 - **12.16.24.14.15 – Armadura:** Esta composição abrange todas as composições necessárias para a execução da armação diretamente nas formas: fornecimento, arrumação e manuseio no pátio de armação; preparo na central de armação; transporte, lançamento e fixação das armaduras nas formas. A taxa média de consumo de armadura foi de 60 kg/m³.
- **Barragem de Terra e Enrocamento:**
 - **12.17.25.12.10 – Escavação Comum:** Calculado considerando-se 50% do volume com aplicação direta na área de compactação e 50% em áreas de bota-fora.
 - **12.17.25.13 – Limpeza e Tratamento de Fundação:** Este serviço refere-se à limpeza de camada final em solo para fundação, envolvendo as operações de escavação de material executadas com trator

de esteiras D8 L, auxiliado por um D-6 com 50% de ocupação, a carga deste material e sua retirada para bota-fora. A espessura da camada de limpeza foi considerada de 0,30m. Também foram considerados os custos de execução das cortinas de injeção e de drenagem (1 linha $\Phi=75$ mm, com espaçamento de 3 m e profundidade média de 10 m).

- **12.17.25.24 – Aterro Compactado:** Corresponde aos serviços de obtenção; carga e transporte; lançamento/espalhamento e de compactação de solo, nas barragens. Foi considerado que o volume do material é proveniente de escavações obrigatórias.
- **12.17.25.26 – Núcleo de Argila:** Estão incluídos os serviços: escavações em área de empréstimo; carga e transporte até a área de aplicação; lançamento, espalhamento e compactação; remoção de "borrachudos" ou material que por qualquer motivo não atingiu o grau de compactação especificado e controle tecnológico.
- **12.17.25.29 – Transições / Filtros:** Para as transições, foram considerados os serviços correspondentes à produção de brita, a partir de rocha no estoque; à formação de estoques nos pátios; à carga e ao transporte; ao lançamento/espalhamento e à compactação desse material.

Para os filtros, foram consideradas as atividades referentes à obtenção, beneficiamento e formação de estoques de areia lavada nos pátios e à carga, ao transporte, ao lançamento/espalhamento e à compactação desse material nas barragens.

Na composição do preço unitário, para Transições + Filtros, considerou-se 40% para as transições; 60% para os filtros horizontais e verticais.

- **12.17.25.32.19 – Proteção dos Taludes de Jusante (grama em placa):** Corresponde aos custos de serviços contratados junto a empresas especializadas.
- **12.17.25.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); à respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e à descarga no silo. Foi considerada a taxa de consumo igual a 350 kg/m³ para concreto convencional.
- **12.17.25.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e acabamento; tratamento de juntas de construção. Para concreto projetado em taludes foram considerados também os custos de execução de malha de chumbadores 1,5 x 1,5m e 4 metros de comprimento e barbacãs.
- **12.17.25.17 Outros Custos:** No sentido de prever os dispêndios com os acabamentos e drenagem de pistas, de iluminação, sinalização, etc., foi arbitrada uma verba correspondente a 2% dos custos de implantação das barragens de terra e enrocamento.
- **Barragem de Concreto:**
 - **12.17.26.12.10 – Escavação Comum:** Calculado considerando-se 20% do volume com aplicação direta na área de compactação e 80% em áreas de bota-fora.
 - **12.17.26.12.11 – Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Calculado considerando-se 90% do volume escavado destinado ao estoque e 10% com aplicação direta nas praças de compactação. Nessa rubrica também foram considerados os serviços de "pré-fissuramento", em uma área correspondente a 0,05 do volume de rocha escavada.

- **12.17.26.13 – Limpeza e Tratamento de Fundação:** Este serviço refere-se à limpeza de camada final em solo para fundação, envolvendo as operações de escavação de material executadas com trator de esteiras D8 L, auxiliado por um D-6 com 50% de ocupação, a carga deste material e sua retirada para bota-fora. A espessura da camada de limpeza foi considerada de 0,30 m. Também foram considerados os custos de execução das cortinas de injeção e de drenagem (1 linha $\Phi=75$ mm, com espaçamento de 3 m e profundidade média de 10 m).
- **12.17.26.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); à respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e à descarga no silo. Foi considerada a taxa de consumo igual a 250 kg/m³.
- **12.17.26.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e acabamento; tratamento de juntas de construção; aquisição, manuseio, confecção, transporte, compactação; controle da qualidade.
- **12.17.26.17 Outros Custos:** No sentido de prever os dispêndios com os acabamentos e drenagem de pistas, de iluminação, sinalização, etc., foi arbitrada uma verba correspondente a 2% dos custos de implantação das barragens de concreto compactado a rolo.
- **Transições e Muros de Concreto:**
 - **12.17.27.12.10 – Escavação Comum:** Calculado considerando-se 2/3 do volume como escavação em solo e 1/3, como escavação com escarificação. Para a escavação comum, 50% do volume foi considerado com aplicação direta na área de compactação e 50% destinado para Calculado considerando-se 50% do volume com aplicação direta na área de compactação e 50% em áreas de bota-fora.
 - **12.17.27.12.11 – Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Calculado considerando-se 90% do volume escavado destinado ao estoque e 10% com aplicação direta nas praças de compactação. Nessa rubrica também foram considerados os serviços de “pré-fissuramento”, em uma área correspondente a 0,05 do volume de rocha escavada.
 - **12.17.27.13 – Limpeza e Tratamento de Fundações:** Este serviço se refere à limpeza de superfície da rocha para fundação. Envolve as operações de retirada da rocha solta e detritos, acerto dos desníveis, drenagem das superfícies, limpeza da área, obturação das falhas e preparo final da superfície com concreto de regularização e de preenchimento das cavidades (espessura média de 0,2 m). Também foram considerados os custos de execução das cortinas de injeção e de drenagem (1 linha $\Phi=75$ mm, com espaçamento de 3 m e profundidade média de 10 m).
 - **12.17.27.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); a respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e a descarga no silo. A taxa de consumo considerada foi de 250 kg/m³.
 - **12.17.27.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e

acabamento; tratamento de juntas de construção; aquisição, manuseio, confecção, preparação de forma (incluindo todas as instalações de carpintaria); transporte, montagem e desmontagem (após a cura do concreto) da forma; escoramentos e cimbramentos; controle da qualidade (incluindo os laboratórios para ensaios de concreto; cimento e armadura).

- **12.17.27.17 – Outros Custos:** Previsão de verba correspondente a 2% dos custos de construção dos muros, para acabamentos e drenagem de pistas; iluminação, sinalização, etc.

- **Vertedouro de Superfície:**

- **12.18.28.12.10 – Escavação Comum (vertedouro e bacia de dissipação):** Calculado considerando-se 2/3 do volume como escavação em solo e 1/3, como escavação com escarificação. Para a escavação comum, 50% do volume foi considerado com aplicação direta na área de compactação e 50 % destinado para áreas de bota-fora. Calculado considerando-se 50% do volume com aplicação direta na área de compactação e 50% em áreas de bota-fora.

- **12.18.28.12.11 – Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Calculado considerando-se 90 % do volume escavado destinado ao estoque e 10% com aplicação direta nas praças de compactação. Nessa rubrica também foram considerados os serviços de “pré-fissuramento”, em uma área correspondente a 0,05 do volume de rocha escavada.

- **12.18.28.13 – Limpeza e Tratamento de Fundações:** Este serviço se refere à limpeza de superfície da rocha para fundação. Envolve as operações de retirada da rocha solta e detritos, acerto dos desníveis, drenagem das superfícies, limpeza da área, obturação das falhas e preparo final da superfície com concreto de regularização e de preenchimento das cavidades (espessura média de 0,2 m). Também foram considerados os custos de execução das cortinas de injeção e de drenagem (1 linha $\Phi=75$ mm, com espaçamento de 3 m e profundidade média de 10 m).

- **12.18.26.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); a respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e a descarga no silo. A taxa de consumo considerada foi de 350 kg/m³ no caso de Concreto Convencional e de 250 kg/m³ no caso de Concreto Massa.

- **12.18.28.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e acabamento; tratamento de juntas de construção; aquisição, manuseio, confecção, preparação de forma (incluindo todas as instalações de carpintaria); transporte, montagem e desmontagem (após a cura do concreto) da forma; escoramentos e cimbramentos; controle da qualidade (incluindo os laboratórios para ensaios de concreto; cimento e armadura).

- **12.18.28.17 – Outros Custos:** Previsão de verba correspondente a 2% dos custos das obras civis do vertedouro, para acabamentos e drenagem de pistas; iluminação, sinalização, etc.

- **Tomada d’Água:**

- **12.19.30.12.10 – Escavação Comum:** Calculado considerando-se 2/3 do volume como escavação em solo e 1/3, como escavação com escarificação. Para a escavação comum, 20% do volume foi considerado com aplicação direta na área de compactação e 80% em áreas de bota-fora.

- **12.19.30.12.11 – Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Calculado considerando-se 90 % do volume escavado destinado ao estoque e 10% com aplicação direta nas praças de compactação. Nessa

rubrica também foram considerados os serviços de “pré-fissuramento”, em uma área correspondente a 0,05 do volume de rocha escavada.

- **12.19.30.13 – Tratamento de Fundações:** Este serviço se refere à limpeza de superfície da rocha para fundação. Envolve as operações de retirada da rocha solta e detritos, acerto dos desníveis, drenagem das superfícies, limpeza da área, obturação das falhas e preparo final da superfície com concreto de regularização e de preenchimento das cavidades (espessura média de 0,2 m).
- **12.19.30.24 – Aterro Compactado:** Corresponde aos serviços de obtenção; carga e transporte; lançamento/espalhamento e de compactação de solo, nas barragens. Foi considerado que o volume do material é proveniente de escavações obrigatórias.
- **12.19.30.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); à respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e à descarga no silo. Foi considerada a taxa de consumo igual a 350 kg/m³.
- **12.19.30.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e acabamento; tratamento de juntas de construção; aquisição, manuseio, confecção, preparação de forma (incluindo todas as instalações de carpintaria); transporte, montagem e desmontagem (após a cura do concreto) da forma; escoramentos e cimbramentos; controle da qualidade (incluindo os laboratórios para ensaios de concreto; cimento e armadura).
- **12.19.30.14.15 – Armadura:** Esta composição abrange todas as composições necessárias para a execução da armação diretamente nas formas: fornecimento, arrumação e manuseio no pátio de armação; preparo na central de armação; transporte, lançamento e fixação das armaduras nas formas. A taxa média de consumo de armadura foi de 60 kg/m³.
- **12.19.31.32.20 – Revestimento em Geomembrana PEAD:** Esta composição abrange os custos de aquisição de geomembrana de PEAD com espessura de 1,5mm e ambas as faces lisas, bem como os serviços relativos à descarga, estoque, instalação e controle de qualidade.
- **12.19.31.32.21 – Revestimento em Geotêxtil:** Esta composição abrange os custos de aquisição de geotêxtil não tecido RT-16 para aplicação sob a geomembrana de PEAD e RT-10 para aplicação nas trincheiras da drenagem subsuperficial, bem como os serviços relativos à descarga, estoque, instalação e controle de qualidade.
- **12.19.31.13.22 – Transições / Filtros:** Para as transições, foram considerados os serviços correspondentes à produção de brita, a partir de rocha no estoque; à formação de estoques nos pátios; à carga e ao transporte; ao lançamento/espalhamento e à compactação desse material.

Para os filtros, foram consideradas as atividades referentes à obtenção, beneficiamento e formação de estoques de areia lavada nos pátios e à carga, ao transporte, ao lançamento/espalhamento e à compactação desse material nas barragens.
- **12.19.31.32.23 – Tubulação de Drenagem PEAD:** Esta composição abrange os custos de aquisição de tubulação de PEAD corrugada perfurada para drenagem com diâmetro de 250mm e conexões, bem como os serviços relativos à descarga, estoque, instalação e controle de qualidade.

- **Conduto Forçado:**

- **12.19.34.12.10 – Escavação Comum:** Calculado considerando-se 2/3 do volume como escavação em solo e 1/3, como escavação com escarificação. Para a escavação comum, 20% do volume foi considerado com aplicação direta na área de compactação e 80% em áreas de bota-fora.
- **12.19.34.12.11– Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Calculado considerando-se 90% do volume escavado destinado ao estoque e 10% com aplicação direta nas praças de compactação. Nessa rubrica também foram considerados os serviços de “pré-fissuramento”, em uma área correspondente a 0,05 do volume de rocha escavada.
- **12.19.34.13 – Tratamento de Fundações:** Este serviço se refere à limpeza de superfície da rocha para fundação. Envolve as operações de retirada da rocha solta e detritos, acerto dos desníveis, drenagem das superfícies, limpeza da área, obturação das falhas e preparo final da superfície com concreto de regularização e de preenchimento das cavidades (espessura média de 0,2 m).
- **12.19.34.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); à respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e à descarga no silo. Foi considerada a taxa de consumo igual a 350 kg/m³.
- **12.19.34.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e acabamento; tratamento de juntas de construção; aquisição, manuseio, confecção, preparação de forma (incluindo todas as instalações de carpintaria); transporte, montagem e desmontagem (após a cura do concreto) da forma; escoramentos e cimbramentos; controle da qualidade (incluindo os laboratórios para ensaios de concreto; cimento e armadura).
- **12.19.34.14.15 – Armadura:** Esta composição abrange todas as composições necessárias para a execução da armação diretamente nas formas: fornecimento, arrumação e manuseio no pátio de armação; preparo na central de armação; transporte, lançamento e fixação das armaduras nas formas. A taxa média de consumo de armadura foi de 50 kg/m³.

- **Canal de Fuga:**

- **12.19.35.12.10 – Escavação Comum (Canal de Fuga):** Calculado considerando-se 2/3 do volume como escavação em solo e 1/3, como escavação com escarificação. Para a escavação comum, 50% do volume foi considerado com aplicação direta na área de compactação e 50% destinado para Calculado considerando-se 50% do volume com aplicação direta na área de compactação e 50% em áreas de bota-fora.
- **12.19.35.12.11 – Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Calculado considerando-se 90% do volume escavado destinado ao estoque e 10% com aplicação direta nas praças de compactação. Nessa rubrica não foram considerados serviços de “pré-fissuramento”.
- **12.19.34.12.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); à respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e à descarga no silo. Foi considerada a taxa de consumo igual a 450 kg/m³.
- **12.19.34.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central

de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento do concreto. Para concreto projetado em taludes foram considerados também os custos de execução de malha de chumbadores 1,5 x 1,5m e 4 metros de comprimento e barbacãs.

- **12.27.98. Eventuais da Conta. 12 – Obras Civas:** Para essa rubrica foi considerado um percentual igual a 8,0% do subtotal da conta.

A Tabela 8-1 apresenta os resultados dos custos unitários atualizados para a data de referência dos estudos.

Tabela 8-1: Obras Civas – Preços Unitários (junho/2021)

Atividade	Unidade	Preços Unitários (R\$)
Casa de Força		
11.13.00.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
11.13.00.12.11 - Escavação em rocha a céu aberto	m ³	36,00
11.13.00.13 - Limpeza e tratamento de fundação	m ²	115,00
11.13.00.24 – Aterro compactado	m ³	12,00
11.13.00.14.13 - Cimento	t	650,00
11.13.00.14.14a - Concreto convencional sem cimento	m ³	690,00
11.13.00.14.14b - Concreto massa sem cimento	m ³	390,00
11.13.00.14.14c - Concreto projetado sem cimento	m ³	3.800,00
11.13.00.14.15 - Armadura	t	9.000,00
Ensecadeiras		
12.16.22.19.10 - Solo lançado	m ³	15,00
12.16.22.19.11 - Enrocamento lançado	m ³	100,00
12.16.22.19.12 - Transições e filtros	m ³	100,00
12.16.22.21 - Remoção de ensecadeiras	m ³	16,00
Canal ou Galeria / Adufas de Desvio		
12.16.24.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
12.16.24.12.11 - Escavação em rocha a céu aberto	m ³	36,00
12.16.24.13 - Limpeza da fundação	m ²	170,00
12.16.24.14.13 - Cimento	t	650,00
12.16.24.14.14a - Concreto convencional sem cimento	m ³	690,00
12.16.24.14.14b - Concreto massa sem cimento	m ³	390,00
12.16.24.14.14c - Concreto projetado sem cimento	m ³	3.800,00
12.16.24.14.15 - Armadura	t	9.000,00
Barragem de Terra e Enrocamento		
12.17.25.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
12.17.25.13 - Limpeza da fundação	m ²	75,00
12.17.25.24 - Aterro compactado	m ³	18,00

Atividade	Unidade	Preços Unitários (R\$)
12.17.25.26 - Núcleo de argila	m ³	26,00
12.17.25.29 - Transições e filtros	m ³	100,00
12.17.25.32.19 - Talude em grama	m ²	10,00
12.17.25.14.13 - Cimento	t	650,00
12.17.25.14.14 - Concreto convencional sem cimento	m ³	450,00
Barragem de Concreto		
12.17.26.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
12.17.26.13 - Limpeza da fundação	m ²	215,00
12.17.26.14.13 - Cimento	t	650,00
12.17.26.14.14 - Concreto massa sem cimento	m ³	450,00
Muros de Concreto		
12.17.27.13 - Limpeza da fundação	m ²	125,00
12.17.27.14.13 - Cimento	t	650,00
12.17.27.14.14 - Concreto massa sem cimento	m ³	510,00
Vertedouro		
12.18.28.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
12.18.28.12.11 - Escavação em rocha a céu aberto	m ³	36,00
12.18.28.13 - Limpeza da fundação	m ²	175,00
12.17.28.14.13 - Cimento	t	650,00
12.17.28.14.14a - Concreto convencional sem cimento	m ³	450,00
12.17.28.14.14b - Concreto massa sem cimento	m ³	450,00
12.17.28.14.14c - Concreto massa sem cimento	m ³	3.800,00
Tomada d'Água		
12.19.30.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
12.19.30.12.11 - Escavação em rocha a céu aberto	m ³	36,00
12.19.30.13 - Limpeza da fundação	m ²	115,00
12.19.30.14.13 - Cimento	t	650,00
12.19.30.14.14a - Concreto convencional sem cimento	m ³	780,00
12.19.30.14.14b - Concreto projetado sem cimento	m ³	3.800,00
12.19.30.14.15 - Armadura	t	9.000,00
Conduto Forçado		
12.19.34.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
12.19.34.12.11 - Escavação em rocha a céu aberto	m ³	36,00
12.19.34.13 - Limpeza da fundação	m ²	115,00
12.19.34.14.13 - Cimento	t	650,00
12.19.34.14.14 - Concreto convencional sem cimento	m ³	650,00
12.19.34.14.15 - Armadura	t	9.000,00

Atividade	Unidade	Preços Unitários (R\$)
Canal de Fuga		
12.19.35.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
12.19.35.12.11 - Escavação em rocha a céu aberto	m ³	36,00
12.19.35.14.13 - Cimento	t	650,00
12.19.35.14.14 - Concreto projetado sem cimento	m ³	3.800,00

8.2. Equipamentos Eletromecânicos

Nas estimativas de preços dos equipamentos eletromecânicos, principais e auxiliares, foi utilizado banco de dados elaborado a partir de obras similares, complementadas por consultas informais a fabricantes e fornecedores especializados.

O item Equipamentos Diversos da Usina – Conta .15, devido a sua difícil caracterização nesta fase de estudos, foi estimado conforme sugerido pelo Manual de Inventário, como um percentual de 6% dos custos referentes a Turbinas e Geradores.

Relativamente às rubricas referentes a Custos Eventuais de Equipamentos, foram previstos percentuais sobre o valor das respectivas contas.

8.3. Custos Indiretos e Juros Durante a Construção

Para a composição dos Custos Indiretos (conta .17), foram admitidas as seguintes alíquotas:

- Construção do Canteiro e Acampamento..... 3,0% do total das contas .11 a .16
- Engenharia..... 3,0% do total das contas .11 a .16
- Projetos ambientais5,0% do total da conta .10
- Administração do Proprietário 3,5% do total das contas .10 a .16
- Eventuais 8,0% sobre os itens que compõem a conta .17

Para a conta .18: Juros Durante a Construção (JDC) foram considerados os procedimentos propostos pelo Manual de Inventário, estimados a partir do fluxo de despesas previsto no planejamento executivo da obra, para uma taxa de juros de 10% ao ano.

9. DIMENSIONAMENTOS HIDRÁULICOS

Para dar suporte ao detalhamento dos estudos de projeto básico em tela, foram desenvolvidos estudos hidráulicos básicos, de acordo com as diretrizes e critérios de dimensionamento preconizados nas “Diretrizes para Elaboração de Projeto Básico de Usinas Hidrelétricas” e nos “Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas” – MME/Eletróbrás.

Os dimensionamentos hidráulicos foram obtidos das planilhas de dimensionamento das estruturas componentes dos arranjos implantados sobre o modelo digital de terreno, resultante dos levantamentos topográficos.

Foram desenvolvidos estudos hidráulicos para as estruturas de desvio, de extravasão, de adução e de geração, cujos critérios, condições de contorno e rotinas de cálculo adotadas são explicadas detalhadamente nos itens que se seguem.

9.1. Estruturas de Desvio

A partir dos dados e estudos hidrológicos atualizados, o sistema e estruturas de desvio foram concebidos e dimensionados para garantir a passagem de vazões com recorrência de até 25 anos, no ano hidrológico completo.

Para a execução das obras previstas na alternativa de arranjo geral das estruturas foram configuradas duas fases de desvio do rio.

No desvio de primeira fase, as estruturas e áreas em construção serão protegidas por septos do terreno natural (solo remanescente).

Para a continuidade das obras no leito e seus trechos adjacentes, a segunda fase de desvio será caracterizada pela execução de ensecadeiras, montante e jusante, de forma a direcionar o fluxo para as estruturas de desvio. O fluxo, então, será desviado para adufas, incorporadas ao barramento e executadas em concreto armado.

Os itens que se seguem apresentam a metodologia e a rotina de cálculo para o dimensionamento do desvio do rio, considerando as configurações admitidas no arranjo geral das estruturas.

9.1.1. Desvio de Primeira Fase

O dimensionamento do desvio de primeira fase será dividido em três etapas:

1. Determinação das características do regime crítico na saída do canal;
2. Determinação das características do regime natural do rio na saída do canal;
3. Definição do regime do escoamento.

A Figura 9-1 ilustra de forma esquemática a metodologia proposta para o dimensionamento do desvio de primeira etapa.

Sejam os seguintes parâmetros básicos para dimensionamento:

El_s Cota média do fundo do rio na seção imediatamente a jusante do canal;

El_{ec} Cota média do fundo do canal na seção de entrada;

El_{sc} Cota média do fundo do canal na seção de saída;

B_s Largura do rio na seção imediatamente a jusante do canal;

- B_{ec} Largura do canal na seção de entrada;
- B_{sc} Largura do canal na seção de saída;
- L_{cd} Comprimento do canal;
- Q_k Vazão de projeto do desvio para tempo de recorrência de k anos;
- NA_{dcn} Nível de água natural no rio na seção imediatamente a jusante do canal para vazão Q_k ;
- Tipo* Canal com estrangulamento da seção com fundo irregular.

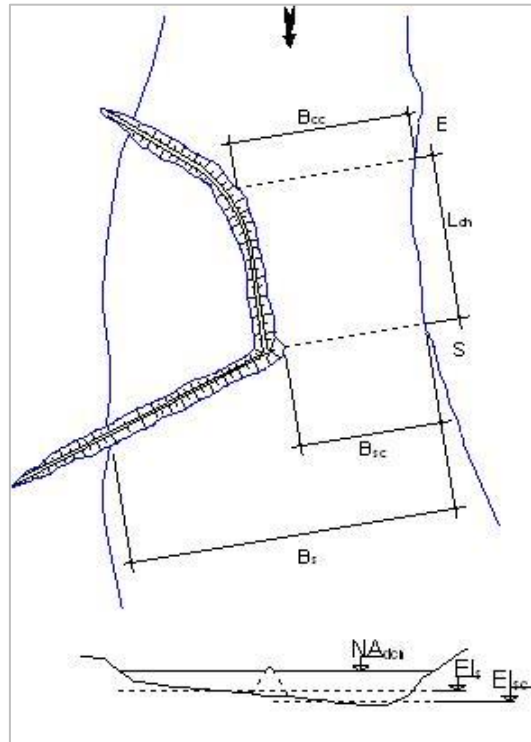


Figura 9-1: Planta e seção transversal típica de canal de desvio

Inicialmente é calculada a profundidade crítica da lâmina d'água na seção de saída do canal (Y_{cs}) por meio da seguinte equação:

$$Y_{cs} = \sqrt[3]{\frac{1}{g} \left(\frac{Q_k}{B_{cs}} \right)^2}$$

Onde:

- Q_k Vazão de projeto do desvio para o tempo de recorrência adequadamente selecionado (25 anos, período total), em m^3/s ;
- B_{cs} Largura do canal na seção de saída, em metros;
- g Aceleração da gravidade, em m/s^2 .

A velocidade crítica na seção de saída do canal (V_{cs}) é dada pela seguinte equação:

$$V_{cs} = \frac{Q_k}{B_{sc} Y_{cs}}$$

Diante disso, pode-se calcular a declividade da linha de energia (i_{cs}), a altura de energia na seção de saída do canal (E_{cs}) e também o nível d'água crítico na seção de saída do canal (NA_{cs}), por meio das seguintes expressões:

$$i_{cs} = 100 \frac{n^2 V_{cs}^2}{Y_{cs}^{4/3}}$$

$$E_{cs} = NA_{cs} + \frac{V_{cs}^2}{2g}$$

$$NA_{cs} = El_{cs} + Y_{cs}$$

Onde:

n Coeficiente de rugosidade que depende do tipo de leito em estudo. Para canal escavado em solo, adota-se 0,025; para canal escavado em rocha, 0,035 e para estrangulamento com fundo irregular, o valor a ser adotado é 0,040;

El_{cs} Cota média do fundo do canal na seção de saída, medida em metros.

Feito isso, serão calculadas a profundidade da lâmina d'água (Y_s), a declividade da linha de energia (i_s) e a altura de energia (E_{dcn}) considerando o regime natural do rio na saída do canal. Para tanto, será utilizada a seguinte formulação:

$$Y_s = NA_{dcn} - El_s$$

$$V_s = \frac{Q_k}{B_s Y_s}$$

$$i_s = 100 \frac{n^2 V_s^2}{Y_s^{4/3}}$$

$$E_{dcn} = NA_{dcn} + \frac{V_s^2}{2g}$$

Onde:

NA_{dcn} Nível d'água natural no rio na seção imediatamente a jusante do canal para a vazão Q_k , medido em metros;

El_s Cota média do fundo do rio na seção imediatamente a jusante do canal, medida em metros;

B_s Largura do rio na seção imediatamente a jusante do canal, medida em metros.

Para a definição do regime do escoamento e também dos níveis d'água a montante e a jusante da enseadeira de primeira fase (NA_{dm} e NA_{dl}) deverão ser considerados os seguintes casos:

1. Caso 1 – Se $i_s < i_{cs}$ e $E_{dcn} < E_{cs}$, o regime de escoamento será subcrítico com controle não afogado;
2. Caso 2 – Se $i_s < i_{cs}$ e $E_{dcn} \geq E_{cs}$, o regime de escoamento será subcrítico com controle afogado;
3. Caso 3 – Se $i_s \geq i_{cs}$, o regime de escoamento será crítico e supercrítico.

As equações de cálculo dos níveis d'água a serem aplicadas em cada caso acima identificado são as seguintes:

CASO 1

$$NA_{dl} = El_{sc} + Y_n$$

$$NA_{dm} = E_{cs} + h_p$$

Onde:

$$Y_n = 1,25y_{cs}$$

$$h_p = L_{cd} \frac{n^2 V_n^2}{Y_n^{4/3}}$$

$$V_n = \frac{Q_k}{B_{mc} Y_n}$$

$$B_{mc} = \frac{B_{ec} + B_{sc}}{2}$$

CASO 2

$$NA_{dl} = NA_{dcn}$$

$$NA_{dm} = NA_{dcn} + h_p + h_{vn}$$

Onde:

$$h_p = L_{cd} \frac{n^2 V_n^2}{Y_n^{4/3}}$$

$$h_{vn} = \frac{V_n^2}{2g}$$

$$V_n = \frac{Q_k}{B_{mc} Y_n}$$

$$Y_n = E_{dcn} - \frac{V_n'^2}{2g} - El_{sc}$$

$$V_n' = \frac{B_s}{B_{mc}} V_s$$

CASO 3

$$NA_{dl} = NA_{cs} \text{ até } NA_{ce}(\text{variável})$$

$$NA_{dm} = E_{ce}$$

Onde:

$$NA_{ce} = El_{ec} + Y_{ce}$$

$$E_{ce} = NA_{ce} + h_{vce}$$

$$Y_{ce} = \sqrt[3]{\frac{1}{g} \left(\frac{Q_k}{B_{ec}} \right)^2}$$

$$h_{vce} = \frac{V_{ce}^2}{2g}$$
$$V_{ce} = \frac{Q_k}{B_{ec}Y_{ce}}$$

9.1.2. Desvio de Segunda Fase

Na segunda fase do desvio do rio o fluxo será desviado para adufas incorporadas ao barramento e executadas em concreto armado convencional.

O dimensionamento dessas estruturas de desvio foi feito de acordo com os procedimentos previstos no “Hydraulic Design Criteria”, editado pelo “U.S. Corp of Engineers”, complementado por simulações de remanso, nos canais de aproximação e restituição, com a aplicação do modelo HEC-RAS.

Será apresentada a seguir uma breve metodologia da rotina de cálculo utilizada no dimensionamento da segunda fase do desvio do rio.

Para a solução de desvio por adufas, inicialmente são fixadas suas dimensões geométricas, ou seja, B_{1ad} (largura de uma adufa, em metros) e H_{ad} (altura das adufas). Aqui se deve observar o atendimento à seguinte inequação:

$$H_{ad} \leq 3,1B_{1ad}$$

Com base em relações empíricas e em função da vazão de dimensionamento correspondente ao período de exposição das estruturas de desvio ($Q_k, T_r = 25$ anos, período completo, em m^3/s), define-se também o número de adufas (N_{ad}) utilizadas no desvio de segunda etapa do rio.

Dessa forma, calcula-se a velocidade média do escoamento (V_a , em m/s). A equação seguinte ilustra esse cálculo:

$$V_a = \frac{Q_k}{N_{ad}B_{1ad}H_{ad}}$$

Ressalta-se que a velocidade média do escoamento deverá ser necessariamente inferior a 15,0 m/s, adotando-se, preferencialmente, um valor próximo a 5,0 m/s, com o objetivo de se garantir maior segurança durante a operação de desvio do rio por essas estruturas.

A espessura dos pilares entre as adufas (e_{pl} , em metros) foi fixada em 1,5 m e a espessura dos pilares extremos das adufas (e'_{pl} , em metros), 1,0 m.

Sendo assim, a largura total das adufas (B_{ad}) pode ser calculada pela expressão abaixo indicada.

$$B_{ad} = (N_{ad}B_{1ad}) + (N_{ad} - 1)e_{pl} + 2e'_{pl}$$

Feita toda a caracterização geométrica do conjunto de adufas de desvio, passa-se então ao cálculo do nível d'água junto à ensecadeira de montante, para definição de sua cota de elevação. Para tanto, faz-se necessária uma verificação do afogamento na saída das adufas de desvio.

Caso haja verificação da inequação que se segue, o escoamento na saída das adufas será afogado.

$$E_{dcr} \geq E_{ad}$$

Sendo:

$$E_{dcr} = NA_{dcr} + \frac{V_{cr}^2}{2g}$$

$$V_{cr} = \frac{Q_k}{B_{ad}(NA_{dcr} - El_{cr})}$$
$$E_{ad} = El_{ca} + H_{ad} + \frac{V_a^2}{2g}$$

Onde:

- E_{dcr} Altura da linha de energia no canal de restituição das adufas, em metros;
- NA_{dcr} Nível d'água no canal de restituição das adufas para a vazão de projeto de desvio, em metros;
- V_{cr} Velocidade média do escoamento no canal de restituição, em m/s;
- El_{cr} Cota do fundo do canal de restituição do desvio, em metros;
- E_{ad} Altura da linha de energia na saída das adufas, em metros;
- El_{ca} Cota do fundo do canal de aproximação às adufas do desvio, em metros.

Portanto, para saída da adufa afogada, o nível d'água junto à ensecadeira de montante (NA_{dm}) é dado pela equação que se segue.

$$NA_{dm} = E_{dcr} + h_p$$

Sendo:

$$h_p = 0,2 \frac{V_a^2}{2g} + L_{desvio} \frac{n^2 V_a^2}{R_h^{4/3}}$$
$$R_h = \frac{B_{1ad} H_{ad}}{2(B_{1ad} + H_{ad})}$$
$$n = 0,010$$

Onde:

- h_p Perda de carga ao longo da adufa de desvio;
- R_h Raio hidráulico de uma abertura das adufas;
- n Coeficiente de Manning;
- L_{desvio} Comprimento da estrutura de desvio.

Para saída da adufa em jato livre, o nível d'água junto à ensecadeira de montante (NA_{dm}) é dado pela equação que se segue.

$$NA_{dm} = El_{ca} + H$$

Sendo:

$$H = K_H H_{ad}$$

Onde:

$$K_H = 0,018K_Q^3 - 0,132K_Q^2 + 0,688K_Q + 0,18$$

Na equação anterior, empírica, K_Q é um coeficiente variável para dimensionamento das adufas. Inicialmente seu valor será considerado 3,20.

Para atender às restrições de largura ou de altura mínimas, pode-se diminuir o coeficiente K_Q .

Para atender à limitação de velocidade pode-se aumentar a largura ou o número de aberturas ou ainda diminuir o coeficiente K_Q .

De qualquer forma, quando de qualquer alteração no dimensionamento, a seguinte relação deverá ser respeitada:

$$K_Q N_{ad} B_{1ad} H_{ad}^{3/2} = Q_k$$

Para que a adufa seja eficiente, ou seja, trabalhe afogada na entrada, deve ser respeitada a seguinte restrição para o coeficiente K_Q :

$$K_Q \geq 1,5$$

A adoção do coeficiente K_Q mais elevado resulta em adufas com dimensões menores e ensecadeiras de maior altura.

Diante do exposto anteriormente, fica definido o nível d'água junto à ensecadeira de montante e assim a sua cota de coroamento, admitida 1,0 m acima do NA_{dm} .

Para definição do nível d'água junto à ensecadeira de jusante (NA_{jm}) e sua cota de coroamento, admitida 1,0 m acima do NA_{jm} , utiliza-se a curva-chave do canal de fuga.

9.2. Vertedouro

A capacidade de transposição de vazões de um vertedouro é calculada pela fórmula que se segue:

$$Q = CLH^{3/2}$$

Onde:

- Q Vazão vertida, medida em m^3/s ;
- L Largura efetiva do vertedouro, medida em metros;
- C Coeficiente que depende da forma da soleira;
- H Altura da linha de energia acima da crista da soleira, medida em metros.

O parâmetro L é igual à largura total L' do vertedouro, que pode compor-se de n vãos (n_v) separados entre si por pilares de espessura dimensionada, diminuída pela largura da contração lateral do jato d'água, quando tratar-se de um vertedouro controlado por comportas ou simplesmente o parâmetro L do vertedouro quando tratar-se de um vertedouro de soleira livre. O coeficiente de contração K depende da forma dos pilares.

Sendo assim:

$$Q = (L' - KH)CH^{3/2}$$
$$L' = n_v L_0$$
$$K = 2(n_p K_p + K_a)$$

O coeficiente C nestas equações depende:

- Da forma da soleira;
- De sua altura sobre o fundo da adução;

- Da inclinação de sua frente de montante;
- Do nível d'água de jusante;
- Da velocidade d'água a jusante.

Os diagramas representados na Figura 9-2 até a Figura 9-5 (“Design of Small Dams”) foram utilizados para a fixação do valor do coeficiente C .

A Figura 9-2 indica o valor C_0 , para soleira com frente vertical, que representa a forma base do vertedouro. Já a Figura 9-3 corrige o coeficiente de descarga inicial para soleiras com frentes inclinadas (C_i/C_v).

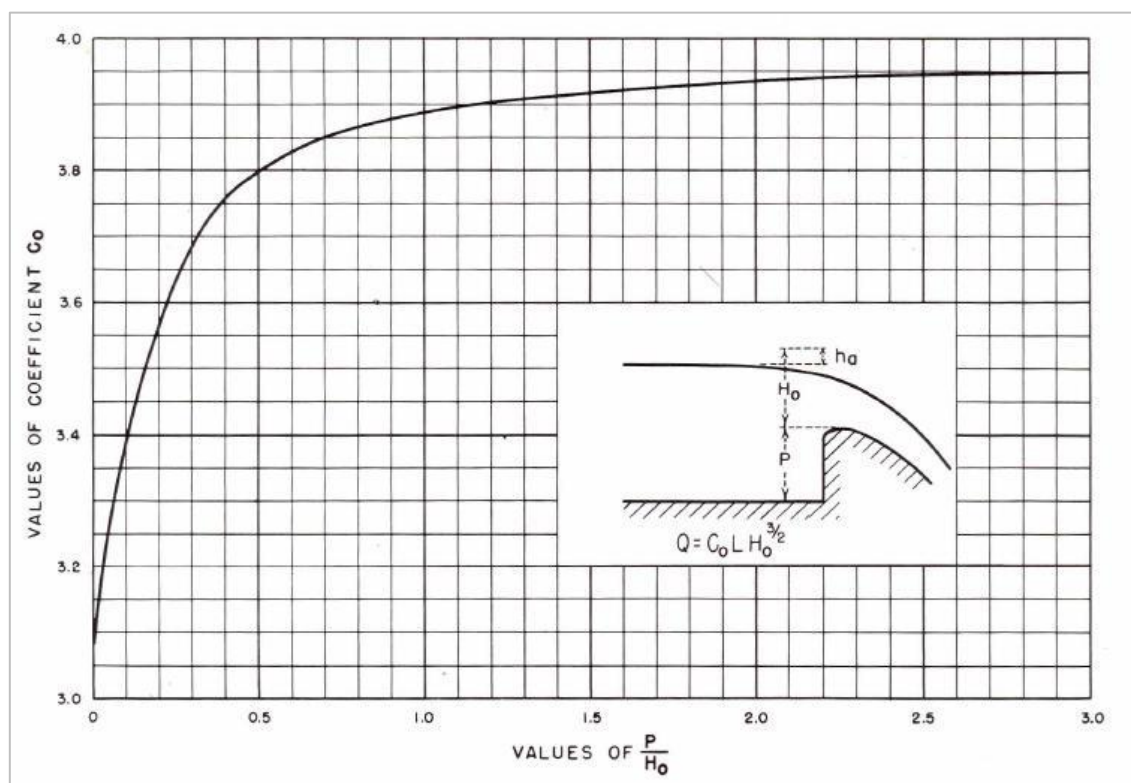


Figura 9-2: Coeficiente de descarga para vertedouro com ogiva de paramento vertical

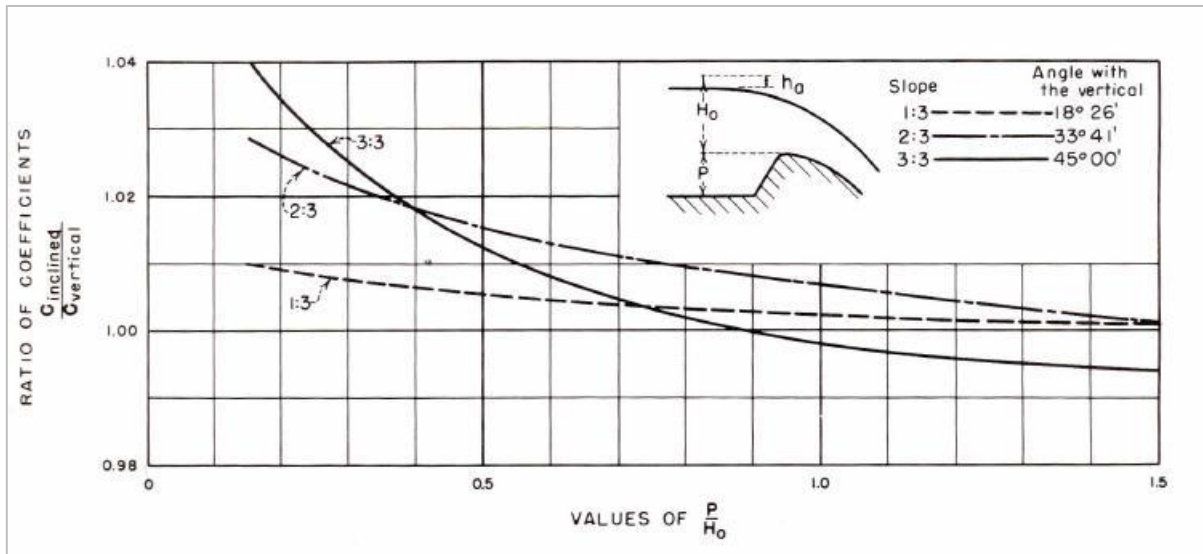


Figura 9-3: Correção do coeficiente de descarga para vertedouro com ogiva de paramento inclinado

A Figura 9-4 mostra as correções do coeficiente de descarga para o caso da linha energética efetiva não coincidir com aquela para qual a forma da soleira foi desenhada.

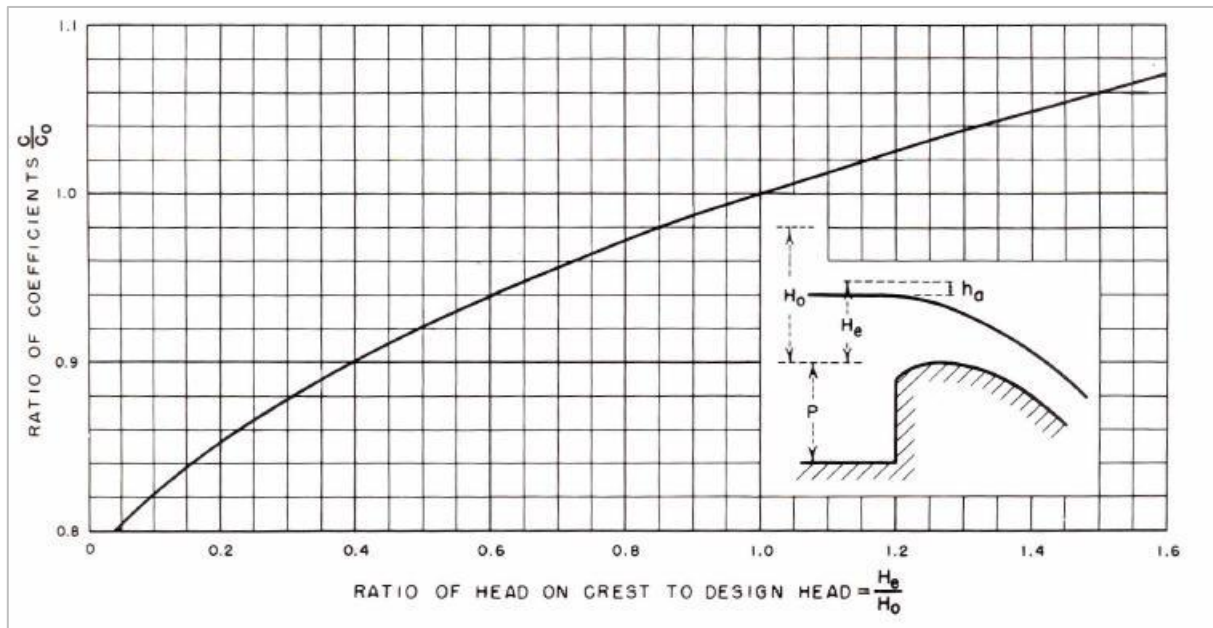


Figura 9-4: Correção do coeficiente de descarga para vertedouro submetido a cargas diferentes da carga de projeto

Esses diagramas indicam o valor do coeficiente de descarga, sem levar em conta a influência da altura do nível d'água de jusante, que deve ser verificada utilizando-se a Figura 9-5.

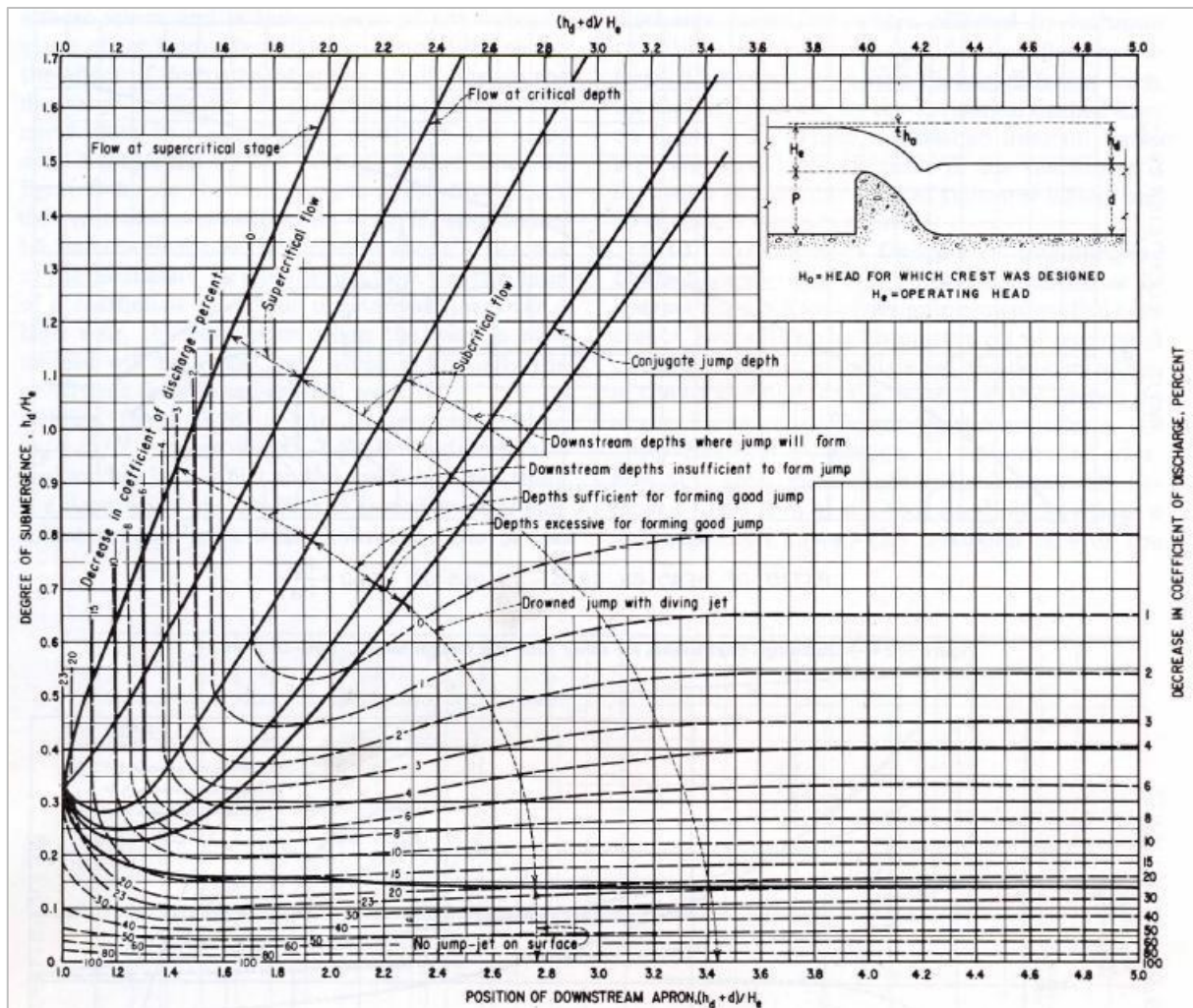


Figura 9-5: Correção do coeficiente de descarga para vertedouro sob a influência do nível d'água de jusante

Nos estudos para definição do arranjo geral das estruturas do barramento, o vertedouro foi previsto para ser implantado com soleira livre, paramento de jusante em escada para dissipação de parte da energia do fluxo vertido e uma pequena bacia revestida com concreto convencional para dissipação da energia remanescente do paramento em escada.

O vertedouro foi dimensionado para a vazão milenar, sendo a borda livre fixada em função do resultado desse dimensionamento e da verificação do comportamento da estrutura em operação considerando a passagem da cheia decamilenar.

Os coeficientes de descarga adotados referem-se a uma estrutura vertente perpendicular ao fluxo, ou seja, a um vertedouro de soleira convencional. Concepções não usuais tenderiam a reduzir a capacidade de descarga do vertedouro, por meio da redução desse coeficiente de descarga.

Na definição da estrutura, a ogiva, constituída por um perfil tipo "Creager", foi projetada para a passagem da vazão de projeto, de modo a introduzir sobrelevação do nível d'água máximo normal ($NA_{m\acute{a}x}$) do reservatório. Nesses dimensionamentos foram levadas em consideração as condições de aproximação e de restituição e as perdas de carga introduzidas pelos muros laterais.

O dimensionamento da soleira vertente foi realizado com a aplicação de algoritmos e coeficientes preconizados no “Hydraulic Design Criteria” (HDC), editado pelo “U. S. Corp of Engineers” e o sistema de dissipação de energia dimensionado de acordo com a publicação “Design of Stepped Spillways and Downstream Energy Dissipators” e o HDC.

A estrutura vertente, sem controle de vazões, foi concebida com seção do tipo gravidade e prevista sua execução, na sua maior parte, em concreto-massa. Seu paramento de montante foi previsto inclinado na proporção de $0,30(H):1,00(V)$, com o objetivo de tornar a estrutura estável quanto à flutuação, tombamento e escorregamento. O paramento de jusante, previsto com degraus para dissipação de parte da energia do fluxo vertido, apresenta inclinação resultante de $0,85(H):1,00(V)$.

Ambos os paramentos do vertedouro serão revestidos por Concreto Convencional (CC), a fim de mitigar a percolação de água através da estrutura.

A energia remanescente do fluxo no paramento em escada deverá ser dissipada por ressalto hidráulico em bacia protegida por laje e por muros de concreto. O dimensionamento das estruturas de dissipação de energia foi efetuado para a vazão centenária e verificado o seu bom funcionamento para diversas vazões representativas, com ênfase para a vazão milenar.

A Figura 9-6 ilustra a definição do gabarito hidráulico para os vertedouros estudados.

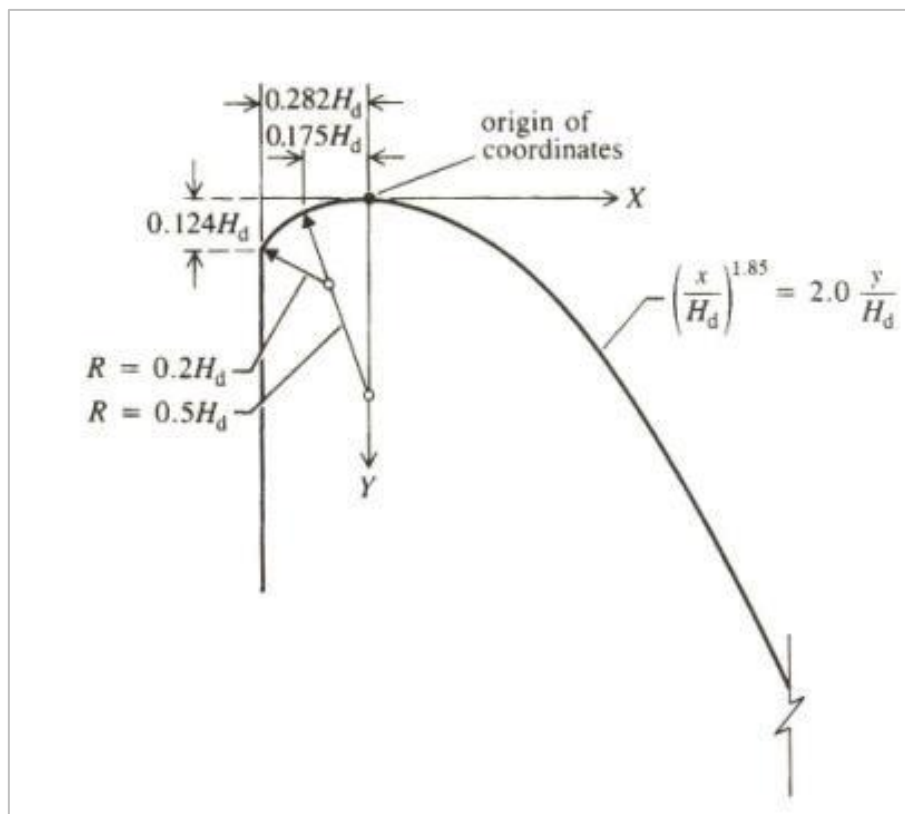


Figura 9-6: Gabarito hidráulico para vertedouro de soleira livre – definição do perfil Creager

A Figura 9-7 apresenta a definição do paramento de jusante tipo escada, com inclinação resultante de $0,85(H):1,00(V)$.

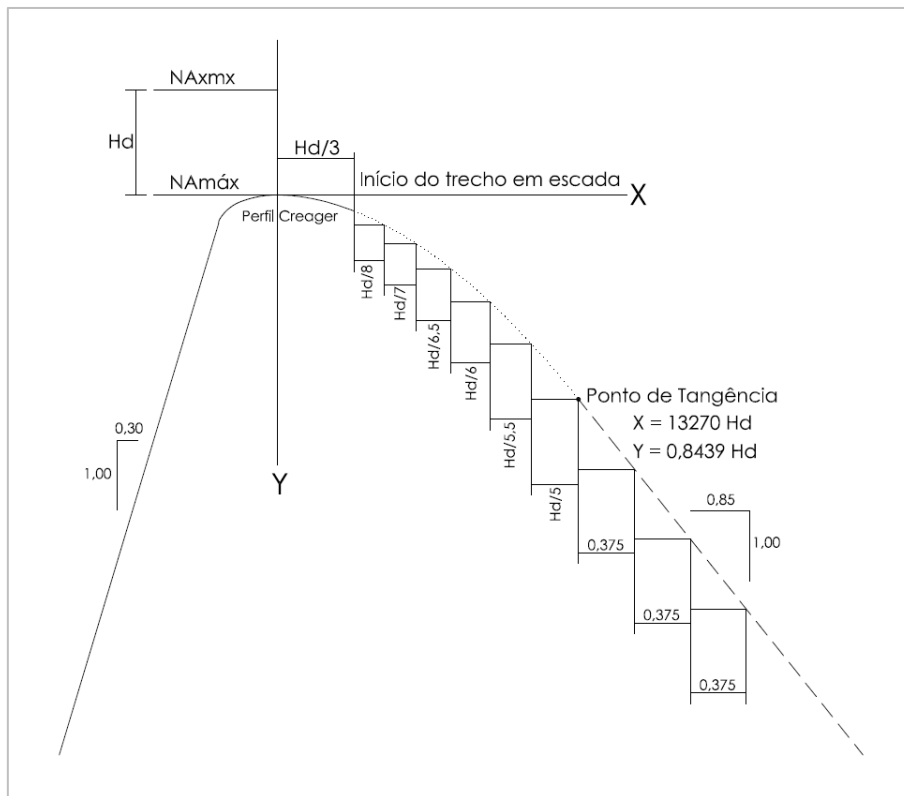


Figura 9-7: Vertedouro de soleira livre com paramento de jusante em escada – definição das dimensões dos degraus

9.3. Circuitos de Adução

O circuito de adução compõe-se de: tomada d'água de adução, conduto forçado, casa de força e canal de fuga.

O dimensionamento do circuito foi feito para garantir a passagem da vazão máxima turbinada, com velocidade controlada na área bruta das grades, velocidades compatíveis com as aberturas das comportas de emergência e transição suave para o conduto.

O afogamento mínimo das grades e aberturas das comportas foi feito de acordo com o critério de Gordon, admitindo-se condições de aproximação assimétricas.

Para o conjunto circuito de adução e turbinas, foram feitas verificações das condições de estabilidade do sistema, para casos de abertura/fechamento bruscos das turbinas e a inércia do conduto.

As perdas de carga foram determinadas por meio da fórmula universal, para perdas distribuídas, e coeficientes específicos, para perdas localizadas, de acordo com parâmetros recomendados no HDC e em literatura especializada.

Os itens subsequentes apresentam os critérios e equações utilizadas para o cálculo das perdas de carga no circuito e para os dimensionamentos gerais.

9.3.1. Dimensionamento da tomada d'água

A submergência da tomada d'água, tanto na entrada da grade como na comporta vagão, foi verificada de acordo com os critérios de Gordon:

$$h_s \geq 0,7v\sqrt{H}$$

Onde v é a velocidade na entrada da grade ou na seção da comporta, e H é a altura da grade ou da comporta.

O coeficiente 0,7 foi utilizado para entrada lateral, e não frontal, de forma conservadora.

9.3.2. Dimensionamento do Conduto Forçado

Os condutos foram dimensionados para a garantia de regulação do circuito de adução sem a necessidade de implantação de chaminé de equilíbrio.

Para a verificação de regulação do circuito, foi estimada a constante de aceleração do escoamento (t_h) no circuito de alta pressão, de acordo com a seguinte relação:

$$t_h = \frac{v_{tn}L_{tn}}{gH_b}$$

onde v_{tn} é a velocidade do escoamento no conduto forçado e L_{tn} , o seu comprimento.

Com relação à necessidade ou não de chaminé de equilíbrio, tem-se:

- $t_h \leq 3,0 \text{ s}$ não há necessidade de chaminé
- $3,0 < t_h \leq 6,0 \text{ s}$ desejável, mas não obrigatória
- $t_h > 6,0 \text{ s}$ há necessidade de chaminé

A espessura de chapa é calculada por meio das seguintes equações:

$$e_{c-i} = \frac{100H_{dim-i}d_c}{2\sigma_{esc-aço}}$$
$$e_{c-min} = \frac{(1000 \times d_c + 500)}{400}$$

onde d_c é o diâmetro do conduto, em metros, H_{dim} é a pressão de dimensionamento do trecho, já considerando a sobrepressão, em m.c.a., e $\sigma_{esc-aço}$ é a tensão de escoamento do aço (324 MPA com coeficiente de segurança de 1,50, resultando em 2.202,6 kg/cm²).

A espessura mínima adotada para o conduto foi de 6,3 mm (¼").

9.3.3. Cálculo das perdas de carga no circuito de adução

Este item apresenta os critérios adotados para o levantamento das curvas de perda de carga no circuito de geração da usina, desde a tomada d'água até a entrada das turbinas.

As perdas de carga no circuito de geração foram calculadas pela seguinte equação:

$$h_p = h_d + h_l$$

Onde:

- h_p : perdas de carga no circuito de adução, em m.c.a.;
- h_d : perdas de carga distribuídas, em m.c.a.;
- h_l : perdas de carga localizadas, em m.c.a.

9.3.3.1. Perdas de carga distribuídas no conduto forçado

As perdas de carga distribuídas foram estimadas de acordo com a fórmula universal, representada pela seguinte relação:

$$h_d = \lambda \frac{L}{d_{eq}} \frac{v^2}{2g}$$

Onde:

- λ : coeficiente de perda de carga;
- L : comprimento do trecho, em m;
- d_{eq} : diâmetro equivalente no trecho, em m;
- v : velocidade no trecho, em m/s;
- g : aceleração da gravidade no local, assumida como 9,7821 m/s².

O coeficiente de perda de carga, λ , é dado pelas seguintes relações:

$$\lambda = \frac{64}{R_e}, \quad \text{se } R_e \leq 2.400$$

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{R_e}}, \quad \text{se } 4.000 \leq R_e < \frac{23}{\varepsilon/d}$$

$$\lambda = \frac{1}{\left(\frac{1,8 \log \frac{R_e}{R_e \frac{\varepsilon}{10d} + 7}}{\varepsilon/d} \right)^2}, \quad \text{se } \frac{23}{\varepsilon/d} \leq R_e < \frac{560}{\varepsilon/d}$$

$$\lambda = \frac{1}{\left(2 \log \frac{3,7d}{\varepsilon} \right)^2}, \quad \text{se } R_e \geq \frac{560}{\varepsilon/d}$$

Onde:

- R_e : número de Reynolds;
- ε : rugosidade absoluta, em mm.

Os seguintes valores de rugosidade absoluta foram utilizados:

- Aço 0,15 mm
- Concreto estrutural 2,00 mm

A velocidade no circuito de adução é dada pela relação abaixo:

$$v = \frac{4q_{turb}}{\pi d_{eq}^2}$$

Onde:

q_{turb} : vazão turbinada unitária, em m^3/s , pois os circuitos de geração das unidades serão independentes.

O número de Reynolds, R_e , é dado pela seguinte equação:

$$R_e = \frac{v d_{eq}}{\nu}$$

Onde:

ν : viscosidade cinemática da água, assumida como $8,30 \times 10^{-7} m^2/s$, para água com temperatura de $30^\circ C$.

9.3.4. Perdas de carga localizadas

As perdas de carga localizadas foram estimadas pela seguinte equação geral:

$$h_l = k \frac{v^2}{2g}$$

Onde:

k : coeficiente de perda de carga, variável, de acordo com a singularidade.

O circuito de adução possuirá as seguintes singularidades:

- Entrada da tomada d'água;
- Grades;
- Redução de seção na tomada d'água;
- Ranhuras laterais das comportas de emergência;
- Curvas;
- Redução se seções circulares e transições;
- Saída do tubo de sucção.

a) Coeficiente de perda de carga na entrada da tomada d'água

Para o cálculo das perdas na entrada adotou-se $k = 0,20$.

b) Coeficiente de perda de carga nas grades

O cálculo do fator k para a perda de carga localizada na grade, k_g , seguiu a equação:

$$k_g = k_d k_f p^{1,6} f \sin(\theta)$$

Onde:

k_d : coeficiente de “depósito de detritos”, valendo 1,20;

k_f : coeficiente de forma, valendo 0,51;

p : razão entre área de barras e área total da grade;

f : fator que relaciona a espessura da grade e o espaçamento entre barras;

θ : ângulo entre a grade e a soleira.

O fator f é calculado pela seguinte relação:

$$f = 8 + 2,3 \frac{e_g}{b} + 2,4 \frac{b}{e_g}$$

Onde:

- e_g : espessura da grade, em mm;
 b : espaçamento entre barras, em mm.

c) Coeficiente de perda de carga nas reduções de seção

O cálculo do fator k para a perda de carga localizada em reduções de seção, k_{rs} , seguiu a equação:

$$k_{rs} = \left(\frac{n^{1,8} - 1}{1,43n^{1,8} + 1} \right)^2 \text{sen}(\theta_{rs})$$

Onde:

- n : relação entre a área da seção de entrada e a de saída (maior que 1);
 θ_{rs} : ângulo de redução.

Considera-se, para efeitos de perda de carga nas reduções de seção, a velocidade no trecho de saída, ou seja, de menor seção transversal.

d) Coeficiente de perda de carga nas ranhuras laterais das comportas

O cálculo do fator k para a perda de carga localizada nas ranhuras laterais das comportas ensecadeira e de emergência, k_{rl} , seguiu a equação:

$$k_{rl} = \left(\frac{\sigma^{1,8} - 1}{1,43\sigma^{1,8} + 1} \right)^2 \text{sen}(\theta_{rl})$$

Onde:

- σ : relação entre áreas.
 θ_{rl} : ângulo da ranhura lateral com o escoamento.

O coeficiente σ é calculado pela relação:

$$\sigma = \frac{A_c + 0,25b_{rn}h_{rn}}{A_c}$$

Onde:

- A_c : área da seção transversal da comporta, em m²;
 b_{rn} : largura da ranhura, em m;
 h_{rn} : altura da ranhura, em m.

O cálculo do coeficiente de perda de carga na parte superior dos vãos das comportas segue a mesma metodologia, com alterações nos coeficientes b_{rn} e h_{rn} , que passam a ser denominados comprimento da ranhura (equivalente à largura da comporta) e profundidade do vão, respectivamente.

e) Coeficiente de perda de carga na transição retangular/circular

O cálculo do fator k para a perda de carga localizada na transição retangular/circular da tomada d'água, k_{tr} é composto por duas parcelas.

$$k_{tr} = k'_{tr} + k''_{tr}$$

A parcela k'_{tr} é calculada pela equação:

$$k'_{tr} = 4 \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right)^{1,25} \left(1 - \frac{A_c}{A_r} \right)^2$$

Onde:

A_c : área da seção circular, em m²;

A_r : área da seção retangular, em m².

O ângulo α é calculado pela relação:

$$\alpha = 2 \operatorname{arctg} \left[\frac{2 \left(\frac{a_0 b_0}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}} - d_c}{2L_{tr}} \right]$$

Onde:

a_0 : altura da seção retangular, em m;

b_0 : largura da seção retangular, em m;

d_c : diâmetro da seção circular, em m;

L_{tr} : comprimento da transição, em m.

A parcela k''_{tr} é calculada pela equação:

$$k''_{tr} = \frac{\xi}{8 \operatorname{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right)} \left[1 - \left(\frac{A_c}{A_r} \right)^2 \right]$$

O coeficiente ξ é calculado pela relação:

$$\xi = \left[2 \log \left(\frac{3,7 D_h}{\Delta} \right) \right]^{-2}$$

Onde:

D_h : diâmetro hidráulico, em m;

Δ : rugosidade média, em m.

f) Coeficiente de perda de carga nas curvas

O cálculo do fator k para a perda de carga localizada nas curvas do circuito, k_{cv} , também é composto por duas parcelas.

$$k_{cv} = k_m + k_f$$

A parcela k_m é calculada pela equação:

$$k_m = \frac{0,189 \operatorname{sen} \beta}{\sqrt{\frac{R_0}{D_h}}}$$

Onde:

β : ângulo da curva, em graus;

R_0 : raio médio de curvatura, em m.

A parcela k_m é calculada pela equação:

$$K_f = 0,00035 \frac{R_0}{D_h} \beta$$

Onde β é dado em radianos.

g) Coeficiente de perda de carga na saída do tubo de sucção

Para o cálculo das perdas na entrada adotou-se $k = 1,00$.

10. ESTUDOS DE ALTERNATIVAS

A PCH SU-104 foi definida na etapa de inventário como uma usina compacta, com geração próxima ao eixo do barramento, com circuito de geração na margem direita.

Para a etapa de projeto básico o eixo sofreu um pequeno ajuste para possibilitar a implantação das estruturas de concreto na margem esquerda, para redução das escavações nos canais de aproximação e de restituição.

Na figura seguinte apresenta-se um comparativo entre os arranjos previstos na etapa de inventário e no projeto básico, mostrando as pequenas diferenças resultantes do avanço dos estudos.

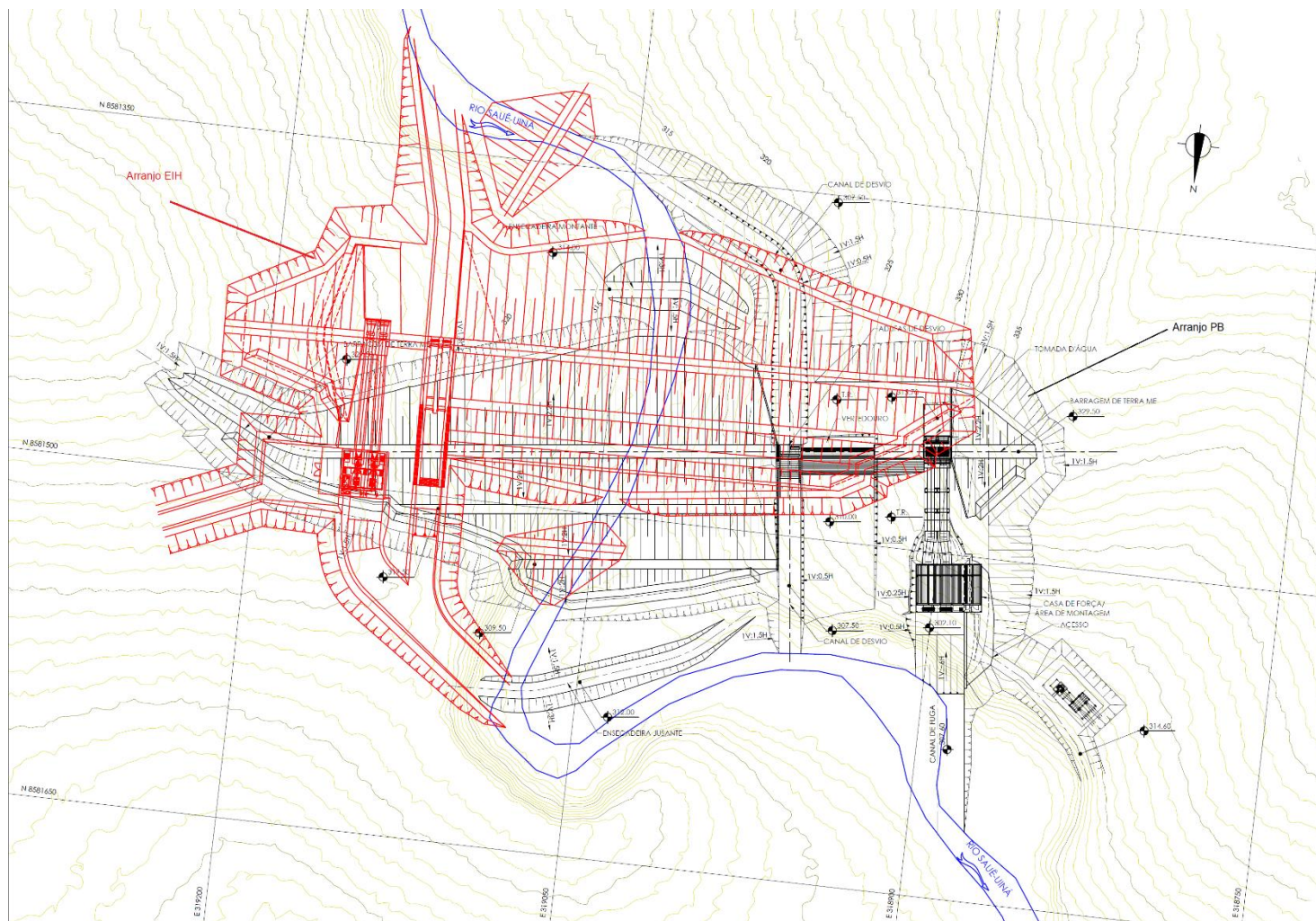


Figura 10-1: Arranjos comparativos (Estudos de Inventário e Projeto Básico)

De posse do material topográfico e dos resultados das campanhas de sondagens, foram desenvolvidos os alguns estudos com vistas à otimização das soluções, incluindo o projeto do vertedouro.

De maneira geral, o local não se mostrou propício à diversas alternativas para o arranjo. O comparativo entre a solução proposta no projeto básico e a solução sugerida no inventário, com os devidos ajustes topográficos e de fundação, mostrou ampla vantagem para a solução vigente, com vertedouro de superfície e circuito de geração na margem esquerda.

11. ESTUDOS ENERGÉTICOS

Os estudos energéticos para a PCH SU-104 objetivam a determinação dos seguintes parâmetros:

- Potência instalada mínima;
- Energia média;
- Número de unidades geradoras;
- Queda de referência da usina, definida como a queda líquida na qual as turbinas, operando com os distribuidores completamente abertos, fornecem a potência nominal dos geradores (queda utilizada para o dimensionamento das turbinas);
- Queda líquida de projeto, na qual o rendimento da turbina é máximo;
- Queda líquida nominal, a ser utilizada no cálculo da Garantia Física da PCH;
- Parâmetros para o cálculo da Garantia Física.

11.1. Critérios para a Determinação da Energia Média Gerada

A energia gerada pela operação da PCH SU-104 foi quantificada como a geração média histórica, compreendendo o período da série de vazões médias mensais (janeiro de 1974 a dezembro de 2020).

Os parâmetros adotados para a simulação energética foram os seguintes:

- Nível d'água de montante fixo, na cota 327,00 m, uma vez que a usina operará a fio d'água, sem deplecionamento;
- Nível d'água de jusante variando de acordo com a curva-chave elaborada para o canal de fuga;
- Perdas hidráulicas no circuito de adução variando com as equações de perdas de carga;
- Série de vazões médias mensais..... jan/1974 a dez/2020
- Vazão remanescente nula
- Vazão de usos consuntivos nula
- Indisponibilidade forçada 1,26%
- Indisponibilidade programada 1,74%
- Rendimento nominal da turbina..... 93,0%
- Rendimento nominal do gerador..... 97,0%
- Turbina..... Kaplan "S", eixo horizontal
- Despacho mínimo 30% da vazão nominal unitária
- Número de unidades geradoras 2

Para a realização desses estudos foi utilizado um modelo matemático próprio, elaborado para estudos energéticos de aproveitamentos a fio d'água.

A série de vazões médias mensais é apresentada na Tabela 11-1.

Tabela 11-1: Série de vazões médias mensais naturais no local da PCH SU-104

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd.
1974	48,39	49,70	50,53	50,04	48,45	45,59	40,53	37,93	37,47	39,17	40,16	42,63	44,22
1975	45,27	47,87	46,34	46,90	43,72	39,36	38,82	37,70	36,99	37,38	40,02	43,52	41,99
1976	43,44	44,99	46,32	44,36	43,20	40,39	38,41	37,45	37,17	39,28	39,90	42,00	41,41
1977	45,32	47,28	45,58	45,04	43,64	42,20	39,61	38,31	38,61	40,39	42,77	45,04	42,82
1978	49,26	47,40	49,89	46,47	46,15	41,48	39,15	39,71	39,37	38,95	39,87	44,92	43,55
1979	48,47	50,47	52,74	50,99	45,96	43,33	41,16	39,66	40,31	39,20	41,82	41,89	44,67
1980	45,77	48,96	51,40	49,73	44,73	40,67	41,22	39,16	38,48	37,87	40,13	44,63	43,56
1981	47,24	48,44	49,45	49,31	43,55	40,45	38,81	37,63	36,80	38,93	42,97	43,60	43,10
1982	48,61	50,48	52,45	47,58	39,54	36,48	34,46	34,67	39,84	40,76	41,38	42,43	42,39
1983	46,03	46,99	48,57	46,80	43,80	41,79	39,29	38,01	37,26	38,81	40,34	46,11	42,82
1984	44,90	45,26	47,07	46,83	44,55	40,83	38,86	37,98	37,94	38,46	40,55	42,16	42,12
1985	45,58	45,27	47,25	46,80	43,63	40,34	39,04	38,05	37,98	39,16	40,93	41,45	42,12
1986	47,86	49,28	48,72	47,50	44,48	41,53	39,41	38,70	38,54	38,82	39,29	41,87	43,00
1987	43,03	45,77	45,80	43,68	41,31	38,82	37,32	36,01	35,69	36,26	40,26	42,95	40,58
1988	46,12	48,07	50,45	49,54	44,98	42,43	40,19	38,64	37,98	38,09	40,45	43,55	43,37
1989	47,03	51,52	51,88	49,34	47,10	43,12	41,62	40,40	39,07	39,52	39,96	45,69	44,69
1990	45,23	48,18	47,89	46,30	42,33	39,73	38,23	37,28	39,39	39,77	41,27	42,73	42,36
1991	46,74	48,74	49,56	50,19	45,86	41,69	40,23	38,93	39,37	38,68	40,33	41,52	43,49
1992	44,27	46,33	46,31	46,55	42,28	39,55	38,05	37,13	38,86	38,70	39,89	43,47	41,78
1993	45,54	48,25	50,42	49,06	44,45	42,01	39,30	36,32	35,24	35,78	35,78	38,49	41,72
1994	45,00	49,60	50,15	50,42	42,01	38,76	36,86	34,70	33,07	33,61	34,15	38,49	40,57
1995	47,71	51,50	53,67	52,31	47,16	43,37	41,74	40,66	39,85	40,93	42,56	47,44	45,74
1996	45,27	44,45	47,98	46,08	43,37	41,20	39,85	39,85	38,76	39,57	42,83	41,20	42,53
1997	41,47	45,00	48,25	47,98	45,81	43,10	40,39	39,57	39,57	39,30	39,30	40,12	42,49
1998	40,93	44,73	47,16	45,54	41,74	40,39	38,76	38,22	37,41	39,03	41,20	40,93	41,34
1999	41,20	40,93	42,56	41,20	40,39	38,49	37,68	36,86	37,14	37,14	38,49	39,85	39,33
2000	38,76	40,66	45,54	43,64	40,39	38,49	37,41	36,86	36,59	37,14	38,76	38,22	39,37
2001	40,39	40,39	42,83	41,20	38,76	37,95	36,86	36,59	36,32	36,86	38,22	39,57	38,83
2002	39,03	42,29	41,47	39,85	38,22	36,59	35,78	35,24	35,24	34,97	35,51	36,86	37,59
2003	39,03	40,39	40,39	42,83	38,49	39,03	36,32	35,24	35,24	36,05	36,86	36,86	38,06
2004	38,76	40,39	40,12	38,76	37,68	36,05	35,24	34,15	34,15	34,97	35,78	35,51	36,80
2005	39,30	38,22	39,85	38,49	36,59	35,78	34,70	33,88	35,51	34,70	35,24	36,59	36,57
2006	38,76	39,57	40,12	41,47	37,95	36,59	35,78	34,70	34,70	37,14	35,78	38,76	37,61
2007	41,20	42,29	42,01	40,12	37,68	36,32	35,51	34,70	34,42	35,78	36,86	37,14	37,84
2008	37,68	39,85	40,12	40,12	37,68	36,32	35,24	34,42	34,15	34,97	36,05	37,95	37,05
2009	37,68	38,76	42,01	39,03	37,41	35,51	34,42	34,15	32,80	33,07	33,88	33,88	36,05
2010	35,51	39,57	36,86	34,15	33,07	33,88	33,34	32,80	32,80	33,34	33,34	35,24	34,49
2011	39,03	38,49	39,30	39,57	35,78	34,42	33,61	33,07	32,26	33,07	33,88	34,15	35,55
2012	36,05	37,68	39,03	36,86	34,42	34,42	33,88	31,99	32,80	34,42	33,34	35,24	35,01
2013	37,95	39,85	38,22	36,86	34,97	34,42	33,34	32,80	32,26	32,80	33,34	33,88	35,06
2014	34,97	38,76	42,83	42,29	44,18	39,85	35,78	34,42	34,42	34,70	36,32	36,59	37,93

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd.
2015	37,68	37,95	38,22	39,03	38,76	36,86	35,51	35,51	34,70	34,42	35,78	34,70	36,59
2016	36,32	39,03	39,57	39,57	36,59	34,70	33,07	32,80	33,34	32,80	33,07	36,05	35,58
2017	35,51	38,22	38,49	37,68	36,05	34,42	34,15	33,07	31,44	31,44	34,15	35,78	35,03
2018	37,41	39,03	39,57	40,39	38,49	36,05	34,97	34,42	34,15	35,51	36,86	38,49	37,11
2019	37,41	36,86	42,01	46,33	40,22	37,13	35,67	34,56	33,84	36,19	37,12	36,19	37,79
2020	36,36	41,83	43,59	38,43	36,50	34,13	32,99	31,96	31,47	32,58	32,62	33,46	35,49
Mín.	34,97	36,86	36,86	34,15	33,07	33,88	32,99	31,96	31,44	31,44	32,62	33,46	
Méd.	42,14	43,95	45,12	44,11	41,15	38,85	37,29	36,32	36,19	36,82	38,07	39,78	39,98
Máx.	49,26	51,52	53,67	52,31	48,45	45,59	41,74	40,66	40,31	40,93	42,97	47,44	

As variações no nível de jusante serão regidas pela curva-chave elaborada para o canal de fuga, representada pelas seguintes equações, considerando a restrição em função da previsão de usina a jusante, PCH SU-93, que irá operar na El. 310,00 m:

$$NA = 310,00 \text{ m, se } Q_{defl} \leq 39,87 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$NA = \left(\frac{Q_{defl}}{21,940385} \right)^{1/1,472904} + 308,50, \text{ se } 39,87 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{defl} \leq 47,94 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$NA = \left(\frac{Q_{defl}}{8,856767} \right)^{1/2,140471} + 308,00, \text{ se } Q_{defl} > 47,94 \text{ m}^3/\text{s}$$

Como a usina operará a fio d'água, a vazão defluente (Q_{defl}) será equivalente à vazão afluente média em cada mês (Q_{afl}).

As perdas hidráulicas no circuito de adução foram estimadas por meio de equações em função das características físicas do circuito em função da vazão turbinada unitária.

As referidas perdas foram inseridas no modelo matemático de simulação energética, relacionando a vazão turbinada com a queda líquida do aproveitamento, para cada mês do período de simulação.

Uma vez que a PCH SU-104 terá restituição das vazões turbinadas próximo ao barramento, sem trecho de vazão reduzida, não será necessária, ao longo da operação da usina, a manutenção de vazão remanescente.

A Taxa de Indisponibilidade Forçada (TEIF) reflete o número de horas em que uma ou mais unidades geradoras deixaram de operar em decorrência de um desligamento causado por falha ou defeito de um componente ou unidade que acarretem em retirada de serviço do equipamento ou parte dele. Resulta de condições de emergência ou acidentais que requeiram que o equipamento seja desligado. Desta forma, por tratar-se de ato ou evento sobre o qual não se tem domínio, a definição dos valores da TEIF deve se valer das estatísticas de usinas similares, uma vez não ser possível sua prévia mensuração.

Ante ao exposto, adotou-se para a TEIF o valor sugerido pela ANEEL na Nota Técnica nº 063/2012-SRG-SGH/ANEEL, de 29 de agosto de 2012, equivalente a 1,26%.

Já a Taxa de Indisponibilidade Programada (IP) reflete os desligamentos programados para manutenção nos períodos em que a unidade ou componente esteve ou poderia ter estado em serviço caso não tivesse ocorrido o desligamento. Para mensuração das taxas mais adequadas para serem adotadas no presente projeto básico, buscou-se obter junto à Brasil PCH S.A. (www.brasilpch.com.br), produtora independente de energia que desde 2009 opera 13 Centrais Hidrelétricas de porte similar nas regiões Sudeste e Centro-

Oeste, as taxas de indisponibilidade reais observadas neste complexo. Os números indicam uma taxa de indisponibilidade total, programada e forçada, de 1,74%.

Julga-se, porém, que para a estatística de indisponibilidade forçada, o período de operação da Brasil PCH pode ser considerado curto. Para determinação das taxas de indisponibilidades a serem utilizadas neste relatório, optou-se, de forma conservadora, a utilizar o valor total de indisponibilidades da Brasil PCH como Indisponibilidade Programada.

Sendo assim, foram utilizados os seguintes valores para a fase de motorização:

- TEIF 1,26%
- IP 1,74%

Por fim, em relação às quedas líquidas de referência e de projeto, a primeira foi estabelecida como a queda com permanência de 95% no histórico de quedas líquidas, e a segunda, como a queda líquida média ponderada em todo o período de simulação energética.

11.2. Valoração dos Benefícios Energéticos

De acordo com as normativas da ANEEL, para valoração dos benefícios energéticos deve ser considerado o *“Custo Marginal de Dimensionamento publicado pelo Poder Concedente ou, em casos em que esse parâmetro não esteja disponível, o Custo Marginal de Expansão, definido no Plano Decenal de Expansão do ano anterior”*.

Considerando que o Custo Marginal de Dimensionamento (CMD) não vem sendo publicado, e que o Custo Marginal de Expansão (CME) publicado no Plano Decenal de Expansão considera as médias dos últimos Leilões de Energia, inclusive com as usinas estruturantes e de grande porte, que influenciam diretamente no cálculo do CME, abaixando significativamente o valor, foi desenvolvido um estudo específico para determinação de um custo marginal que reflita a realidade de empreendimentos do porte deste em desenvolvimento, considerando os aproveitamentos leiloados nos últimos anos.

Conforme consta do Plano Decenal de Expansão, a metodologia para cálculo do CME *“toma por base os preços das negociações realizadas nos leilões de energia nova, de reserva e de fontes alternativas ao longo dos últimos cinco anos, corrigidos monetariamente e ponderados conforme a demanda contratada”*.

Assim, de acordo com a metodologia do Plano Decenal de Expansão e com base nos dados obtidos junto à Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), foram selecionadas as usinas hidrelétricas de pequeno porte que comercializaram energia nos leilões a partir de 2010, que totalizaram 161 usinas.

Da base de dados da CCEE, os preços de venda foram atualizados até a data de junho de 2021, com base no IPCA. O custo é obtido pela fórmula seguinte:

$$CUSTO = \frac{\sum ECOM_i \times PV_i}{\sum ECOM_i}, \text{ onde:}$$

$ECOM_i$ = Energia Comercializada pela Usina [i]

PV_i = Preço de Venda da Usina [i]

A Tabela 11-2 apresenta uma relação das usinas consideradas neste estudo.

Tabela 11-2: Empreendimentos Hidrelétricos Considerados na Simulação

Leilão	Data de realização do leilão	Tipo de Leilão	Vendedor	Empreendimento	UF	Potência (MW)	GF (MW médio)	Energia Contratada (MW médio)	Preço de Venda (R\$/MWh)	Preço de Venda Atualizado (R\$/MWh)
10ºLEN	30/07/10	Energia Nova	MEGA ENERGIA	CANAA	RO	17,0	7,8	7,0	153,98	285,58
10ºLEN	30/07/10	Energia Nova	MEGA ENERGIA	JAMARI	RO	20,0	9,1	9,0	154,23	286,05
10ºLEN	30/07/10	Energia Nova	EMAE	PIRAPORA	SP	25,0	17,2	16,0	154,49	286,53
10ºLEN	30/07/10	Energia Nova	MEGA ENERGIA	SANTA CRUZ DE MONTE NEGRO	RO	17,0	7,7	7,0	153,73	285,12
02ºLFA	26/08/10	Fontes Alternativas	COPEL	CAVERNOSO II	PR	19,0	10,6	7,6	146,99	272,51
02ºLFA	26/08/10	Fontes Alternativas	GALHEIROS	GALHEIROS I	GO	11,0	6,4	6,4	144,50	267,89
02ºLFA	26/08/10	Fontes Alternativas	QUE	QUEIXADA	GO	30,0	21,6	16,6	148,39	275,11
02ºLFA	26/08/10	Fontes Alternativas	PCH SALTO GOES	SALTO GOES	SC	20,0	11,1	11,1	147,47	273,40
02ºLFA	26/08/10	Fontes Alternativas	UNAIBAIXO	UNAI BAIXO	MG	21,0	12,7	6,4	144,98	268,78
03ºLER	26/08/10	Reserva	PRIMUS	INXU	MT	20,6	16,5	16,5	129,93	240,88
03ºLER	26/08/10	Reserva	SEB	SAO SEBASTIAO	SC	9,9	5,2	5,2	133,25	247,04
16ºLEN	29/08/13	Energia Nova	EGP CABEÇA DE BOI	CABEÇA DE BOI	MT	29,7	13,6	13,6	119,99	185,82
16ºLEN	29/08/13	Energia Nova	CANTU 2	CANTU 2	PR	18,0	9,5	9,5	128,99	199,75
16ºLEN	29/08/13	Energia Nova	EGP FAZENDA	DA FAZENDA	MT	19,5	9,1	9,1	120,00	185,83
16ºLEN	29/08/13	Energia Nova	MANOPLA	MANOPLA	PE	5,0	2,6	2,6	128,99	199,75
16ºLEN	29/08/13	Energia Nova	PCH MATA VELHA	MATA VELHA	MG	24,0	13,1	12,7	128,99	199,75
16ºLEN	29/08/13	Energia Nova	EGP SALTO APIACAS	SALTO APIACÁS	MT	45,0	22,9	22,4	119,97	185,79
16ºLEN	29/08/13	Energia Nova	ELETROSUL	SANTO CRISTO	SC	19,5	10,8	0,5	129,00	199,77
16ºLEN	29/08/13	Energia Nova	ALUPAR	VERDE 08	GO	28,5	16,9	13,1	130,00	201,32
16ºLEN	29/08/13	Energia Nova	SANTA HELENA ENERGIA	YPÊ	GO	29,3	16,7	16,7	131,20	203,18
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	CEC	Ado Popinhak	SC	19,3	10,4	10,4	135,90	205,52
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	ALUPAR	Água Limpa	MG	23,0	11,4	6,0	138,00	208,70
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	FAZENDA VELHA	Fazenda Velha	GO	16,5	8,9	6,7	131,95	199,55
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	GARÇA BRANCA	Garça Branca	SC	6,5	3,4	3,2	137,86	208,48
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	JARDIM	JARDIM	RS	9,0	4,5	1,1	139,00	210,21
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	COOGERVAAPA	Linha Aparecida	RS	24,9	13,8	11,7	136,98	207,15
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	COOGERVAJAC	Linha Jacinto	RS	17,4	9,9	9,3	137,98	208,67
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	MORRO GRANDE	MORRO GRANDE	RS	9,8	4,4	1,1	139,00	210,21
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	MUTUM	Nova Mutum	MT	14,0	6,1	1,2	139,00	210,21
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	PGE	PITO	SC	4,0	2,3	2,3	134,90	204,01
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	QI	Quartel I	MG	30,0	14,0	13,9	139,20	210,51
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	QII	Quartel II	MG	30,0	14,2	14,1	139,20	210,51
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	QIII	Quartel III	MG	30,0	14,1	14,0	139,20	210,51
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	REN	Renic	GO	16,0	6,6	2,5	136,90	207,03
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	OMEGA SERRA DAS AGULHAS	Serra das Agulhas	MG	28,0	11,7	11,7	134,90	204,01
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	TBL	Tamboril	GO	29,3	12,9	7,0	136,90	207,03
20ºLEN	28/11/14	Energia Nova	CDESA	COMODORO	MT	10,0	6,2	6,2	162,50	232,75
20ºLEN	28/11/14	Energia Nova	LAJARI	LAJARI	MT	20,9	10,9	9,0	160,90	230,46
20ºLEN	28/11/14	Energia Nova	PDESA	PRESENTE DE DEUS	MT	13,0	8,5	8,5	162,50	232,75
21ºLEN	30/04/15	Energia Nova	ATIAIA ENERGIA S.A.	BANDEIRANTE	MS	27,2	18,4	16,5	203,98	277,25

Leilão	Data de realização do leilão	Tipo de Leilão	Vendedor	Empreendimento	UF	Potência (MW)	GF (MW médio)	Energia Contratada (MW médio)	Preço de Venda (R\$/MWh)	Preço de Venda Atualizado (R\$/MWh)
21ºLEN	30/04/15	Energia Nova	SPE BOA VISTA 2 ENERGIA S.A.	BOA VISTA II	MG	26,5	14,4	14,0	207,64	282,22
21ºLEN	30/04/15	Energia Nova	CONFLUÊNCIA ENERGIA SA	CONFLUÊNCIA	PR	27,0	13,7	13,5	205,00	278,63
21ºLEN	30/04/15	Energia Nova	GEOMECANICA TECNOLOGIA - TEC DE SOLOS ROCHAS E MATERIAIS	SECRETÁRIO	RJ	2,7	1,3	1,2	202,99	275,90
21ºLEN	30/04/15	Energia Nova	SERRA DOS CAVALINHOS I ENERGÉTICA S.A.	SERRA DOS CAVALINHOS I	RS	25,0	14,5	14,1	206,48	280,64
21ºLEN	30/04/15	Energia Nova	MINAS PCH S/A	TIBAGI MONTANTE	PR	32,0	20,3	19,0	209,50	284,75
21ºLEN	30/04/15	Energia Nova	TIGRE PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA LTDA	TIGRE	PR	9,0	5,3	1,0	195,00	265,04
21ºLEN	30/04/15	Energia Nova	SAVANA GERAÇÃO DE ENERGIA S.A.	VERDE 4	MS	19,0	13,8	13,4	206,98	281,32
21ºLEN	30/04/15	Energia Nova	PHOENIX GERAÇÃO DE ENERGIA S.A.	VERDE 4A	MS	28,0	19,7	19,2	206,49	280,66
22ºLEN	21/08/15	Energia Nova	EUCLIDES MACIEL ENERGÉTICA SA	DAS PEDRAS	SC	5,6	3,3	2,3	207,00	274,78
22ºLEN	21/08/15	Energia Nova	PCH DORES DE GUANHÃES S.A.	DORES DE GUANHAES	MG	14,0	7,1	7,1	205,50	272,79
22ºLEN	21/08/15	Energia Nova	PCH FORTUNA II S.A.	FORTUNA II	MG	9,0	4,7	4,6	205,50	272,79
22ºLEN	21/08/15	Energia Nova	PC JACARÉ S.A.	JACARE	MG	9,0	5,0	4,9	205,50	272,79
22ºLEN	21/08/15	Energia Nova	CAROLINA GERAÇÃO DE ENERGIA LTDA	SANTA CAROLINA	RS	10,5	5,1	4,6	203,00	269,47
22ºLEN	21/08/15	Energia Nova	PCH SENHORA DO PORTO S.A.	SENHORA DO PORTO	MG	12,0	6,5	6,5	205,50	272,79
22ºLEN	21/08/15	Energia Nova	XAVANTINA ENERGÉTICA S.A.	XAVANTINA	SC	6,1	3,5	3,1	202,85	269,27
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	PRATA	AGUA BRAVA	MT	13,1	6,4	5,6	194,00	241,29
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	PRATA	AGUA PRATA	MT	13,3	6,6	5,9	194,00	241,29
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	EGP APC	CABEÇA DE BOI	MT	30,0	17,9	4,2	147,85	183,89
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	CACHIMBO ALTO	CACHOEIRA CACHIMBO ALTO	RO	9,8	6,0	5,9	193,95	241,23
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	CANHADAO	CANHADAO	PR	10,0	6,2	5,0	195,00	242,54
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	CEBRANORTE URBANO	CAPIVARI	SC	18,7	6,8	3,0	189,98	236,29
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	CASTRO	CASTRO	PR	4,0	2,5	1,7	195,00	242,54
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	CAZUZA FERREIRA	CAZUZA FERREIRA	RS	9,1	6,1	1,5	189,15	235,26
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	ARGENTUM	CLAIRTO ZONTA	PR	14,9	7,6	7,5	184,00	228,86
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	EGP FAZ	DA FAZENDA	MT	7,4	5,0	4,9	184,90	229,97
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	NOVA GUAPORE ENERGETICA	NOVA GUAPORE	MT	14,0	9,4	9,0	194,00	241,29
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	RECANTO	RECANTO	MT	9,1	5,3	5,3	192,88	239,90
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	RENIC	RENIC	GO	16,0	6,6	1,8	164,73	204,89
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	SALTO BANDEIRANTES	SALTO BANDEIRANTES	PR	4,2	2,9	2,3	194,00	241,29
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	HSJII	SAO JOAO II	PR	7,0	3,6	3,5	184,00	228,86
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	SÃO LUIZ	SAO LUIZ	ES	10,5	4,3	4,3	188,80	234,83
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	SIGMA ENERGIA	SERRA DAS AGULHAS	MG	30,0	12,9	1,1	162,33	201,90
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	TBL	TAMBORIL	GO	29,3	12,9	5,3	164,73	204,89
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	TIGRE	TIGRE	PR	9,0	5,3	3,2	195,00	242,54
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	HSBSA	UHE SANTA BRANCA	PR	62,0	35,1	34,1	150,00	186,57

Leilão	Data de realização do leilão	Tipo de Leilão	Vendedor	Empreendimento	UF	Potência (MW)	GF (MW médio)	Energia Contratada (MW médio)	Preço de Venda (R\$/MWh)	Preço de Venda Atualizado (R\$/MWh)
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	3LEOES	USINA BARRA DO LEAO	SC	3,6	1,9	1,9	193,75	240,98
10ºLER	23/09/16	Reserva	CENTRAL GERADORA HIDRELETRICA ARMANDO RIBEIRO SA	ARMANDO RIBEIRO	RN	4,7	3,2	2,9	225,88	275,15
10ºLER	23/09/16	Reserva	ATIAIA ENERGIA S/A	AREADO	MS	18,0	10,9	9,8	235,00	286,26
10ºLER	23/09/16	Reserva	BRASIL SUL ENERGIA S.A.	CORAÇÃO	SC	4,3	2,3	1,7	231,49	281,98
10ºLER	23/09/16	Reserva	C2LG GERAÇÃO DE ENERGIA LTDA	SANTO TESSARO	SC	1,0	0,6	0,6	229,98	280,14
10ºLER	23/09/16	Reserva	CENTRAL GERADORA HIDRELÉTRICA CASTANHÃO S.A.	CASTANHAO	CE	9,0	5,0	4,5	225,88	275,15
10ºLER	23/09/16	Reserva	COVÓ ENERGIA S.A.	COVÓ	PR	5,0	2,6	2,3	232,45	283,15
10ºLER	23/09/16	Reserva	CONSORCIO ESTIVADINHO 3	ESTIVADINHO 3	MT	9,9	7,0	6,3	223,25	271,95
10ºLER	23/09/16	Reserva	CENTRAIS ELÉTRICAS FIGUEIRÃO LTDA - ME	FIGUEIRA	RO	1,3	0,9	0,8	229,90	280,05
10ºLER	23/09/16	Reserva	INGA - MIRIM ENERGIA S.A.	INGÁ MIRIM	MG	1,0	0,8	0,5	232,50	283,21
10ºLER	23/09/16	Reserva	PCH JUÍNA S.A.	JUI 117	MT	24,4	18,8	16,9	223,20	271,89
10ºLER	23/09/16	Reserva	LOMBO DO CAVALO S/A GERAÇÃO DE ENERGIA	RONCADOR	SC	6,0	3,0	2,7	226,90	276,39
10ºLER	23/09/16	Reserva	MAFRAS ENERGIA E REFLORESTAMENTO LTDA.	WILLY FALLER	SC	1,0	0,7	0,7	229,78	279,90
10ºLER	23/09/16	Reserva	CONSORCIO MANTOVILIS	MANTOVILLIS	MT	5,2	3,6	3,0	223,30	272,01
10ºLER	23/09/16	Reserva	CENTRAL GERADORA HIDRELÉTRICA MANUEL ALVES LTDA	MANUEL ALVES	TO	8,0	5,2	4,7	231,49	281,98
10ºLER	23/09/16	Reserva	MAUE S/A - GERADORA E FORNECEDORA DE INSUMOS	BARRINHA	SC	3,3	1,7	1,5	222,50	271,03
10ºLER	23/09/16	Reserva	MAUÉ S/A - GERADORA E FORNECEDORA DE INSUMOS	LAMBARI	SC	4,0	1,9	1,7	228,00	277,73
10ºLER	23/09/16	Reserva	HIDRELÉTRICA MÉDIO GARCIA SPE LTDA	MÉDIO GARCIA	SC	1,0	0,6	0,5	223,15	271,82
10ºLER	23/09/16	Reserva	CENTRAL HIDRELETRICA PALMEIRAS DO TOCANTINS LTDA	PALMEIRAS	TO	2,8	1,5	1,3	214,00	260,68
10ºLER	23/09/16	Reserva	HIDRELÉTRICA PARAÍSO SPE LTDA	PARAÍSO	SC	1,0	0,6	0,5	223,15	271,82
10ºLER	23/09/16	Reserva	PB PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - EIRELI	PONTE BRANCA	SP	10,2	5,8	5,2	220,00	267,99
10ºLER	23/09/16	Reserva	POÇO FUNDO ENERGIA S/A	POÇO FUNDO	RJ	14,0	7,2	6,5	234,70	285,89
10ºLER	23/09/16	Reserva	PONTE SERRADA GERAÇÃO DE ENERGIA S.A.	PONTE SERRADA	SC	4,1	1,8	1,6	232,49	283,20
10ºLER	23/09/16	Reserva	PORTO ENERGÉTICA LTDA.	JOÃO FRANCO	MG	1,0	0,7	0,6	205,00	249,72
10ºLER	23/09/16	Reserva	HIDRELÉTRICA PULO LTDA	PULO	PR	7,3	4,4	3,9	228,50	278,34
10ºLER	23/09/16	Reserva	RINCÃO ENERGIA S/A	RINCÃO	RS	10,0	4,6	4,0	228,00	277,73
10ºLER	23/09/16	Reserva	ENERGÉTICA RIO DAS PEDRAS LTDA	ENXADRISTA	PR	1,0	0,6	0,6	207,00	252,15
10ºLER	23/09/16	Reserva	CENTRAL GERADORA HIDROELETRICA SANTANA DO DESERTO LTDA	SANTANA DO DESERTO I	MG	1,6	1,1	1,0	227,90	277,61
10ºLER	23/09/16	Reserva	CENTRAL HIDRELETRICA SIRIVERA LTDA	SIRIVERA	TO	1,8	1,4	1,2	209,00	254,59
10ºLER	23/09/16	Reserva	CENTRAL HIDRELETRICA SUCURI LTDA	SUCURI	TO	2,8	1,4	1,2	214,00	260,68

Leilão	Data de realização do leilão	Tipo de Leilão	Vendedor	Empreendimento	UF	Potência (MW)	GF (MW médio)	Energia Contratada (MW médio)	Preço de Venda (R\$/MWh)	Preço de Venda Atualizado (R\$/MWh)
10ºLER	23/09/16	Reserva	TRD E COBRAPAR	PCH TAMBORIL	GO	15,8	7,4	6,7	232,50	283,21
25ºLEN	18/12/17	Energia Nova	FOCKINK	BURITI	MT	10,0	8,6	5,0	182,05	213,65
25ºLEN	18/12/17	Energia Nova	ENERVIX	SANTA LUZIA	ES	1,5	0,9	0,8	179,00	210,07
26ºLEN	20/12/17	Energia Nova	FORQUILHA IV	FORQUILHA IV	RS	13,0	5,6	5,0	218,29	256,19
26ºLEN	20/12/17	Energia Nova	SAO LUIZ	FOZ DO ESTRELA	PR	29,5	17,6	17,5	220,74	259,06
26ºLEN	20/12/17	Energia Nova	EECO JACUTINGA	PERDIDOS	MT	28,0	16,4	16,4	218,88	256,88
26ºLEN	20/12/17	Energia Nova	SAO CARLOS	SAO CARLOS	SC	14,5	7,7	4,5	218,19	256,07
26ºLEN	20/12/17	Energia Nova	RPEE ENERGIA	TUPITINGA	SC	24,0	10,5	9,7	218,47	256,40
26ºLEN	20/12/17	Energia Nova	VERDE 08	VERDE 08	GO	30,0	18,7	18,2	218,89	256,89
27ºLEN	04/04/18	Energia Nova	BURITIZAL	BURITIZAL	MT	5,0	4,6	4,5	198,35	230,65
27ºLEN	04/04/18	Energia Nova	CHALE	CHALE	MG	2,1	1,4	1,2	197,27	229,40
27ºLEN	04/04/18	Energia Nova	QUEVEDOS ENERGÉTICA	QUEBRA DENTES	RS	22,4	11,3	9,0	198,47	230,79
27ºLEN	04/04/18	Energia Nova	SALTO DO GUASSUPI	SALTO DO GUASSUPI	RS	12,2	6,3	5,0	197,47	229,63
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	GUAPORE 2	ALTO GUAPORE 2	MT	7,0	5,0	5,0	195,99	223,64
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	APE	ANTONIO PRADO	MG	1,0	0,8	0,8	194,99	222,50
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	CBVG	BELA VISTA	PR	29,0	16,6	14,7	195,70	223,31
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	PCH BV II	BOA VISTA II	PR	16,0	6,9	6,0	196,66	224,41
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	EW	DIAMANTINO	GO	3,0	2,2	1,3	195,00	222,51
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	LAC	LACERDOPOLIS	SC	9,6	5,5	5,4	196,00	223,65
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	CPFLR	LUCIA CHEROBIM	PR	28,0	16,6	16,5	189,95	216,75
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	ENERGIA LIMPA	NOVA PONTE QUEIMADA II	MG	3,0	1,9	1,9	195,00	222,51
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	OURO BRANCO	OURO BRANCO	PR	4,0	2,9	1,4	194,99	222,50
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	PCH SEDE II	SEDE II	RS	7,0	2,9	2,3	195,97	223,62
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	GERACAO CEU AZUL	UHE BAIXO IGUACU	PR	350,2	171,3	23,4	151,68	173,08
29ºLEN	28/06/19	Energia Nova	CEESAM	ÁGUAS DA SERRA	SC	22,5	12,2	8,6	199,00	220,21
29ºLEN	28/06/19	Energia Nova	CELESC GERA	CELSO RAMOS	SC	8,3	3,0	2,9	201,11	222,54
29ºLEN	28/06/19	Energia Nova	RIO DO CEDRO ENERGIA	FOZ DO CEDRO	MT	24,0	13,9	13,9	198,88	220,07
29ºLEN	28/06/19	Energia Nova	CEMIG GT	POÇO FUNDO AMPLIAÇÃO	MG	20,8	11,0	11,0	195,50	216,33
29ºLEN	28/06/19	Energia Nova	GALUPO	VILA GALUPO	PR	5,7	3,1	1,0	199,99	221,30
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	POLIFERTIL	ALAGOA III	MG	1,5	1,1	0,8	233,62	257,59
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	ALTO ALEGRE ENERGÉTICA	ALTO ALEGRE	SC	17,4	8,9	7,0	233,14	257,06
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	PCH ÁGUAS DO RIO IRAN	BARRA DAS ÁGUAS	SC	8,5	4,1	3,0	225,00	248,08
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	WENERGY	BOM JESUS	ES	7,8	4,3	4,0	230,00	253,60
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	VOLTALIA	CABUÍ	MG	16,0	9,9	8,8	234,00	258,01
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	RIO DO COBRE	COBRE KM 19	PR	14,2	7,4	5,0	232,00	255,80
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	AT&T ENERGIA	FAZENDA DO SALTO	PR	9,9	5,4	2,1	233,99	258,00
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	SAO BARTOLOMEU GERADORA	GAMELEIRA	GO	14,0	7,0	6,0	232,50	256,35
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	HIDRELÉTRICA GARCIA DE ANGELINA	GARCIA DE ANGELINA	SC	2,0	1,3	1,0	233,98	257,99
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	JASP	JASPE	SC	5,1	2,5	2,1	233,09	257,00
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	JESUÍTA ENERGIA	JESUÍTA	MT	22,2	18,8	13,2	234,00	258,01
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	IBICARE	LINHA RICA	SC	7,9	3,9	2,0	234,13	258,15
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	PESQUEIRO	MACACOS	PR	9,9	6,0	3,0	233,63	257,60

Leilão	Data de realização do leilão	Tipo de Leilão	Vendedor	Empreendimento	UF	Potência (MW)	GF (MW médio)	Energia Contratada (MW médio)	Preço de Venda (R\$/MWh)	Preço de Venda Atualizado (R\$/MWh)
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	HIDRELETRICA MAROMBAS I	MAROMBAS I	SC	3,3	1,6	1,3	233,00	256,91
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	HIDRELETRICA MAROMBAS II	MAROMBAS II	SC	1,8	0,9	0,7	233,00	256,91
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	PACIFICO MASCARENHAS	PACÍFICO MASCARENHAS	MG	2,0	1,4	1,4	233,63	257,60
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	IPIRA	PIRA	SC	19,6	9,5	7,5	233,50	257,46
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	RODEIO ENERGÉTICA	RODEIO	SC	9,8	6,0	4,2	233,08	256,99
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	SAO BARTOLOMEU GERADORA	SALGADO	GO	15,8	8,5	7,0	232,52	256,38
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	ARA ENERGIA	SANTA LUZIA	BA	15,5	9,0	8,0	234,63	258,70
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	SAO BARTOLOMEU GERADORA	SÃO BARTOLOMEU	GO	12,0	6,5	6,0	232,51	256,36
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	SAO CARLOS ENERGIA	SAO CARLOS	SC	15,2	7,7	2,5	225,02	248,11
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	SÃO LUIZ	SAO LUIZ	ES	10,5	5,7	1,4	220,00	242,57
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	MANTIQUEIRA	SERRA NEGRA	MG	3,0	1,8	1,8	228,00	251,39
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	TIBAGI ENERGIA	TIBAGI MONTANTE	PR	36,0	21,0	1,2	157,08	173,20
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	SÃO ROQUE ENERGÉTICA	UHE SÃO ROQUE	SC	141,9	91,3	60,0	157,08	173,20
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	VERDE 2	VERDE 02 BAIXO	GO	22,5	12,9	11,0	234,20	258,23

O resultado obtido foi de **R\$ 237,00/MWh**, na data-base de junho de 2021.

Destaca-se que para o Leilão de Energia A-4 de 2021 o preço teto alcançou o valor de **R\$ 292,00/MWh**.

Nesse sentido, optou-se por fazer uma análise de sensibilidade dos valores de venda de energia, para a definição da potência instalada da PCH SU-104. Esta análise se encontra apresentada no item subsequente.

11.3. Estudos de Motorização

Os estudos de motorização da PCH SU-104 objetivaram a definição de sua potência instalada, por meio da análise da relação entre a variação do custo de implantação e a variação do benefício gerado por cada alternativa de motorização.

Inicialmente, foi feito um “mapeamento” energético do sítio, para várias potências instaladas, com estimativas das energias médias, de seus respectivos fatores de capacidade, vazões turbinadas máximas e permanência destas na série de vazões médias mensais. Este estudo preliminar objetivou a escolha da faixa de potências a serem estudadas, em maior nível de detalhamento, nos estudos de motorização.

A Tabela 11-3 apresenta os resultados dessas simulações energéticas, considerando uma perda de carga média de 2% da queda bruta. Ressalta-se que nos estudos de motorização propriamente ditos, etapa na qual são levantadas as curvas de perda de carga no circuito de adução, os valores poderão diferir dos apresentados na referida tabela.

Tabela 11-3: Mapeamento energético preliminar

P _{inst} (MW)	E _{med} (MW _{med})	f _{c-med}	ΔE _{med} (MW _{med})	Q _{turb} (m³/s)	% perm	Despacho (% do tempo)
5,00	4,84	0,97	-	34,73	85,78%	100,00%
5,10	4,92	0,97	0,09	35,42	82,84%	100,00%
5,20	5,00	0,96	0,08	36,12	77,18%	100,00%
5,30	5,08	0,96	0,08	36,81	73,33%	100,00%

P_{inst} (MW)	E_{med} (MW _{méd})	f_{c-med}	ΔE_{med} (MW _{med})	Q_{turb} (m ³ /s)	% perm	Despacho (% do tempo)
5,40	5,15	0,95	0,07	37,51	66,92%	100,00%
5,50	5,22	0,95	0,07	38,20	62,20%	100,00%
5,60	5,28	0,94	0,06	38,90	53,19%	100,00%
5,70	5,33	0,94	0,06	39,59	45,03%	100,00%
5,80	5,38	0,93	0,05	40,29	39,33%	100,00%
5,90	5,42	0,92	0,04	40,98	33,89%	100,00%
6,00	5,45	0,91	0,03	41,68	30,23%	100,00%
6,10	5,48	0,90	0,03	42,37	26,58%	100,00%
6,20	5,51	0,89	0,03	43,07	24,06%	100,00%
6,30	5,53	0,88	0,02	43,76	20,88%	100,00%
6,40	5,55	0,87	0,02	44,45	20,08%	100,00%
6,50	5,57	0,86	0,02	45,15	17,49%	100,00%
6,60	5,59	0,85	0,02	45,84	14,46%	100,00%
6,70	5,60	0,84	0,01	46,54	11,93%	100,00%
6,80	5,61	0,83	0,01	47,23	9,80%	100,00%
6,90	5,62	0,81	0,01	47,93	7,92%	100,00%
7,00	5,63	0,80	0,01	48,62	5,85%	100,00%
7,10	5,63	0,79	0,00	49,32	4,56%	100,00%
7,20	5,63	0,78	0,00	50,01	3,06%	100,00%
7,30	5,64	0,77	0,00	50,71	1,53%	100,00%
7,40	5,64	0,76	0,00	51,40	1,25%	100,00%
7,50	5,64	0,75	0,00	52,10	0,62%	100,00%
7,60	5,64	0,74	0,00	52,79	0,17%	100,00%
7,70	5,64	0,73	0,00	53,48	0,04%	100,00%
7,80	5,64	0,72	0,00	54,18	0,00%	100,00%
7,90	5,64	0,71	0,00	54,87	0,00%	100,00%
8,00	5,64	0,71	0,00	55,57	0,00%	100,00%

P_{inst}	:	potência instalada de referência;
E_{med}	:	energia média (média do período total da série histórica de simulação);
f_{c-med}	:	fator de capacidade médio;
ΔE_{med}	:	variação de energia média;
Q_{turb}	:	vazão turbinada total;
%perm	:	porcentagem da vazão turbinada total na curva de permanência de vazões médias mensais;
Despacho	:	garantia de despacho, em % do tempo (vazão unitária mínima operacional).

A Figura 11-1 mostra a curva preliminar de energia média estimada para o aproveitamento.

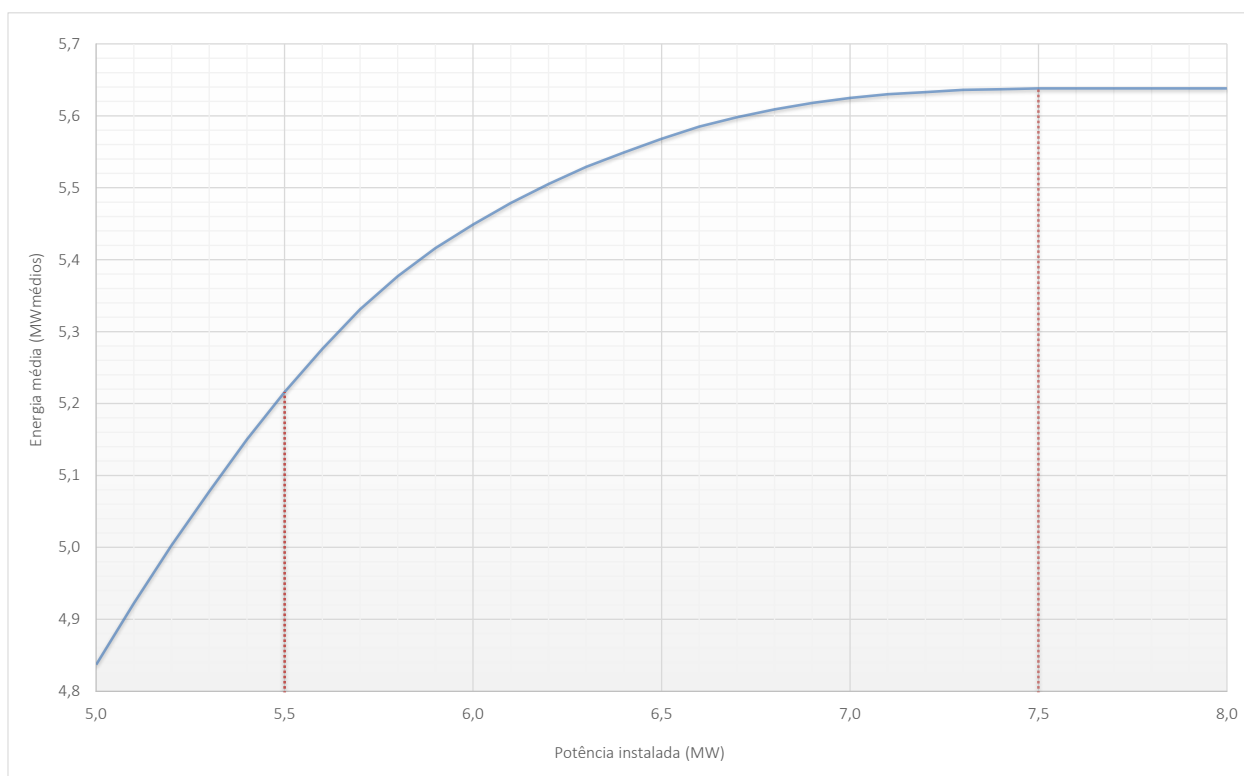


Figura 11-1: Curva de energia média produzida (preliminar)

Os resultados preliminares mostraram que a faixa operativa da usina, a ser detalhada nos estudos de motorização, estaria entre 5,5 MW e 7,5 MW. Potências superiores a essa envoltória máxima a usina estaria supermotorizada, com a curva de energia nitidamente saturada.

Sendo assim, os estudos de motorização abrangeram a faixa de potências instaladas entre **5,5 MW e 7,5 MW**, com incremento de **0,2 MW**.

Para cada potência, foram dimensionadas e quantificadas as estruturas principais do circuito de geração.

Para garantir maior precisão nestes estudos, estimaram-se, para cada alternativa de potência instalada, as perdas de carga em todo o circuito de adução, representadas por meio de equações inseridas no modelo computacional desenvolvido para os estudos energéticos.

O circuito sob pressão foi previsto em conduto metálico e deverá trabalhar com velocidades que garantam tanto a proteção contra sobrepresão como a regulação das máquinas.

A usina foi implantada, nesses estudos de motorização, com dois conjuntos turbina-gerador de eixo horizontal, do tipo Kaplan "S", de mesma potência.

A Tabela 11-4 seguinte apresenta os coeficientes das equações utilizadas para as perdas de carga no circuito de adução, desde a tomada d'água até a entrada da turbina, em função da vazão turbinada unitária, tendo em vista que as alimentações serão independentes.

Tabela 11-4: Estudos de motorização – Coeficientes das equações de perda de carga

P _{instalada} (MW)	h _{p1} = a(Q _{turb-unit}) ^b	
	a	b
5,50	1,5792835192E-03	1,9767321106E+00
5,70	1,4827136007E-03	1,9771311916E+00
5,90	1,3952758776E-03	1,9776127424E+00
6,10	1,3143002158E-03	1,9787481559E+00
6,30	1,1461841208E-03	1,9795381243E+00
6,50	1,0806425298E-03	1,9803332098E+00
6,70	1,0188171747E-03	1,9820525392E+00
6,90	9,3241404034E-04	1,9832550077E+00
7,10	8,8039798036E-04	1,9853127082E+00
7,30	8,3580993476E-04	1,9863918061E+00
7,50	7,2702965187E-04	1,9846376157E+00

A Tabela 11-5 apresenta os resultados das simulações energéticas. Os efeitos do aumento na motorização da PCH SU-104 processam-se apenas na própria usina, visto que operará a fio d'água.

Tabela 11-5: Estudos de Motorização – Simulações energéticas

P_{inst} (MW)	$H_{liq-ref}$ (m)	$H_{liq-proj}$ (m)	Q_{turb} (m ³ /s)	$E_{média}$ (MW)	$\Delta E_{média}$ (MW)	$f_{capacidade}$	% perm	Garantia de despacho
5,50	16,23	16,44	38,29	5,22	-	0,95	60,62%	100%
5,70	16,23	16,45	39,70	5,34	0,12	0,94	44,62%	100%
5,90	16,22	16,46	41,10	5,43	0,09	0,92	33,80%	100%
6,10	16,21	16,47	42,51	5,50	0,07	0,90	26,18%	100%
6,30	16,26	16,52	43,79	5,56	0,06	0,88	20,81%	100%
6,50	16,25	16,54	45,19	5,60	0,04	0,86	17,45%	100%
6,70	16,25	16,55	46,59	5,64	0,04	0,84	11,87%	100%
6,90	16,26	16,58	47,94	5,67	0,03	0,82	7,90%	100%
7,10	16,26	16,60	49,33	5,69	0,02	0,80	4,50%	100%
7,30	16,29	16,61	50,65	5,70	0,01	0,78	1,56%	100%
7,50	16,35	16,66	51,83	5,71	0,02	0,76	0,74%	100%

%perm : porcentagem da vazão turbinada total na curva de permanência de vazões médias mensais;

Despacho : garantia de despacho, em % do tempo (vazão unitária mínima operacional).

A Figura 11-2 apresenta o comportamento da energia média em função da potência instalada.

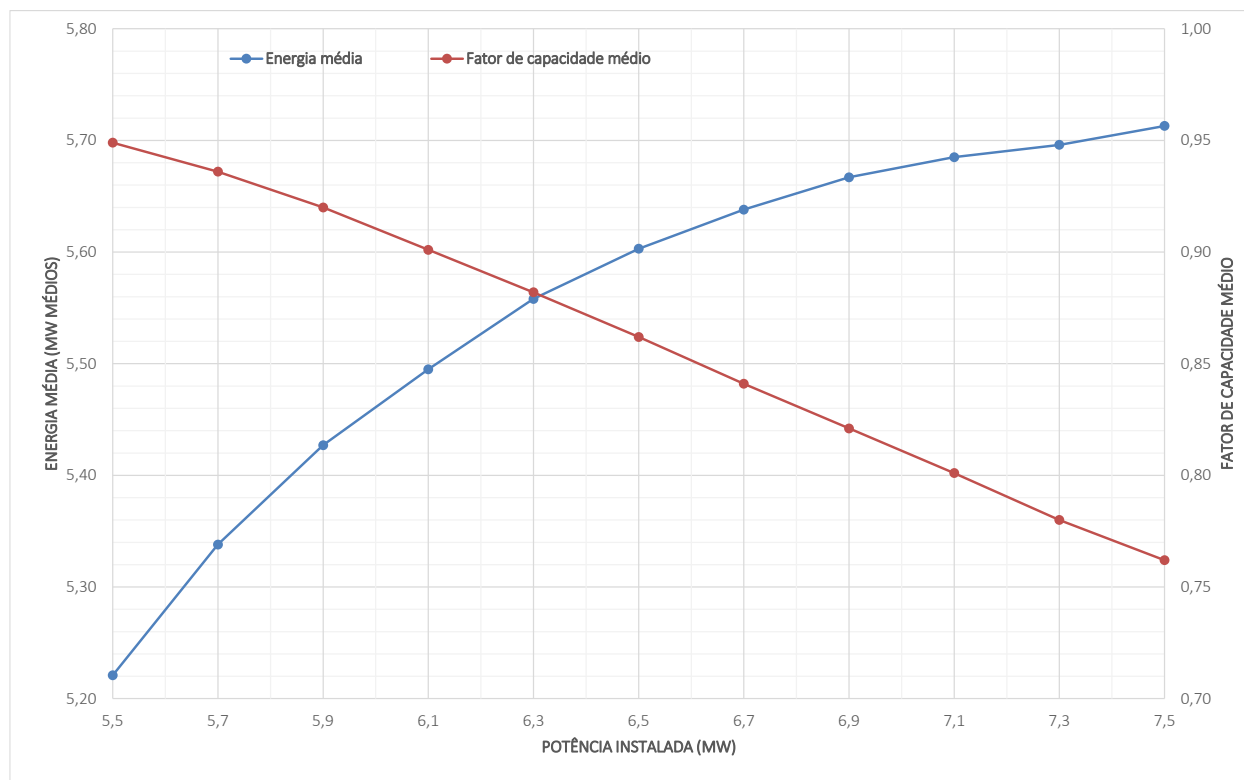


Figura 11-2: Estudos de Motorização – Energia média e Fator de Capacidade

Além da estimativa das energias médias geradas em cada alternativa, foram feitos levantamentos de quantidades e custos para as obras principais que sofrerão alterações com o acréscimo da potência instalada.

As quantidades que sofreram variações com os incrementos de potência são:

- Tomada d’água de adução: levantamento dos volumes de concreto e equipamentos;
- Conduto forçado: levantamento dos volumes de concreto estrutural dos blocos e custos da blindagem metálica;
- Casa de força: levantamento dos volumes de concreto e custos de equipamentos eletromecânicos.

Nestes estudos de motorização optou-se por não quantificar os volumes de escavação a céu aberto na tomada d’água, conduto forçado, casa de força e canal de fuga, tendo em vista que os volumes diferenciais serão de pequena monta e não deverão impactar na escolha da motorização “ótima” do aproveitamento.

Em adição, considera-se essa envoltória como mais segura, uma vez que os diferenciais de custos, considerando-se as escavações, tenderiam a ser ligeiramente maiores, o que poderia levar o ponto “ótimo” da potência para um valor inferior ao determinado a partir das premissas aqui adotadas. A tabela seguinte apresenta alguns parâmetros do circuito de adução que sofreram variação com o aumento da potência instalada e, conseqüentemente, da vazão turbinada.

Tabela 11-6: Estudos de Motorização – Parâmetros do circuito de adução alterados com a potência instalada

Parâmetros	P = 5,5 MW	P = 5,7 MW	P = 5,9 MW	P = 6,1 MW	P = 6,3 MW	P = 6,5 MW	P = 6,7 MW	P = 6,9 MW	P = 7,1 MW	P = 7,3 MW	P = 7,5 MW
H _{liq-referência} (m)	5,50	5,70	5,90	6,10	6,30	6,50	6,70	6,90	7,10	7,30	7,50
H _{liq-projeto} (m)	16,23	16,23	16,22	16,21	16,26	16,25	16,25	16,26	16,26	16,29	16,35
Q _{turb-total} (m ³ /s)	16,44	16,45	16,46	16,47	16,52	16,54	16,55	16,58	16,60	16,61	16,66
N _{unidades}	38,30	39,71	41,11	42,52	43,80	45,20	46,60	47,95	49,34	50,65	51,83
P _{turbina} (kW)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
n _{turbina} (rpm)	2.836	2.939	3.042	3.145	3.248	3.351	3.454	3.557	3.660	3.763	3.866
P _{gerador} (kVA)	360,00	360,00	360,00	360,00	327,27	327,27	327,27	327,27	327,27	327,27	300,00
n _{gerador} (rpm)	3.056	3.167	3.278	3.389	3.500	3.612	3.723	3.834	3.945	4.056	4.167
η _{turb}	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%
η _{ger}	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%
d _{cond} (m)	2,65	2,70	2,75	2,80	2,85	2,90	2,95	3,00	3,05	3,10	3,15
L _{CF-bloco} (m)	6,30	6,30	6,30	6,40	6,60	6,60	6,60	6,70	6,70	6,70	6,90
L _{AM} (m)	10,00	10,00	10,00	10,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00
L _{CF-total} (m)	22,60	22,60	22,60	22,80	24,20	24,20	24,20	24,40	24,40	24,40	24,80
V _{conc-TA} (m ³)	1.118	1.134	1.152	1.166	1.180	1.196	1.210	1.226	1.240	1.252	1.268
V _{conc-conduto} (m ³)	404	415	426	437	469	480	492	516	528	541	577
V _{conc-CF} (m ³)	2.190	2.230	2.270	2.350	2.410	2.440	2.480	2.640	2.690	2.720	2.800
Blindagem (t)	61	72	73	74	78	79	81	82	83	84	86

Uma vez levantadas as quantidades foram elaborados orçamentos preliminares, tendo como base o Orçamento Padrão Eletrobrás – OPE, contendo apenas as contas relativas aos itens que sofreram variação, para a estimativa, em cada alternativa, dos correspondentes incrementais de custos.

As outras contas (barragem, vertedouro, desvio do rio, etc.) não devem variar com a potência instalada, e serão quantificadas apenas para a alternativa final de motorização.

Os custos de investimento, apenas do circuito de geração da usina, estão apresentados nas tabelas seguintes. Estes foram estimados por meio levantamento de quantidades, sendo a base de dados dos custos unitários atualizada para a data de junho/2021.

Tabela 11-7: Estudos de Motorização – Estimativa de custos do circuito de geração (R\$ x 10³)

Conta	P = 5,5 MW	P = 5,7 MW	P = 5,9 MW	P = 6,1 MW	P = 6,3 MW	P = 6,5 MW	P = 6,7 MW	P = 6,9 MW	P = 7,1 MW	P = 7,3 MW	P = 7,5 MW
.10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
.11	4.420,42	4.511,13	4.601,57	4.751,27	4.865,58	4.937,38	5.026,90	5.294,73	5.401,76	5.472,75	5.620,98
.12	4.063,42	4.328,64	4.426,86	4.527,65	4.695,89	4.771,77	4.878,68	4.976,05	5.063,55	5.140,68	5.266,35
.13	9.848,00	10.073,25	10.296,98	10.519,17	11.182,80	11.465,93	11.696,90	11.942,97	12.171,45	12.396,82	13.145,71
.14	2.658,96	2.719,77	2.780,19	2.840,17	3.019,36	3.095,80	3.158,17	3.224,60	3.286,29	3.347,15	3.549,34
.15	526,50	547,56	568,62	568,62	610,74	631,80	631,80	652,86	673,92	673,92	716,04
.16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Custo Direto	21.517,30	22.180,35	22.674,22	23.206,88	24.374,37	24.902,68	25.392,45	26.091,21	26.596,97	27.031,32	28.298,42
Custos Indiretos	2.788,65	2.874,57	2.938,58	3.007,62	3.158,91	3.227,39	3.290,85	3.381,43	3.446,97	3.503,26	3.667,46
Custo Total s/ Juros	24.305,95	25.054,92	25.612,80	26.214,50	27.533,28	28.130,07	28.683,30	29.472,64	30.043,94	30.534,58	31.965,88
JDC	2.430,60	2.505,49	2.561,28	2.621,45	2.753,33	2.813,01	2.868,33	2.947,26	3.004,39	3.053,46	3.196,59
Custo Total	26.736,55	27.560,41	28.174,08	28.835,95	30.286,61	30.943,08	31.551,63	32.419,90	33.048,33	33.588,04	35.162,47

* custo total do circuito de geração – tomada d'água, conduto forçado e casa de força.

Na tabela anterior, foram considerados percentuais de 8% para os eventuais de cada conta e de 10% para os juros durante a construção. Os custos indiretos possuem pequena variação, em função de contas representadas por percentuais do custo direto da obra.

A Tabela 11-8 apresenta os custos totais anuais de cada alternativa de motorização, e suas variações, ou incrementos. Para a estimativa dos custos de operação e manutenção, foi adotado o seguinte parâmetro:

- Custo de operação e manutenção (O&M)..... R\$ 16,00/MWh

Tabela 11-8: Estudos de Motorização – Estimativa de custos do circuito de geração

P _{inst} (MW)	Custo total* (R\$)	ΔC_{total} (R\$)	O&M (R\$/ano)	Custo total anual (R\$)	ΔC_{anual} (R\$)
5,50	26.736.550	-	770.880	3.543.185	-
5,70	27.560.410	823.860	798.912	3.656.643	113.458
5,90	28.174.080	613.670	826.944	3.748.306	91.663
6,10	28.835.950	661.870	854.976	3.844.967	96.661
6,30	30.286.610	1.450.660	883.008	4.023.418	178.451
6,50	30.943.080	656.470	911.040	4.119.519	96.101
6,70	31.551.630	608.550	939.072	4.210.651	91.132
6,90	32.419.900	868.270	967.104	4.328.714	118.063
7,10	33.048.330	628.430	995.136	4.421.908	93.194
7,30	33.588.040	539.710	1.023.168	4.505.902	83.994
7,50	35.162.470	1.574.430	1.051.200	4.697.186	191.284

* custo total do circuito de geração – tomada d'água, conduto forçado e casa de força.

A análise dos incrementais dos custos totais do circuito de geração mostra variações entre R\$ 600.000,00 até R\$ 1.600.000,00.

Em linhas gerais, os incrementais de custos para o circuito de adução, para o aumento da potência instalada, ocorrerão nas seguintes condições:

- **Caso 1:** aumento do diâmetro do conduto forçado principal;
- **Caso 2:** aumento da espessura da chapa do conduto forçado;
- **Caso 3:** redução da rotação dos grupos geradores, para manter as submergências numa mesma faixa.

A Tabela 11-9 apresenta os parâmetros principais do circuito de adução para cada alternativa de potência instalada, podendo ser identificados os pontos nos quais houve alteração do circuito com relação ao passo anterior, impactando nos custos de implantação.

Tabela 11-9: Parâmetros do circuito de adução para cada alternativa de potência

P_{inst} (MW)	ΔC_{total} (R\$)	Diâmetro (m) do conduto principal [Caso 1]	Espessura (mm) do conduto principal [Caso 2]	Rotação dos grupos geradores (rpm) [Caso 3]
5,50	-	2,65	7,94	360,00
5,70	823.860	2,70	9,53	360,00
5,90	613.670	2,75	9,53	360,00
6,10	661.870	2,80	9,53	360,00
6,30	1.450.660	2,85	9,53	327,27
6,50	656.470	2,90	9,53	327,27
6,70	608.550	2,95	9,53	327,27
6,90	868.270	3,00	9,53	327,27
7,10	628.430	3,05	9,53	327,27
7,30	539.710	3,10	9,53	327,27
7,50	1.574.430	3,15	9,53	300,00

Os resultados mostram que os maiores incrementais de custos foram observados na mudança na rotação dos grupos geradores (6,1 MW para 6,3 MW e 7,3 MW para 7,5 MW).

Para as estimativas do benefício econômico de cada alternativa de motorização foram consideradas as seguintes premissas:

- Taxa de juros..... 10% a.a.
- Período da autorização..... 35 anos
- Valores de venda da energia:
 - Cenário 01 R\$ 237,00/MWh
 - Cenário 02 R\$ 292,00/MWh

O Cenário 01 apresenta um valor de venda da energia compatível com a média dos últimos anos dos Leilões de Energia no ACR, para a mesma fonte, conforme mostrado no item 11.2.

Já o Cenário 02 resulta do preço teto definido para o Leilão de Energia Nova A-4 realizado em julho de 2021, praticamente na mesma data-base dos estudos.

A Tabela 11-10 apresenta as variações de custo/benefício ($\Delta C/\Delta B$) para cada alternativa de motorização, considerando os dois cenários pré-determinados. A análise dos resultados permitirá a escolha da potência instalada da usina, cujo valor mínimo está associado ao ponto no qual a variação de custo de implantação ainda não supera o benefício gerado pelo empreendimento, ou seja, no ponto onde o índice $\Delta C/\Delta B$ for próximo de 1,0.

Os resultados também podem ser observados no gráfico da Figura 11-3. Nestes apresentam-se o comportamento da variação do incremental de custo anual pelo incremental do benefício anual, em função da potência instalada.

Tabela 11-10: Estudos de Motorização – Variação Custo/Benefício anual para cada potência instalada

P _{inst} (MW)	ΔC _{anual} (R\$)	Cenário 01 (R\$ 237,00/MWh)			Cenário 02 (R\$ 292,00/MWh)		
		B _{anual} (R\$)	ΔB (R\$)	ΔC/ΔB	B _{anual} (R\$)	ΔB (R\$)	ΔC/ΔB
5,50	-	10.837.346	-	-	13.352.342	-	-
5,70	113.458	11.086.481	249.134	0,46	13.659.293	306.950	0,37
5,90	91.663	11.273.332	186.851	0,49	13.889.506	230.213	0,40
6,10	96.661	11.418.660	145.328	0,67	14.068.560	179.054	0,54
6,30	178.451	11.543.227	124.567	1,43	14.222.035	153.475	1,16
6,50	96.101	11.626.272	83.045	1,16	14.324.352	102.317	0,94
6,70	91.132	11.709.317	83.045	1,10	14.426.669	102.317	0,89
6,90	118.063	11.771.600	62.284	1,90	14.503.406	76.738	1,54
7,10	93.194	11.813.123	41.522	2,24	14.554.565	51.158	1,82
7,30	83.994	11.833.884	20.761	4,05	14.580.144	25.579	3,28
7,50	191.284	11.854.645	20.761	9,21	14.605.723	25.579	7,48

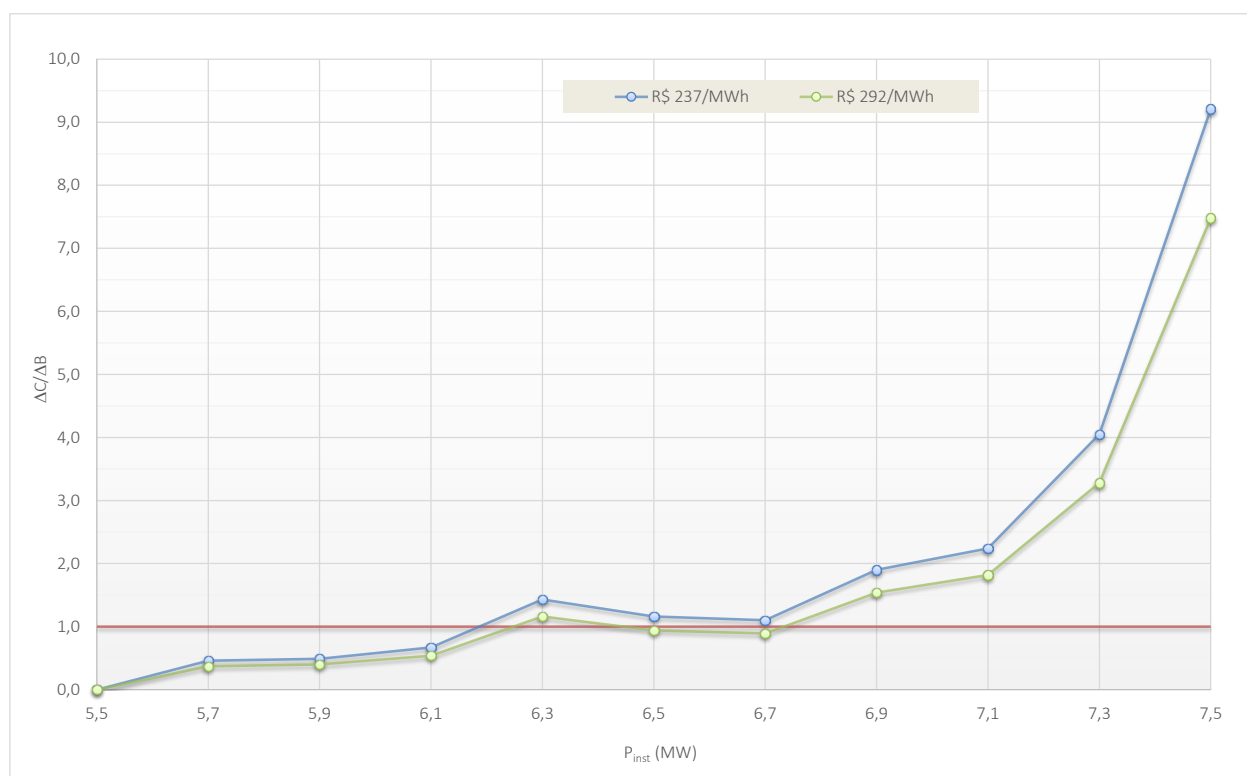


Figura 11-3: Estudos de Motorização – Variação custo/benefício

De acordo com os resultados obtidos, o índice $\Delta C/\Delta B$ assumiu definitivamente valores superiores à unidade a partir da incremental de 6,1 MW para 6,3 MW, no Cenário 01, e de 6,7 MW para 6,9 MW, considerando o Cenário 02.

Sendo assim, os resultados apontaram uma potência mínima a instalar entre 6,1 MW e 6,7 MW, dependendo do valor da tarifa de venda da energia.

Ante ao exposto, tendo como objetivo a maximização energética e particularidades no fornecimento dos grupos geradores, foi definida a potência instalada de **6,7 MW** para a PCH SU-104.

Para esta potência associa-se um fator de capacidade de aproximadamente 0,84 e uma vazão turbinada com permanência de aproximadamente 12% do tempo, comprovando que não há qualquer evidência de submotorização.

A estimativa dos custos finais do aproveitamento, com base no dimensionamento final e detalhamento de suas estruturas principais, será realizada para a referida potência.

11.4. Determinação do Número de Unidades Geradoras

Em função do pequeno porte do empreendimento e da boa capacidade de regularização da bacia, optou-se, por razões econômicas, pela implantação de duas unidades geradoras tipo Kaplan “S” de eixo horizontal na PCH SU-104, o que resultará em garantia de despacho em 100% do tempo.

11.5. Estudos de Otimização do Circuito de Adução

Após as definições das posições finais das estruturas do circuito e da modulação das unidades geradoras, foram promovidas otimizações no projeto do conduto forçado, com relação ao estimado na fase de motorização.

Após todos os dimensionamentos, o circuito de adução otimizado foi devidamente implantado.

11.6. Determinação da Energia Média da PCH

Após a implantação do circuito otimizado, foi elaborada a curva de perdas de carga para balizar os estudos energéticos finais do aproveitamento.

As perdas hidráulicas no circuito de adução foram estimadas por meio de equação em função das características físicas do circuito, desde a tomada d’água até a entrada das turbinas, incluindo também a saída do tubo de sucção e o canal de fuga.

De maneira geral, as perdas no circuito final, h_p , foram representadas pela seguinte relação:

$$h_p = h_{p1} + h_{p-\text{canal de fuga}}$$

onde

h_{p1} : perdas hidráulicas no circuito de alta pressão, desde a tomada d’água até a entrada da turbina e também a saída do tubo de sucção, em função da vazão turbinada unitária;

$h_{p-\text{canal de fuga}}$: perdas hidráulicas no canal de fuga (valor nominal, devido à pequena magnitude).

A Figura 11-4 apresenta a referida curva, que relaciona as perdas de carga com as vazões turbinadas unitárias, uma vez que os circuitos serão independentes.

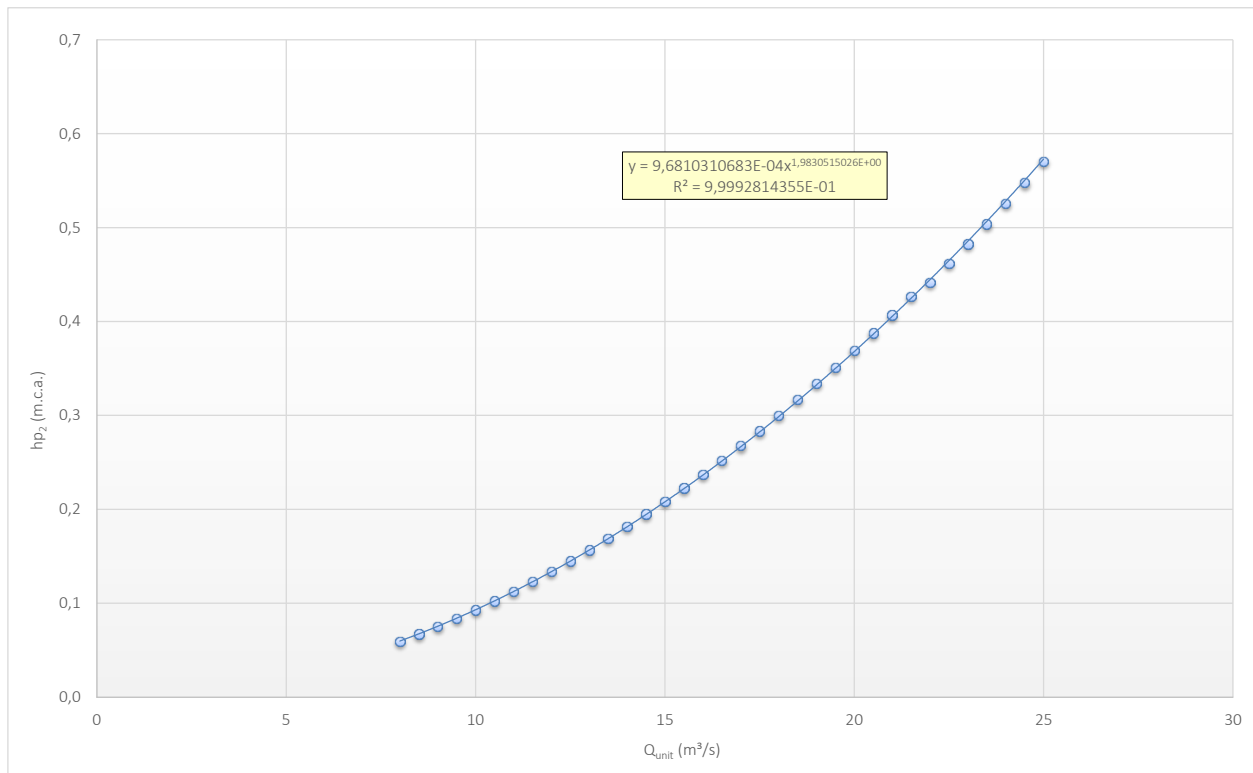


Figura 11-4: Curva de perdas de carga no circuito de adução

$$h_{p1} = 9,6810310683 \times 10^{-4} Q_{turb-unit}^{1,9830515026}$$

$$h_{p-canal\ de\ fuga} = 0,02\ m$$

Com isso, estimou-se a energia média gerada pela PCH SU-104, resultando em 5,64 MW médios, já descontadas as indisponibilidades.

A Figura 11-5 mostra a curva de energia produzida no aproveitamento, representada pela área abaixo da curva em azul, considerando a série de vazões médias mensais.

Observa-se que à potência instalada de 6,7 MW, definida como o ponto ótimo de motorização, associa-se uma vazão turbinada máxima de 46,5 m³/s, cujo valor tem permanência, na série de vazões médias mensais, de aproximadamente 12% do tempo, o que evidencia que a usina não está submotorizada.

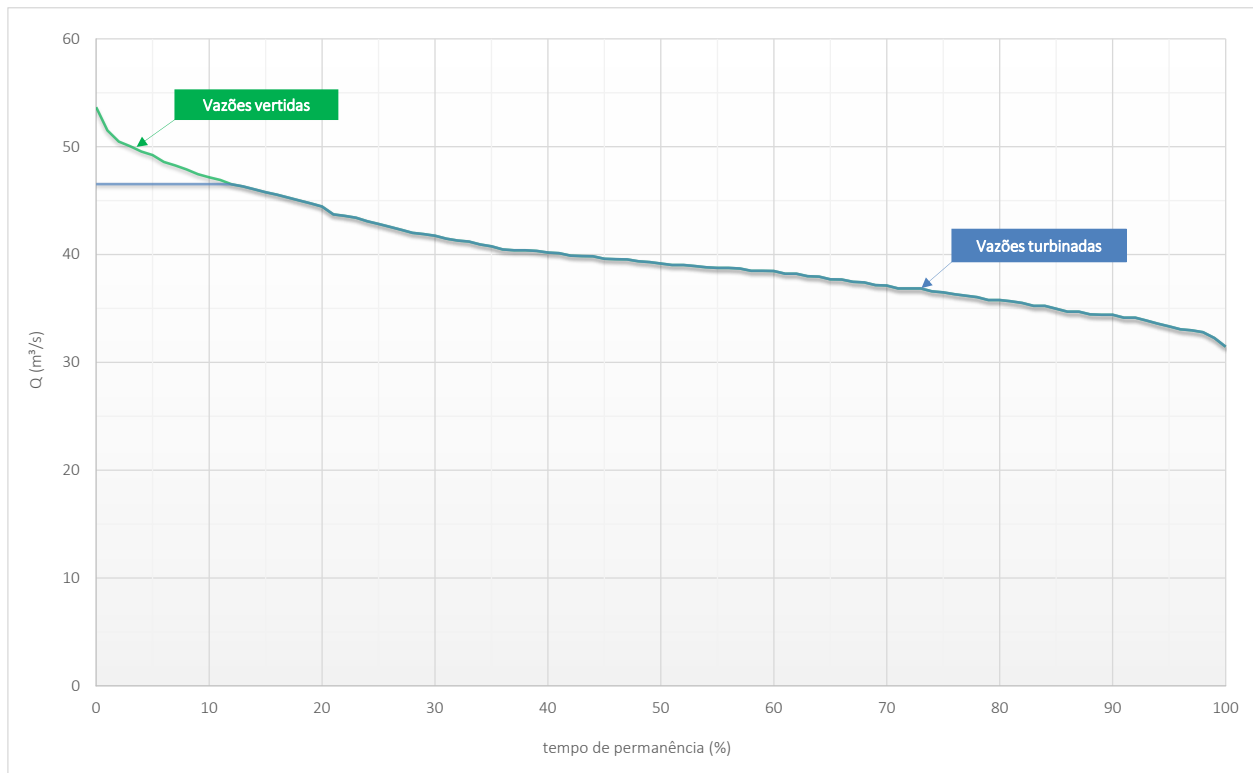


Figura 11-5: Curva de energia produzida pelo aproveitamento (série de vazões turbináveis)

11.7. Determinação das Quedas de Projeto e de Referência

A Figura 11-6 apresenta a curva de permanências de quedas brutas, uma vez que haverá oscilações no canal de fuga da usina para vazões afluentes superiores a 40 m³/s.

A Figura 11-7 apresenta a curva de permanências de quedas líquidas, na qual foram descontadas as perdas de carga impostas para cada valor de vazão a ser turbinada.

A queda líquida de referência do aproveitamento foi definida como a queda com 95% do tempo de permanência, na curva mostrada na Figura 11-7. O dimensionamento das turbinas deverá ser feito a partir dessa queda, com vistas à definição do engolimento máximo de cada unidade.

A queda líquida de projeto, por sua vez, foi estimada por meio do cálculo do valor médio ponderado com a produção energética, de acordo com a equação seguinte:

$$h_{liq-proj} = \frac{\sum_{i=1}^n h_{liq-i} E_{med-i}}{\sum_{i=1}^n E_{med-i}}$$

onde n é o número de meses da simulação energética.

Essa queda estará associada ao ponto no qual o rendimento da turbina é máximo, e deve ser utilizada para o cálculo da energia assegurada da usina.

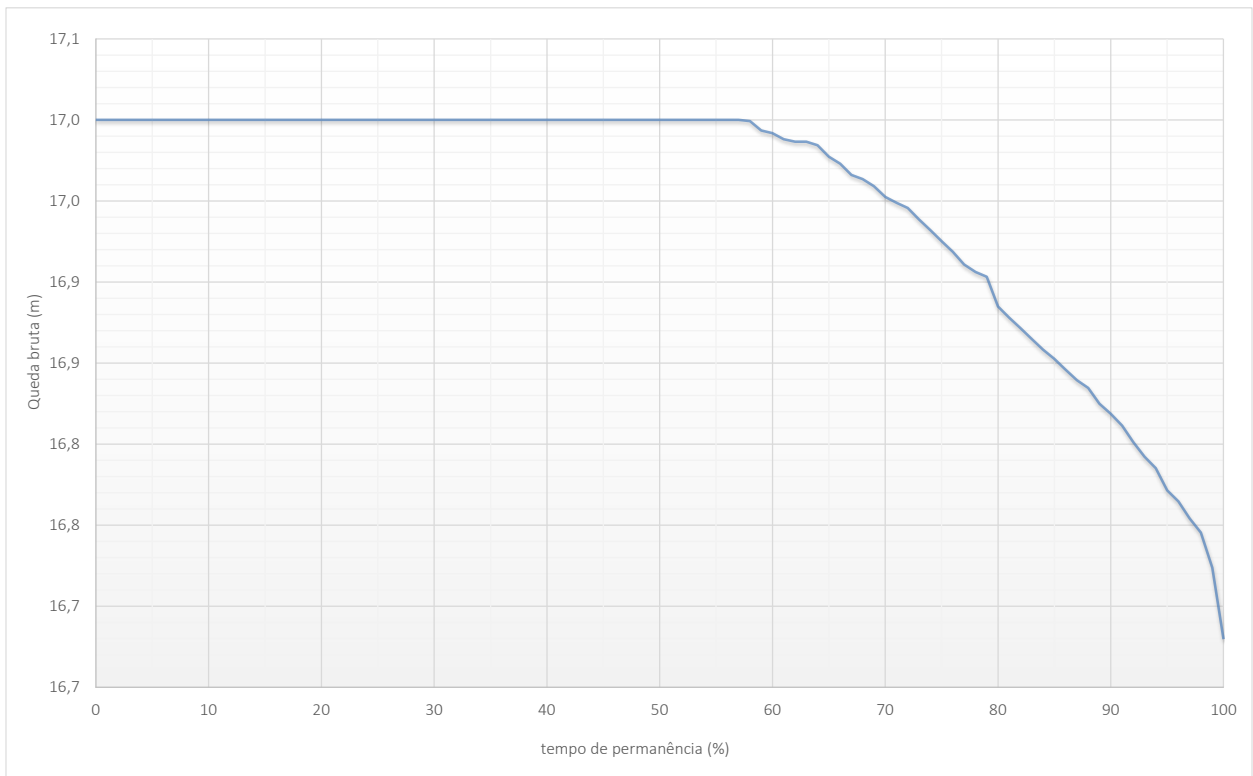


Figura 11-6: Curva de permanência de quedas brutas

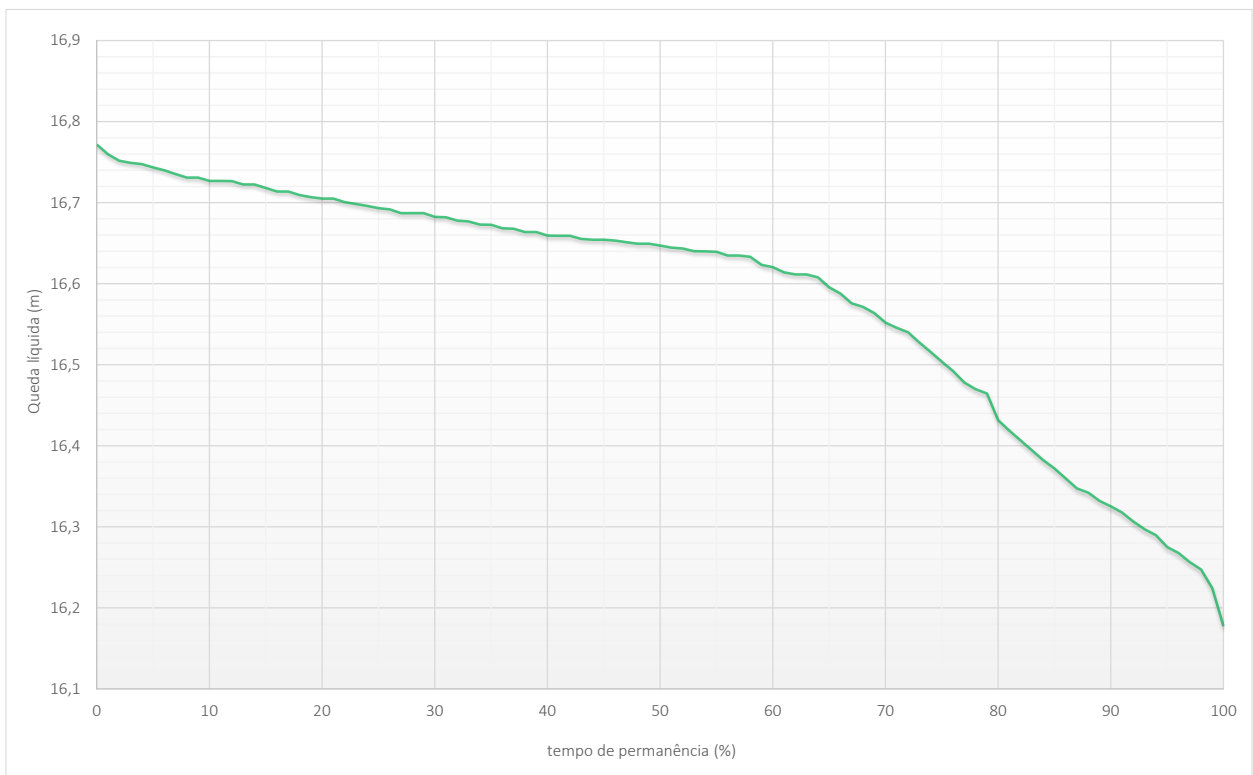


Figura 11-7: Curva de permanência de quedas líquidas

Dessa forma, os seguintes valores foram calculados e adotados:

- Queda líquida de referência16,27 m
- Queda líquida de projeto.....16,57 m

11.8. Garantia Física da PCH

A Garantia Física (GF) da PCH SU-104 será calculada pelo MME, por meio da metodologia definida na Portaria nº 463/2009, a partir dos parâmetros aprovados pela ANEEL.

Em relação à energia média estimada no item 11.6, a GF apresenta as seguintes diferenças conceituais, de acordo com a referida Portaria do MME:

- Utilização da queda bruta nominal, associada à vazão turbinada nominal;
- Utilização da perda de carga hidráulica nominal, ou seja, associada à vazão turbinada nominal, desconsiderando as variações mensais calculadas por meio da curva de perdas hidráulicas;
- Inserção das perdas no consumo interno;
- Inserção das perdas elétricas no sistema de transmissão.

A queda bruta nominal, segundo entendimento da EPE, é a diferença entre o NA do reservatório e o NA do canal de fuga associado à vazão turbinada nominal, ou seja:

- NA máximo do reservatório.....327,00 m
- Vazão turbinada nominal..... 46,36 m³/s
- Vazão remanescente nula
- Vazão defluente nominal (turbina nominal + remanescente) 46,36 m³/s
- NA de jusante para a condição nominal:
 - Curva-chave natural (NA associado à vazão defluente nominal)310,16 m
 - NA da usina de jusante.....310,00 m
 - Valor adotado.....310,16 m
- Queda bruta nominal.....16,84 m

De acordo com o modelo elaborado para a PCH, as perdas hidráulicas nominais representam 0,51 m, valor equivalente a aproximadamente 3,0% da queda bruta, conforme a seguinte distribuição:

$$h_p = h_{p1} + h_{p-\text{canal de fuga}}$$

$$h_{p1} = 0,49 \text{ m (trecho de alta pressão)}$$

$$h_{p-\text{canal de fuga}} = 0,02 \text{ m}$$

$$h_p = 0,49 \text{ m} + 0,02 \text{ m} = 0,51 \text{ m}$$

As perdas no consumo interno, calculadas de acordo com proposta da ANEEL, representariam 0,3% da potência instalada, tendo sido assumidos 30 kW médios para o projeto.

As perdas elétricas na transmissão, também calculadas por metodologia proposta pela ANEEL, seriam dadas por meio da seguinte equação:

$$h_{p-elet} = \frac{RL \sum_{i=1}^n \left\{ \min \left[\frac{9,81[Q_i - (q_r + q_u)](H_b - h)\eta_{tg}}{1000}; P_{inst} \right] - C_{int} \right\}^2}{V^2 n} \quad (MW \text{ médios})$$

onde

- R : Resistência ôhmica do condutor (Ohms/km);
- L : Comprimento da linha de transmissão (km);
- P_{inst} : Potência instalada da Central Geradora (MW);
- V : Tensão na linha de interesse restrito (kV);
- C_{int} : consumo interno (MWMédio);
- n : Quantidade de meses do histórico de vazões;
- Q_i : Vazão média do mês i do histórico de vazões (m^3/s);
- q_r : Vazão remanescente do aproveitamento (m^3/s);
- q_u : Vazão de uso consuntivos (m^3/s);
- H_b : Queda bruta nominal (m);
- h : Perdas hidráulicas nominais (m);
- η_{tg} : Rendimento do conjunto turbina e gerador (%)

A conexão da PCH SU-104 com o sistema elétrico da ENERGISA-MT deverá ser efetuada na Subestação Manobra Sapezal, em conjunto com as PCHs SU-118, SU-93 e SU-75, conforme croqui mostrado na Figura 11-8.

Para a conexão dos empreendimentos serão construídos quatro trechos de linhas de transmissão em circuito simples, conforme mostrado na Tabela 11-11.

Tabela 11-11: Linha de Transmissão – Trechos até a SE Manobra Sapezal

Trecho	Descrição	P _{máxima} (kW)	Tensão (kV)	Extensão (km)	Cabo
1	SU 118 - SU 104	8.500	34,5	7,0	336,4 MCM
2	SU 104 - SU 93	15.200	34,5	5,0	336,4 MCM
3	SU 75 - SU 93	8.100	34,5	13,0	336,4 MCM
4	SU 93 - SE Manobra Sapezal	32.450	138,0	63,0	397,5 MCM

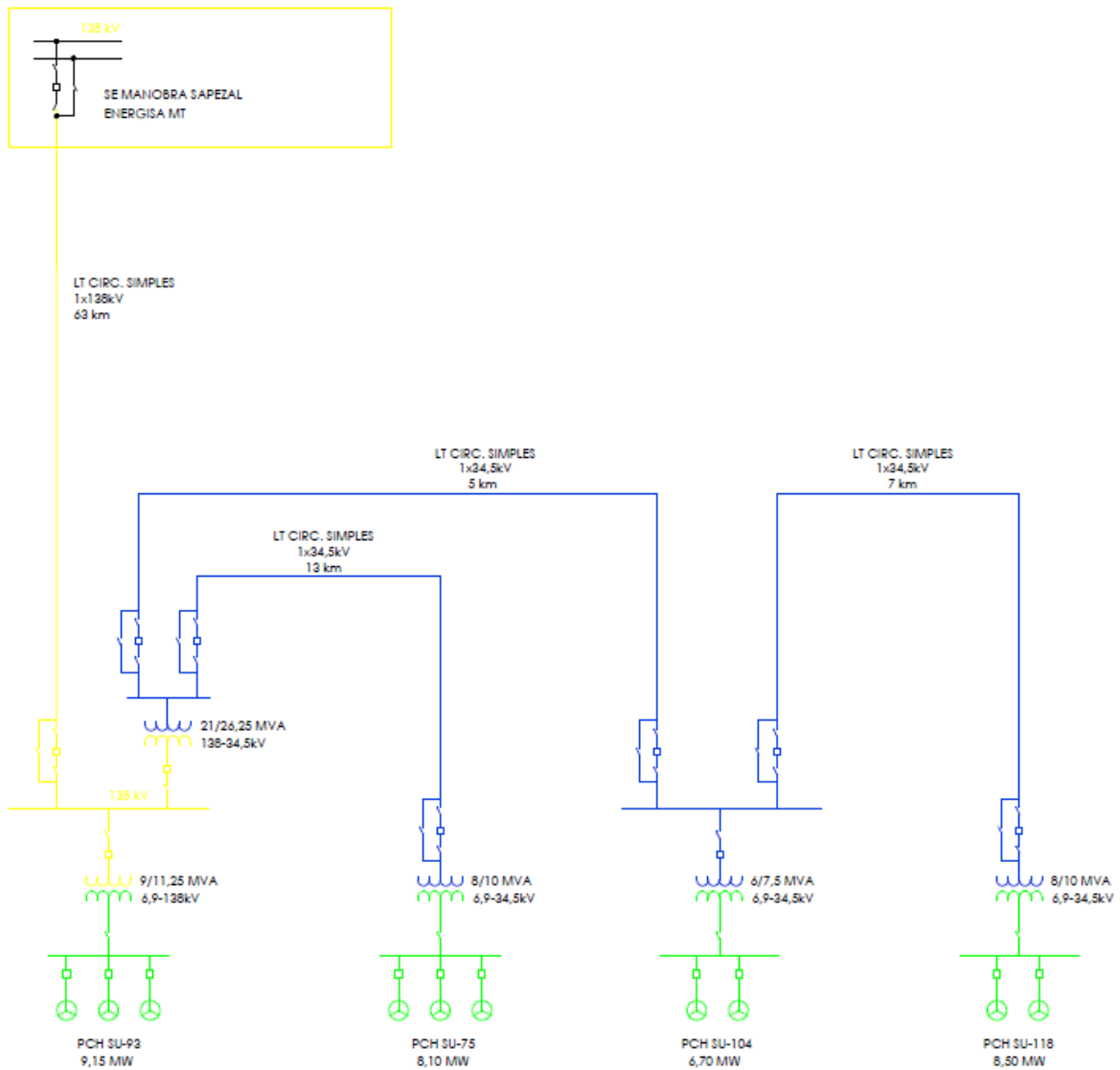


Figura 11-8: Croqui esquemático do sistema de conexão para as PCHs SU-118, SU-104, SU-93 e SU-75

As parcelas das perdas elétricas em cada trecho foram divididas de acordo com as potências instaladas de cada PCH, resultando na distribuição apresentada na Tabela 11-12.

Tabela 11-12: Perdas elétricas em cada trecho (distribuição entre as PCHs)

Trecho	PCH SU-118	PCH SU-104	PCH SU-93	PCH SU-75
1	100,0%	-	-	-
2	55,9%	44,1%	-	-
3	-	-	-	100,0%
4	26,2%	20,6%	28,2%	25,0%

Dessa forma, foram realizados os cálculos das perdas elétricas em cada trecho da conexão e distribuídos entre os aproveitamentos, resultando nos valores da Tabela 11-13.

Tabela 11-13: Perdas elétricas em cada trecho, em MW médios (valores finais por PCH)

Trecho	PCH SU-118	PCH SU-104	PCH SU-93	PCH SU-75
1	0,065	-	-	-
2	0,083	0,065	-	-
3	-	-	-	0,086
4	0,112	0,088	0,120	0,107
Total (MW médios)	0,260	0,153	0,120	0,193

Sendo assim, os parâmetros utilizados para a estimativa da GF foram os seguintes:

- Potência instalada..... 6.700 kW
- Número de unidades2
- Nível d'água máximo normal de montante327,00 m
- Nível d'água normal de jusante310,16 m
- Queda bruta nominal.....16,84 m
- Perda de carga nominal0,51 m
- Queda líquida nominal.....16,33 m
- Consumo interno 0,03 MW médios
- Perdas no sistema de transmissão..... 0,153 MW médios (2,85%)

De posse desses e dos demais dados já informados neste relatório, a Garantia Física da PCH SU-104 foi estimada em **5,37 MW médios**.

Este número, apesar de não ser oficial, será utilizado para as avaliações econômicas do empreendimento.

As Figura 11-9 e Figura 11-10 apresentam, respectivamente, as séries históricas de vazões vertidas e turbináveis, e a série histórica de potências geradas.

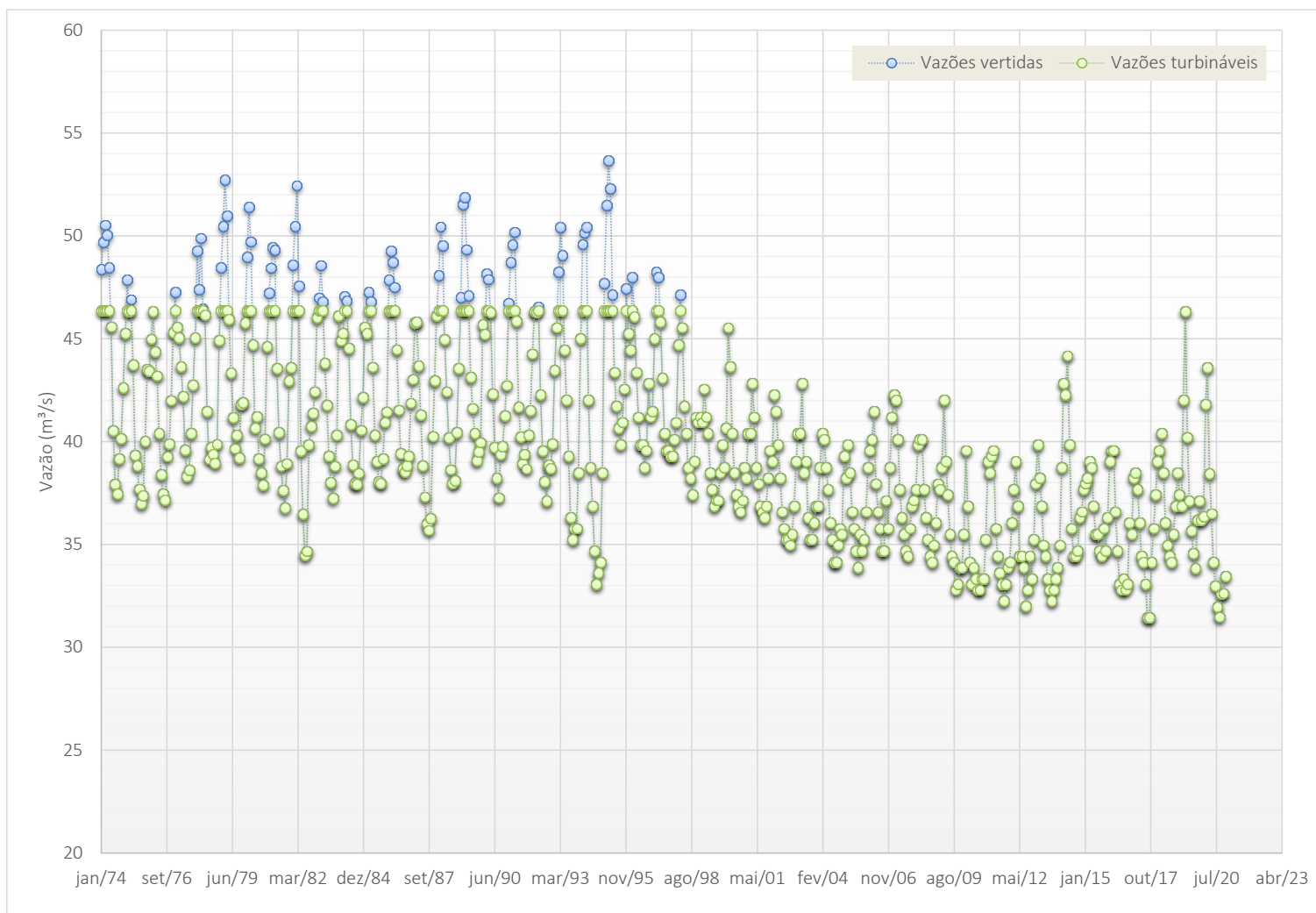


Figura 11-9: Séries históricas de vazões vertidas e turbináveis (1974 a 2020)

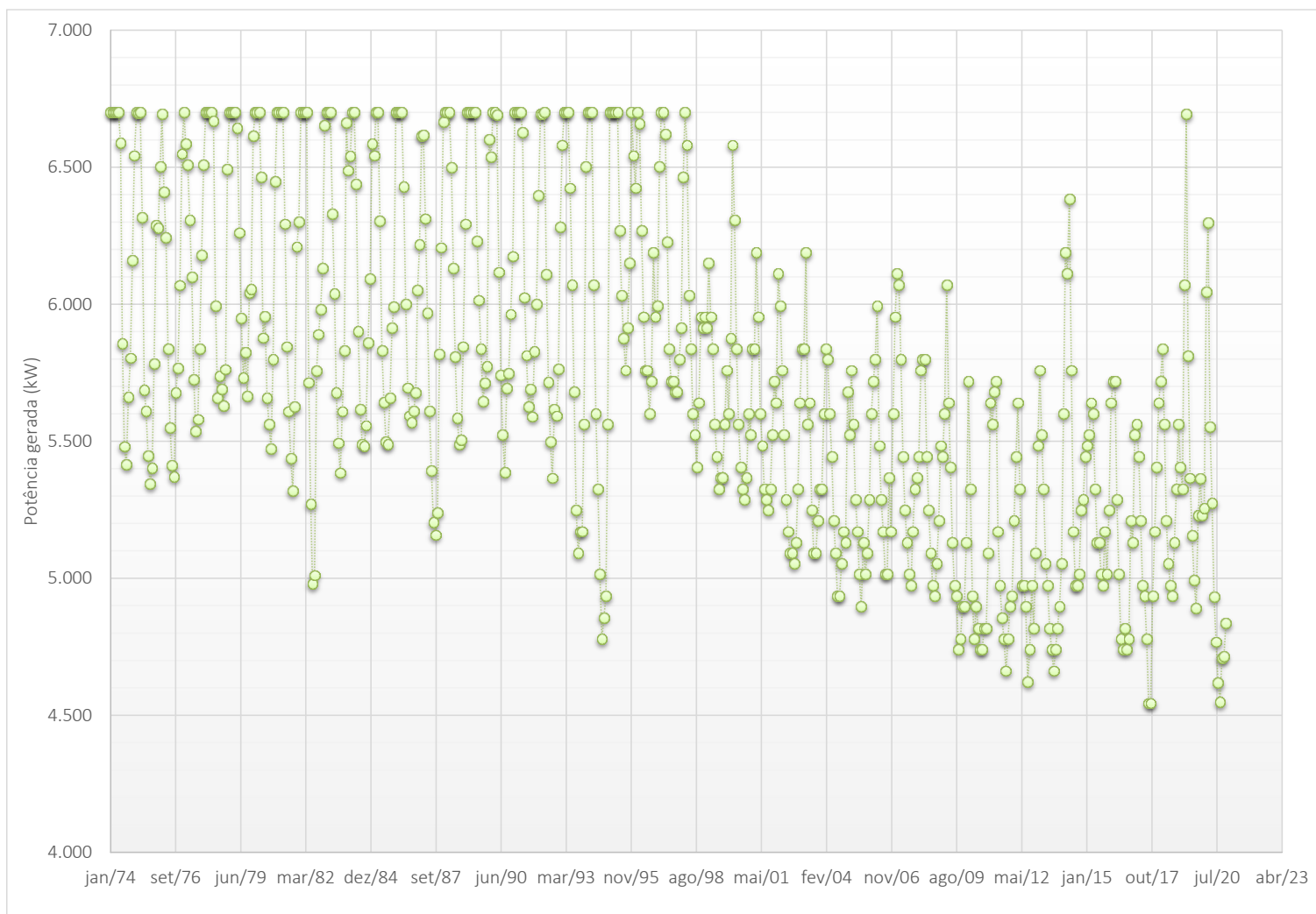


Figura 11-10: Série histórica de potências médias mensais (1974 a 2020)

11.9. Determinação das Características Finais do Empreendimento

Com base em todos os estudos realizados até o momento, e com vistas ao detalhamento das estruturas e equipamentos, podem-se definir, para a PCH SU-104, as seguintes características finais:

- Nível d'água máximo normal de montante	327,00 m
- Nível d'água máximo excepcional de montante	328,50 m
- Nível d'água mínimo de montante	327,00 m
- Nível d'água normal de jusante	310,16 m
- Nível d'água mínimo de jusante (despacho mínimo de uma máquina).....	309,00 m
- Nível d'água máximo excepcional de jusante	311,50 m
- Queda bruta nominal.....	16,84 m
- Perda de carga nominal	0,51 m
- Queda líquida nominal.....	16,33 m
- Queda líquida de referência	16,27 m
- Queda líquida de projeto.....	16,57 m
- Potência instalada.....	6,70 MW
- Energia média gerada (jan/1974 a dez/2020).....	5,64 MW médios
- Fator de capacidade	0,84
- Indisponibilidade programada	1,74%
- Indisponibilidade forçada	1,26%
- Tipo de turbina	Kaplan "S", eixo horizontal
- Número de unidades	2
- Vazão turbinada nominal (total).....	46,36 m ³ /s
- Vazão turbinada unitária nominal.....	23,18 m ³ /s
- Rendimento da turbina.....	93,0%
- Rendimento do gerador.....	97,0%
- Despacho mínimo da turbina.....	30% da vazão nominal unitária
- Vazão mínima turbinada.....	6,95 m ³ /s
- Potência unitária da turbina	3.454 kW
- Fator de potência.....	0,90
- Potência unitária do gerador	3.723 kVA
- Garantia Física (expectativa).....	5,37 MW médios
- Fator de capacidade	0,80

12. DETALHAMENTO DO PROJETO

Definidos os parâmetros energéticos para o aproveitamento, foram desenvolvidos os estudos finais de engenharia, nos quais o detalhamento das estruturas e a implantação do arranjo geral delas foram os principais objetivos.

O arranjo apresenta estruturas otimizadas em conformidade com o nível de precisão das informações disponíveis nesta etapa de estudos.

12.1. Arranjo Geral da Usina

A PCH SU-104 terá seu reservatório formado na El. 327,00 m, por meio de um barramento definido pelas coordenadas aproximadas 8.581.462N e 319.237E (ombreira direita) e 8.581.451N e 318.863E (ombreira esquerda).

A concepção do arranjo geral é a de uma usina hidrelétrica clássica, com geração ao pé do barramento. Todas as estruturas de concreto foram previstas para a margem esquerda do rio.

O barramento será constituído por barragem de terra com seção homogênea (solo argiloso compactado e solo arenoso/laterítico compactado), ocupando toda a margem direita, o leito do rio, parte da margem esquerda e realizando o fechamento da ombreira esquerda. As estruturas de concreto, adufas de desvio e vertedouro de soleira livre, incorporadas ao barramento, ocupam parte da margem esquerda no eixo do barramento. A ligação da barragem de terra com a estrutura de desvio será realizada por meio de um muro de topo, dimensionado para conter os espaldares da barragem. A mesma solução de ligação se repete no encontro entre a barragem de terra e a tomada d'água de adução, formando um segundo muro de topo. Por fim, as estruturas do vertedouro e da tomada d'água estão interligadas por trechos de barragem em concerto massa.

O barramento da PCH SU-104 terá, de ombreira a ombreira, um comprimento total de aproximadamente 380 m. Da extensão total de barramento, aproximadamente 80% (305 m) correspondem a obras de terra e 20% (75 m) a obras de concreto.

Com borda livre de 1,0 m e nível d'água máximo maximum do reservatório na El. 328,50 m, o coroamento da barragem foi fixado na El. 329,50 m, com 6,0 m de largura de crista.

O escoamento das vazões de cheia será feito por meio de um vertedouro de soleira livre localizado na margem esquerda do rio. A estrutura vertente foi dimensionada para garantir a passagem da cheia milenar majorada pela unidade do coeficiente de Füller (130 m³/s). A passagem da cheia decamilenar (151 m³/s), também majorada pela unidade do coeficiente de Füller, foi verificada para que não ocorra galgamento das estruturas do barramento.

O vertedouro de soleira livre terá 32,0 metros de comprimento de crista, tendo sido dimensionado para uma carga de projeto de 1,5 m e projetado com traçado retilíneo. A estrutura vertente será constituída por uma ogiva com paramento de montante inclinado (1,00V:0,30H), com o objetivo de se garantir a estabilidade da estrutura, e paramento de jusante com inclinação resultante de 1,00V:0,85H, após o trecho projetado com perfil tipo Creager.

Seu paramento de jusante será dotado de degraus para garantir a dissipação de parte da energia de fluxo das vazões vertidas. A energia remanescente do fluxo nos degraus será dissipada por ressalto hidráulico em uma pequena bacia a ser executada em concreto armado.

A configuração do desvio do rio foi definida em duas etapas distintas e consecutivas. Na primeira etapa, as áreas em construção junto ao barramento permanecerão protegidas por meio de septos naturais de solo remanescente. Nesta etapa, as obras do barramento estarão concentradas na margem esquerda, com a

construção das estruturas de concreto da usina: muros de topo, adufas de desvio, vertedouro, circuito de adução/geração e trecho de barragem de concreto para ligação entre as estruturas do vertedouro e da tomada d'água de adução. As escavações dos canais da margem esquerda também estarão em execução, estando a do canal de fuga protegida por meio de septo natural de solo remanescente em sua extremidade de jusante. As obras de terra da margem direita do barramento também serão iniciadas com a proteção dos septos naturais se solo remanescente.

Visando a continuidade das obras no leito e nas adjacências de suas duas margens, a segunda fase de desvio será caracterizada pela execução de ensecadeiras a montante e a jusante do eixo de barramento, de forma a direcionar o fluxo para a estrutura de desvio de segunda etapa: um bloco estrutural com duas (2) adufas de desvio posicionada na margem esquerda do rio, adjacente à estrutura do vertedouro.

De acordo com o planejamento construtivo das obras civis, as proteções para a primeira fase (septos naturais) e para a segunda fase do desvio do rio (ensecadeiras de montante e jusante) foram dimensionadas para exposição a um período de cheias com tempo de retorno de 25 anos (96,0 m³/s).

As adufas, com seção hidráulica transversal quadrangular de 3,0 m de lado, apresentam comprimento total de 23,0 m. A estrutura de desvio será dotada de comportas tipo ensecadeira e vagão, com soleira na El. 308,00 m e coroamento na El. 329,50 m.

A ensecadeira de montante de segunda etapa terá seção em enrocamento lançado, com vedação externa em solo lançado. Entre o enrocamento e o solo lançado haverá um trecho na seção transversal preenchido por transição lançada. Essa estrutura será coroada na El. 314,00 m e terá largura de crista de 7,0 m. Os taludes externos da seção apresentam as seguintes inclinações: 1,0V:3,0H (montante) e 1,0H:1,5H (jusante).

A ensecadeira de jusante de segunda etapa deverá ser corada na El. 312,00 m e terá seção idêntica à de montante, também com vedação externa.

As ensecadeiras de montante e jusante terão, respectivamente, comprimentos de aproximadamente 65,0 m e 120,0 m, e alturas máximas de 5,0 m e 3,0 m.

O circuito de adução/geração, previsto para ser implantado na margem esquerda do rio, será composto por tomada d'água, conduto forçado, casa de força e canal de fuga, sendo este último o responsável pela restituição das vazões turbinadas ao rio.

A tomada d'água de adução será do tipo frontal, dotada de grade, comportas tipo ensecadeira e comporta de emergência tipo vagão. Será constituída por um bloco de concreto armado, com 11,6 m de largura total e 14,0 m de comprimento, apresentando dois vãos independentes. A soleira, região de apoio das grades metálicas, estará posicionada na El. 316,70 m, as comportas apoiadas na El. 317,20 m e sua estrutura assentada em rocha, na El. 315,70 m. Seu coroamento foi dimensionado e posicionado na El. 329,50 m.

A ligação entre tomada d'água e as unidades geradoras foi prevista por meio de dois condutos forçados, com diâmetro igual a 3,0 m e comprimento de aproximadamente 42,0 m medido em planta a partir da saída da tomada d'água a entrada da casa de força. Os condutos forçados deverão ser apoiados em rocha, com blocos de apoio cada 10,0 m e blocos de ancoragem nas alterações de direção e nas ramificações.

A casa de força será do tipo abrigada e foi dimensionada para a instalação de dois (2) grupos hidrogeradores, seus equipamentos auxiliares e de comando e controle.

A área de montagem, contígua à casa de força, permitirá a recepção e montagem dos equipamentos, com intervalo máximo de dois meses entre a entrada em operação de cada unidade. A sala de comando e controle e demais dependências auxiliares são instaladas no interior do bloco da área de montagem. O piso da área de montagem foi dimensionado para a El. 314,60 m, piso no qual será feito o acesso à área de descarga e à casa de força.

A casa de força terá dois (2) grupos hidrogeradores de eixo horizontal do tipo Kaplan S, com larguras iguais a 11,0 m e 8,5 e comprimento igual a 21,0 m. A área de montagem terá largura igual a 8,0 m.

A fundação mais profunda da estrutura da casa de força estará na El. 301,10 m, enquanto o topo de sua cobertura na El. 327,50 m. A saída do tubo de sucção estará na El. 302,60 m e a entrada do canal de fuga na El. 302,10 m.

Da saída do tubo de sucção, o canal de fuga, escavado na El. 302,10 m por um trecho de 10,0 m, tem sua cota elevada por meio de uma escavação com inclinação 1,0V:6,0H, até a El. 307,60 m, com o objetivo de se restituir as vazões turbinadas ao rio. Seu comprimento total será de aproximadamente 70,0 m e sua largura na base igual a 21,1 m.

A **Ilustração 17** apresenta o arranjo geral das estruturas.

12.2. Reservatório

O reservatório formado pelo eixo de barramento da PCH SU-104 foi previsto para operar a fio d'água, com nível d'água definido pelo máximo normal do aproveitamento, ou seja, 327,00 m. O reservatório sofrerá variações de nível d'água apenas para a passagem das cheias.

A PCH SU-104 apresenta reservatório com uma área correspondente de 0,82 km² (incluindo a calha do rio) e volume de 6,14 hm³, para o nível máximo normal de operação. Considerando-se o reservatório operando nas cotas correspondentes aos níveis d'água máximos excepcionais (El. 328,50 m), a área de alague (incluindo a calha do rio) será de 0,93 km², considerando a passagem da cheia com recorrência de 1.000 anos.

Suas profundidades média e máxima serão, respectivamente, 7,5 m e 21,0 m, enquanto seu perímetro será de aproximadamente 18,1 km.

A **Ilustração 20** apresenta a planta do reservatório.

12.3. Fases do Desvio e Sequência Construtiva

Neste item será apresentada uma breve descrição da sequência construtiva das obras civis do futuro empreendimento.

Na primeira etapa da obra o rio deverá permanecer em seu leito natural, enquanto terão início as escavações obrigatórias e o preparo/tratamento das fundações para implantação das estruturas. Para garantir que os níveis d'água excepcionais do rio não interfiram nas obras, a escavação deve ser protegida por septos naturais de solo remanescente. A segunda etapa do desvio do rio será caracterizada pela construção de ensecadeiras a montante e a jusante do eixo de barramento. Dessa forma, o fluxo será integralmente conduzido, por um canal de aproximação, às adufas de desvio, construídas na margem esquerda do rio.

No primeiro estágio do primeiro ano de obra, com o rio em seu leito natural e mantendo-se septos naturais de solo remanescente, terão início as escavações nas seguintes áreas do barramento: canal de desvio, estrutura de desvio (adufas), vertedouro, muro de ligação, tomada d'água e canal de fuga. Cabe aqui ressaltar que nessa fase deverão ser preservados os septos naturais a montante (entrada) e jusante (saída) no canal de desvio. De forma concomitante, terão início as escavações na área da barragem de terra da margem esquerda. Nessa fase deverá ocorrer a limpeza e o tratamento das fundações das estruturas da margem esquerda (desvio do rio, vertedouro, muro de ligação, tomada d'água e casa de força).

No segundo estágio do primeiro ano de obra, está prevista a continuidade das escavações nas áreas dos canais de desvio, de fuga e da câmara de carga. Simultaneamente, as escavações nas áreas da estrutura de

desvio, do vertedouro, do muro de ligação, da tomada d'água e da casa de força também terão continuidade. Ainda nesse período da obra está previsto o início da concretagem das estruturas da margem esquerda.

Para o primeiro estágio do segundo ano de obra foi prevista a conclusão das estruturas de concreto da margem esquerda. Foram iniciados os trabalhos de compactação da barragem de terra da margem esquerda. Nesta etapa da obra está prevista a conclusão das ensecadeiras de montante e de jusante, com a remoção dos septos naturais nos extremos do canal de desvio. Dessa forma será possível, nessa fase da obra, a operação do desvio de segunda etapa. Por fim, nesse estágio da obra será executado o tratamento das fundações para construção da barragem de terra da margem direita.

No segundo estágio do segundo ano de obra foi prevista a conclusão da barragem de terra da margem direita e do leito do rio, e, ainda, de toda a montagem eletromecânica. Deverá ocorrer ainda o fechamento das comportas das adufas de desvio, com consequente enchimento do reservatório. Também será removido o septo de terreno natural na saída do canal de fuga. Por fim, a realização dos testes finais nos equipamentos permitirá o início da geração comercial da usina.

A **Ilustração 20** apresenta resumidamente a sequência construtiva das obras civis da usina.

12.4. Desvio do Rio

O desvio do rio foi concebido admitindo-se diversos fatores, tais como as características topográficas e geológico-geotécnicas, vazões extremas, tipo de barramento, bem como aspectos logísticos da futura obra.

A configuração do desvio do rio foi definida em duas etapas distintas e consequentes. No desvio de primeira fase as áreas em construção permanecerão protegidas por septos naturais de solo remanescente, tanto na região do barramento quanto no canal de fuga. Nessa fase, não ocorrerão interferências no leito natural do rio.

Visando a continuidade das obras no leito e nas adjacências de suas margens, a segunda fase de desvio será caracterizada pela execução de ensecadeiras a montante e a jusante do eixo do barramento, de forma a direcionar o fluxo para a estrutura de desvio de segunda etapa; um bloco estrutural com duas (2) adufas de desvio, localizado na margem esquerda do rio.

De acordo com o planejamento construtivo das obras civis, as proteções para a primeira fase (septos naturais) e para a segunda fase do desvio do rio (ensecadeiras de montante e jusante) foram dimensionadas para exposição a um período de cheias com tempo de retorno de 25 anos (96,0 m³/s).

As adufas, com seção hidráulica transversal quadrangular de 3,0 m de lado, apresentam comprimento total de 23,0 m. A estrutura de desvio será dotada de comportas tipo ensecadeira e vagão, com soleira na El. 308,00 m e coroamento na El. 329,50 m.

Nas **Ilustrações 33** e **35** estão sintetizadas as fases concebidas para o desvio do rio e ainda o detalhamento estrutural das estruturas de desvio.

12.4.1. Ensecadeiras

A construção das ensecadeiras de segunda etapa (montante e jusante) permitirá o desvio do rio pelas adufas, com o início do tratamento de fundação para a construção da barragem no leito do rio e nas adjacências de suas margens.

As implantações das ensecadeiras de segunda etapa estão apresentadas na **Ilustração 33**, juntamente com suas seções típicas.

A ensecadeira de montante, coroada na El. 314,00 m, apresenta seção de enrocamento lançado com vedação externa de solo lançado na água. Sua altura máxima é da ordem de 5,0 m e seu comprimento medido pela crista, de aproximadamente 65,0 m.

Para a ensecadeira de montante, os taludes em enrocamento lançado apresentam inclinação de 1,0V:1,3H, largura na crista de 3,0 m. A vedação externa lançada foi projetada com inclinação de 1,0V:3,0H e 3,0 m de largura. Entre os dois materiais foi projetada uma camada de 1,0 m de transição ampla com inclinação externa e interna iguais a 1,0V:1,5H e 1,0V:1,3H respectivamente.

A ensecadeira de jusante apresenta a mesma disposição geométrica da ensecadeira de montante, exceto pelo seu coroamento, dimensionado na El. 312,00 m. Sua altura máxima é da ordem de 3,0 m e seu comprimento medido pela crista, de aproximadamente 120,0 m.

As dimensões do enrocamento das ensecadeiras deverão ser definidas na fase do Projeto Executivo, em função das fases de fechamento do rio e de acordo com as vazões e grau de avanço das ensecadeiras e consequente estrangulamento da seção do rio.

12.4.2. Fechamento do Desvio e Enchimento do Reservatório

Após a conclusão das obras civis, a estrutura de desvio deverá ser fechada, tendo início o enchimento do reservatório.

A partir do fechamento do desvio e até que o nível d'água atinja a soleira do vertedouro, restabelecendo assim o fluxo natural para jusante, deverá ser mantida uma vazão remanescente para o trecho de jusante do rio, fixada em 10% da média do mês de enchimento.

Para esta operação foi prevista a utilização da comporta vagão da estrutura de desvio. O objetivo é controlar a vazão remanescente de enchimento a partir de aberturas parciais dessa comporta, até que seja atingido o nível operacional normal da usina.

12.4.3. Equipamentos Eletromecânicos

Nas adufas de desvio serão implantadas ranhuras para receber uma comporta corta-fluxo, possibilitando o ensecamento dos vãos por montante.

Em uma das duas adufas foram previstas ranhuras para descida da comporta vagão tipo corta-fluxo e, imediatamente a montante, foi prevista a instalação de ranhuras para a descida de comporta ensecadeira de concreto.

Na outra adufa foram previstas apenas as ranhuras para descida da comporta vagão, que possibilitará eventuais operações de desarenação ou rebaixamento do reservatório.

Dessa forma, a operação de fechamento será da seguinte maneira:

- Lançamento da comporta corta-fluxo no primeiro vão;
- Lançamento dos elementos da comporta ensecadeira de concreto no primeiro vão;
- Retirada da comporta corta-fluxo do primeiro vão, com verificação da vedação da comporta ensecadeira de concreto;
- Lançamento da comporta corta-fluxo no segundo vão e retirada das equipes e equipamentos, em função do início do enchimento do reservatório;
- Lançamento, por jusante, dos plugues de concreto no primeiro vão.

Para essa operação será necessária apenas uma comporta corta-fluxo, que permitirá o fechamento de uma adufa de cada vez.

Sendo assim, o único equipamento mecânico a ser utilizado no desvio do rio será a comporta corta-fluxo de montante.

12.4.3.1. Comporta Vagão

Nas adufas de desvio serão instaladas guias para receber uma comporta vagão corta-fluxo, com a finalidade de possibilitar o ensecamento dos dois vãos.

A comporta vagão terá vedação a montante, e possuirá, além das rodas principais, rodas de contraguia e, para o guiamento lateral, sapatas de guia.

A movimentação da comporta será por meio de guindaste de obra, que deverá operar a partir do coroamento da barragem.

As características principais da comporta vagão serão as seguintes:

- Tipo..... vagão corta-fluxo
- Quantidade de adufas2
- Número de comportas.....1
- Quantidade de elementos articulados.....2
- Dimensão do vão livre3,00 m
- Altura da abertura livre.....3,00 m
- Altitude da soleira.....308,00 m
- Altitude da frontal.....311,00 m
- Nível d'água máximo a montante.....327,00 m
- Nível d'água máximo excepcional a montante328,50 m
- Cota do coroamento da estrutura329,50 m

12.5. Barragem

A seção transversal típica da barragem apresenta talude externo de montante com inclinação 1,0V:2,2H e o de jusante com inclinação 1,0V:2,0H e bermas de 3,5 m. A largura da crista foi fixada em 6,0 m.

A seção típica será do tipo zonada com região de vedação ao centro e filtro inclinado. Os espaldares serão compostos por aterro compactado proveniente das escavações obrigatórias, predominantemente arenoso e com características adequadas para aplicação no aterro. Na região inferior do espaldar de montante está previsto tapete de montante para aumentar o caminho de percolação e auxiliar a vedação da barragem. O tapete drenante será do tipo "sanduíche" de cinco camadas com 1,2 m de espessura total, devido à alta permeabilidade da fundação. A jusante, o tapete drenante será protegido com filtro de pé constituído de uma camada de transição fina, que por sua vez será confinada com uma camada intermediária de transição grossa e uma camada externa de enrocamento de proteção, para assegurar que os materiais não sejam erodidos pela ação da água de jusante.

Em adição, haverá trincheira drenante, com profundidade mínima de 3,0 m e largura de 0,8 m, escavada no pé da barragem para interceptar percolação de água pela fundação e não captada pelo tapete drenante.

Foi prevista a instalação de geocélula GeoWeb (ou similar) com preenchimento de concreto para a proteção do talude de montante contra ondas, visto que provavelmente não serão obtidos blocos adequados para utilização como enrocamento.

A barragem deverá ser assentada em material ausente de matéria orgânica e com resistência satisfatória, obedecendo ao critério de índice SPT>7 em toda fundação.

A **Ilustração 31** apresenta a seção característica da barragem.

12.6. Vertedouro

O escoamento das vazões de cheia será feito por meio de um vertedouro de soleira livre localizado na margem esquerda do rio. A estrutura vertente foi dimensionada para garantir a passagem da cheia milenar majorada pela unidade do coeficiente de Füller (130 m³/s). A passagem da cheia decamilenar (151 m³/s), também majorada pela unidade do coeficiente de Füller, foi verificada para que não ocorra galgamento das estruturas do barramento.

O vertedouro de soleira livre terá 32,0 metros de comprimento de crista, tendo sido dimensionado para uma carga de projeto de 1,5 m e projetado com traçado retilíneo. A estrutura vertente será constituída por uma ogiva com paramento de montante inclinado (1,00V:0,30H), com o objetivo de se garantir a estabilidade da estrutura, e paramento de jusante com inclinação resultante de 1,00V:0,85H, após o trecho projetado com perfil tipo Creager.

Seu paramento de jusante será dotado de degraus para garantir a dissipação de parte da energia de fluxo das vazões vertidas. A energia remanescente do fluxo nos degraus será dissipada por ressalto hidráulico em uma pequena bacia a ser executada em concreto armado.

A **Ilustração 34** apresenta a seção típica do vertedouro de soleira livre.

12.7. Tomada d'Água

Este item apresenta a descrição da tomada d'água projetada para a PCH SU-104, com ênfase em suas obras civis e equipamentos eletromecânicos.

12.7.1. Obras Civis

A tomada d'água será do tipo frontal, dotada de grade, comportas tipo ensecadeira e comporta de emergência tipo vagão, que será seu dispositivo de segurança.

Será constituída por um bloco de concreto armado, com 11,6 m de largura total e 14,0 m de comprimento, apresentando dois vãos independentes.

A soleira, região de apoio das grades metálicas, estará posicionada na El. 316,70 m, as comportas apoiadas na El. 317,20 m e sua estrutura assentada em rocha, na El. 315,70 m. Seu coroamento foi dimensionado e posicionado na El. 329,50 m.

Na entrada da tomada existirão guias para os painéis de grade. A submergência da tomada d'água foi verificada segundo os critérios de Y.L. Gordon e do U.S.B.R., atendendo com folga aos limites preconizados.

O circuito de adução foi dimensionado para vazão máxima de engolimento, devendo atender aos requisitos de estabilidade do conjunto hidrogerador e de pressões máximas no circuito.

As principais características geométricas das estruturas são apresentadas na **Ilustração 37**.

12.7.2. Equipamentos Eletromecânicos

Os equipamentos hidromecânicos da tomada d'água de adução serão representados pela grade e rastelo limpa-grades, comporta ensecadeira, comporta vagão e ponte rolante.

12.7.2.1. Grades metálicas

O emboque a montante do conduto forçado será protegido por uma grade metálica, com a finalidade de reter os detritos com dimensões prejudiciais à operação das turbinas.

A grade terá três (03) painéis, com 4,20 m de largura por 1,90 m de altura, cada painel.

Nas laterais do emboque serão instaladas guias para receber os painéis de grade. As barras da grade deverão permitir a movimentação do rastelo limpa-grades.

A inclinação das guias laterais será de 1V:0,15H (~81,5º em relação a horizontal).

Para a retirada dos painéis da grade será utilizado o guincho da ponte rolante da tomada d'água. Esta operação será feita com auxílio de uma viga pescadora dotada de rodas que deslizarão nas mesmas guias da grade.

A perda de carga na grade será monitorada por meio de medidores de pressão instalados a montante e jusante da mesma.

As principais características da grade serão as seguintes:

- Tipo de grade guiada removível
- Cota da soleira 316,70 m
- Cota da frontal 322,20 m
- Cota do coroamento da Tomada d'Água 329,50 m
- Relação de inclinação 0,15H:1,00V (81,5° em relação à horizontal)
- Largura do vão 4,20 m
- Quantidade de vãos 2
- Quantidade de painéis por vão 3
- Dimensões aproximadas do painel (largura x altura) 4,20 x 1,90 m
- Vazão máxima para dimensionamento 46,50 m³/s
- Velocidade máxima do fluxo na seção bruta 1,00 m/s
- Carga de projeto 30 kN/m²
- Vão livre entre barras verticais 80 mm
- Limpeza rastelo limpa-grades
- Acionamento ponte rolante e viga pescadora

12.7.2.2. Rastelo Limpa-Grades

Um rastelo limpa-grades, instalado sobre o coroamento da tomada d'água, possibilitará a remoção dos detritos retidos pela grade, sem que haja necessidade de interromper o funcionamento das turbinas.

O rastelo deverá operar sobre a grade, realizando a coleta de detritos na descida. As rodas do rastelo deslizarão sobre as barras verticais da grade. Os movimentos de descida e subida do rastelo serão proporcionados pelo guincho da ponte rolante (o mesmo que manobrará a grade).

As características principais do rastelo limpa-grades serão:

- Tipo..... guiado sobre as barras verticais com fechamento/abertura semiautomática
- Curso do rastelo.....12,80 m
- Capacidade volumétrica do rastelo 0,5 m³
- Capacidade gravimétrica 10 kN
- Cota da soleira316,70 m
- Cota do coroamento.....329,50 m
- Velocidade de descida/subidaver ponte rolante

12.7.2.3. Comporta Ensecadeira

A tomada d'água de cada unidade geradora poderá ser fechada por intermédio de uma (01) comporta ensecadeira, com qualquer nível d'água do reservatório, estando fechada a comporta de emergência.

A comporta ensecadeira será constituída por dois (02) elementos. Estes possibilitarão o esvaziamento do espaço existente a jusante desta comporta, para manutenção da galeria ou dos dispositivos da comporta vagão.

A manobra da comporta ensecadeira será efetuada pela ponte rolante que atende a tomada d'água, operando no coroamento da estrutura, por meio de viga pescadora própria para esta comporta.

Os elementos da comporta somente serão manobrados nas ranhuras em condições de carga hidráulica equilibrada, supervisionado pelo sistema de detecção de pressões diferenciais, incluindo no fornecimento.

O equilíbrio de pressões, para retirada dos elementos, será feito por meio de sistema de "by-pass", composto por duas (02) válvulas localizadas no elemento superior da comporta, acionadas pelo peso próprio da viga pescadora.

A estocagem do elemento será feita nas próprias ranhuras de um vão.

As características principais da comporta ensecadeira serão:

- Tipo.....deslizante
- Quantidade1
- Quantidade de elementos2
- Quantidade de vãos.....2
- Vão livre.....3,00 m
- Cota da soleira317,20 m
- Cota da viga frontal.....320,50 m
- Altura livre3,30 m
- Nível d'água máximo a montante.....327,00 m
- Cota do coroamento da tomada d'água329,50 m

12.7.2.4. Comporta Vagão

Cada conduto forçado e as unidades geradoras serão protegida por uma (01) comporta vagão na tomada d'água, de deslocamento vertical, projetada para atuar como órgão de fechamento do conduto forçado, tanto em condições normais, para possibilitar o esvaziamento da turbina ou do conduto, quanto em condições de emergência, em caso de inoperância do distribuidor da turbina, sob qualquer nível d'água a montante e através da vazão máxima da turbina em condições de disparo.

A comporta será constituída por um painel com vedação a montante, o que facilita a aeração do conduto a jusante da comporta e reduz os esforços hidrodinâmicos por ocasião do fechamento.

A comporta vagão terá, além das rodas principais, rodas de contraguia e para o guiamento lateral, sapatas de guia.

A comporta será manobrada pelo gancho da ponte rolante.

Será instalado, numa posição intermediária, dispositivo de calagem de fácil manobra, que permitirá manter a comporta em repouso, tanto para a montagem como para manutenção.

O enchimento do conduto a jusante da comporta será efetuado por meio de válvulas by-pass situadas na comporta de emergência, ou por meio de operação de "cracking".

As características principais da comporta vagão serão:

- Tipo..... vagão em elementos
- Quantidade2
- Quantidade de vãos.....2
- Quantidade de elementos articulados.....2
- Dimensão do vão livre3,00 m
- Altura da abertura livre.....3,20 m
- Altitude da soleira.....317,20 m
- Altitude da frontal.....320,40 m
- Nível d'água máximo a montante327,00 m
- Nível d'água máximo excepcional a montante328,50 m
- Cota do coroamento da tomada d'água329,50 m

12.7.2.5. Ponte Rolante

No coroamento da tomada d'água será instalada uma ponte rolante, cujas finalidades são:

- movimentar as coberturas metálicas das ranhuras;
- movimentar os painéis de grade e o rastelo limpa-grades;
- movimentar os painéis da comporta ensecadeira;
- auxiliar na montagem e desmontagem da comporta de emergência.

Suas principais características serão:

- Capacidade do gancho..... 20 kN (*)
- Vão entre eixos7,50 m

- Comprimento do caminho do rolamento11,10 m
- Curso de levantamento do guincho17,30 m
- Cota da máxima elevação do gancho336,00 m
- Velocidade de translação da ponte
 - máxima 15,00 m/min
 - mínima 1,50 m/min
- Velocidade de direção do carro
 - máxima 10,00 m/min
 - mínima 1,00 m/min
- Velocidade de elevação do gancho
 - máxima 5,00 m/min
 - mínima 0,50 m/min

* Valor a ser confirmado pelo fabricante, quando do projeto executivo.

12.8. Conduto Forçado

O circuito de alta pressão será composto por um conduto forçado metálico apoiado em rocha.

O conduto terá diâmetro de 3,00 m até a proximidade da casa de força, com comprimento de aproximadamente 44 m, desde a tomada d'água até a entrada nas unidades geradoras.

Os condutos terão espessura suficiente para suportar uma sobrepressão de até 40%, nas proximidades da entrada da turbina, e também deverão ser autoportantes.

As características técnicas principais dos condutos forçados serão as seguintes:

- Número de condutos principais2
- Elevação da linha de centro do conduto forçado:
 - Início do trecho blindado318,70 m
 - Entrada da casa de força307,60 m
- Trecho 01 (conduto metálico principal):
 - Comprimento 2 x 44 m
 - Diâmetro 3.000 mm
 - Espessura mínima da chapa 9,53 mm (3/8")
- Trecho 02 (reduções cônicas):
 - Diâmetro de entrada 2 x 3.000 mm
 - Diâmetro de saída 2 x 2.800 mm
 - Espessura mínima da chapa 9,53 mm (3/8")
- Trecho 03 (entrada da turbina nas Unidade 01 e 02):
 - Comprimento 2 x 7 m
 - Diâmetro 2.800 mm

- Espessura mínima da chapa 9,53 mm (3/8")
- Vazão máxima de dimensionamento..... 23,25 m³/s
- Máxima sobrepressão incluindo o golpe de aríete 40%
- Máxima pressão incluindo o golpe de aríete, calculado na seção de entrada da caixa espiral 300 kPa

12.9. Casa de Força, Área de Montagem e Canal de Fuga

A casa de força será do tipo abrigada e foi dimensionada para a instalação de dois (2) grupos hidrogeradores, seus equipamentos auxiliares e de comando e controle.

A área de montagem, contígua à casa de força, permitirá a recepção e montagem dos equipamentos, com intervalo máximo de dois meses entre a entrada em operação de cada unidade. A sala de comando e controle e demais dependências auxiliares são instaladas no interior do bloco da área de montagem.

12.9.1. Obras Civis

A casa de força apresentará dois (2) grupos hidrogeradores de eixo horizontal do tipo Kaplan S, com larguras iguais a 11,0 m e 8,5 e comprimento igual a 21,0 m.

A área de montagem terá largura igual a 8,0 m. O piso da área de montagem foi dimensionado para a El. 314,60 m, piso no qual será feito o acesso à área de descarga e à casa de força.

A fundação mais profunda da estrutura da casa de força estará na El. 301,10 m, enquanto o topo de sua cobertura na El. 327,50 m. A saída do tubo de sucção estará na El. 302,60 m e a entrada do canal de fuga na El. 302,10 m.

Da saída do tubo de sucção, o canal de fuga, escavado na El. 302,10 m por um trecho de 10,0 m, tem sua cota elevada por meio de uma escavação com inclinação 1,0V:6,0H, até a El. 307,60 m, com o objetivo de se restituir as vazões turbinadas ao rio. Seu comprimento total será de aproximadamente 70,0 m e sua largura na base igual a 21,1 m.

As *Ilustrações 42 a 50* apresentam as principais características das estruturas da casa de força e da área de montagem.

12.9.2. Equipamentos Eletromecânicos

Os equipamentos mecânicos da casa de força compreendem as turbinas hidráulicas, reguladores de velocidade, ponte rolante, comportas ensecadeiras do tubo de sucção e talha elétrica de jusante.

As *Ilustrações 52 a 54* apresentam o arranjo eletromecânico da casa de força e área de montagem.

12.9.2.1. Turbinas Hidráulicas e Reguladores

A casa de força possuirá dois grupos turbogeradores de eixo horizontal iguais, sendo cada grupo constituído basicamente de um gerador de potência nominal de 3.723 kVA, sob tensão de 6,9 kV e frequência de 60 Hz, e de uma turbina hidráulica, tipo Kaplan “S” e potência nominal de 3.454 kW, sob queda líquida de referência de 16,27 m, na qual o engolimento é máximo, e queda líquida de projeto de 16,57 m, na qual o rendimento do conjunto é máximo.

Os grupos turbo-geradores deverão operar com a velocidade de rotação síncrona de 327,27 rpm, controlados cada um por um regulador de velocidade eletrônico que, por meio de um sistema óleo-dinâmico, atuará sobre o distribuidor da turbina.

Cada turbina será alimentada por um conduto adutor. Em cada tomada d'água será instalada uma comporta corta-fluxo, que deverá atuar como órgão de fechamento da máquina, sob condições normais para manutenção ou sob condições de emergência, possibilitando que a turbina seja desligada e isolada sem prejuízo do funcionamento da outra turbina da casa de força.

A água será conduzida a cada turbina e será restituída ao canal de fuga da casa de força por um tubo de sucção com trecho de saída sem partição e dotado de ranhuras para instalação de uma comporta ensecadeira.

Cada grupo turbo-gerador será dotado de mancais de escora e guia, com óleo recirculante resfriado a água.

Os componentes da turbina serão descarregados na área de montagem, e serão preparados para montagem e montados nos próprios "bays". As dimensões e as posições da área de montagem e da ponte rolante da casa de força possibilitarão receber e pré-estocar os componentes a serem montados, de modo a reduzir ao mínimo a quantidade e a complexidade dos serviços de montagem a serem realizados nos "bays" das unidades geradoras.

As turbinas serão projetadas para operarem com queda líquida de referência de 16,27 m, tendo, nesse ponto, seu engolimento máximo. Em adição, o ponto de rendimento máximo será dado a partir da queda líquida de projeto, definida em 16,57 m.

As turbinas deverão operar com um nível mínimo de jusante de até 309,00 m, para a vazão parcial de uma unidade, sem risco de erosão por cavitação.

Os níveis adotados para a operação da usina são:

- máximo normal de montante327,00 m
- normal de jusante.....310,16 m
- mínimo de jusante309,00 m

As características técnicas principais das turbinas serão as seguintes:

- Tipo..... Kaplan "S", de eixo horizontal
- Potência unitária no eixo 3.454 kW
- Quantidade2
- Queda líquida de referência16,27 m
- Vazão máxima de engolimento (unitária)..... 23,25 m³/s
- Rotação síncrona 327,27 rpm
- Rotação específica588,37
- Rendimento nominal da turbina.....93%
- Sistema de regulação..... regulador de velocidade eletrônico
- Afogamento mínimo.....h_s = -1,40 m
- Nível da linha de centro da turbina307,60 m
- Nível inferior do tubo de sucção.....302,60 m

12.9.2.2. Comporta Ensecadeira

As comportas ensecadeiras dos tubos de sucção terão a finalidade de possibilitar o esvaziamento das turbinas, vedando a entrada de água do canal de fuga nos tubos de sucção.

Na casa de força haverá uma comporta ensecadeira para cada tubo de sucção, que possibilitará o esvaziamento da unidade.

A comporta ensecadeira será constituída por dois elementos com vedações de soleira, laterais e frontal, podendo ser instalado indistintamente em quaisquer dos dois tubos de sucção existentes na casa de força. Será movimentada por meio de viga pescadora, por uma talha elétrica existente no lado externo da extremidade jusante da casa de força.

Cada comporta será dotada de válvulas de equilíbrio de pressões que, quando acionadas pelo peso próprio da viga pescadora, possibilitará a entrada da água do canal de fuga no tubo de sucção vazio, promovendo-se assim o enchimento da turbina e o equilíbrio de pressões necessário para a abertura da comporta ensecadeira.

Seu armazenamento se dará nas próprias ranhuras. A viga pescadora será armazenada em cavalete instalado no coroamento da estrutura.

As características técnicas principais da comporta ensecadeira serão as seguintes:

- Quantidade de vãos2
- Quantidade de comportas2
- Quantidade de elementos por comporta2
- Vão livre4,50 m
- Altura livre3,30 m
- Cota da soleira302,60 m
- Cota da peça fixa frontal305,90 m
- Nível da área externa de jusante (coroamento)314,60 m

12.9.2.3. Ponte Rolante

Na casa de força será instalada uma ponte rolante com capacidade de 300 kN, cuja finalidade principal é o descarregamento, o transporte e a montagem das turbinas, dos geradores e dos equipamentos auxiliares. Após a entrada em operação das unidades geradoras, a ponte será utilizada nas operações de manutenção dos equipamentos principais.

A ponte rolante deslocar-se-á sobre o caminho de rolamento apoiado sobre vigas de concreto engastadas nas paredes laterais da casa de força.

O vão entre eixos dos trilhos será de 11,0 m. O curso do gancho será de 17,60 m.

As características principais da ponte rolante são as seguintes:

- Capacidade de gancho 300 kN (*)
- Vão entre eixos dos trilhos11,00 m
- Comprimento do caminho de rolamento27,00 m
- Curso dos ganchos17,60 m

- Cota da máxima elevação dos ganchos322,40 m
- Velocidade de translação da ponte
 - máxima 10,00 m/min
 - mínima 1,00 m/min
- Velocidade de direção do carro
 - máxima 10,00 m/min
 - mínima 1,00 m/min
- Velocidade de elevação do gancho principal
 - máxima 1,50 m/min
 - mínima 0,10 m/min
- Velocidade de elevação do gancho auxiliar
 - máxima 5,00 m/min
 - mínima 0,50 m/min

* Valor a ser confirmado pelo fabricante, quando do projeto executivo.

12.9.2.4. Talha Elétrica

Na área externa de jusante estará instalada uma talha elétrica com a finalidade de movimentar as comportas ensecadeiras dos tubos de sucção.

Esta talha elétrica será dotada de trole motorizado e se movimentará em uma monovia fixada a uma viga de concreto.

O curso do gancho permitirá a movimentação da comporta ensecadeira dentro da ranhura, bem como retirá-la e colocá-la sobre um veículo.

Os movimentos de translação e elevação motorizados serão acionados por meio de uma botoeira pendente, por um operador que se deslocará na área externa de jusante.

As operações de descida e subida da comporta serão sempre realizadas com pressões equilibradas, entre montante e jusante, e com o auxílio da viga pescadora.

As características principais da talha elétrica são as seguintes:

- Capacidade da talha 20 kN (*)
- Curso do gancho 16,80 m
- Velocidade de elevação 5,0 m/min
- Velocidade de translação 15,0 m/min
- Extensão da monovia 19,00 m

* Valor a ser confirmado pelo fabricante, quando do projeto executivo.

12.10. Sistemas de Utilidades

12.10.1. Sistema de Esvaziamento e Enchimento

O sistema de esvaziamento e enchimento terá por finalidade esvaziar e encher completamente o conduto forçado, caixa espiral e tubo de sucção das unidades geradoras.

A **Ilustração 57** apresenta a concepção desse sistema.

- **Enchimento do conduto forçado**

O enchimento de cada circuito será feito por meio de válvulas "by-pass" instaladas na comporta ensecadeira da tomada d'água.

O elemento superior do tabuleiro das comportas deverá ser provido de duas válvulas "by-pass", com diâmetro de DN 200 mm, que possibilitarão o equilíbrio de pressões hidráulicas. As válvulas deverão ser abertas pela ação do peso próprio da viga pescadora e deverão fechar sempre que a viga pescadora for desacoplada da comporta ensecadeira.

Alternativamente, o enchimento poderá ser executado por meio da operação de "cracking" da comporta vagão.

- **Enchimento do tubo de sucção**

O enchimento do tubo de sucção será feito através de válvulas "by-pass" instaladas nas comportas ensecadeiras de jusante.

Um dos elementos da comporta ensecadeira da casa de força será dotado de duas válvulas de equilíbrio de pressões (válvula "by-pass"), com diâmetro de DN 150 mm que, quando acionadas pelo peso próprio da viga pescadora, possibilitarão a entrada da água do canal de fuga no tubo de sucção vazio, promovendo-se assim o enchimento deste.

- **Esvaziamento do circuito de adução**

O esvaziamento de cada circuito forçado será feito por gravidade até o nível de jusante. A água contida no circuito, abaixo do nível de jusante, será recalçada para fora da usina, por meio de conjunto eletrobomba, que será inserida no tubo de sucção da unidade.

- **Esvaziamento da caixa espiral e do tubo de sucção**

Após o fechamento da comporta da tomada d'água e abertura manual da válvula de esvaziamento, a água contida no conduto de adução, caixa espiral e tubo de sucção escoará para o canal de fuga, por gravidade, até se equilibrar com o nível de jusante.

Após o fechamento da comporta ensecadeira do tubo de sucção, a água restante será bombeada para o canal de fuga.

Será implantado um poço de esgotamento para o esvaziamento das unidades, por meio de lançamento da bomba de esgotamento. O poço estará situado na cota de fundo na El. 301,70 m.

O tempo de esvaziamento será de aproximadamente oito (8) horas.

As características técnicas das bombas serão as seguintes:

- Tipo..... submersível
- Quantidade.....02
- Vazão.....47,00 m³/h

- Altura manométrica..... 25,60 m.c.a.
- Potência estimada do motor 5,50 kW

12.10.2. Sistema de Água de Resfriamento e de Serviço

O sistema de água de resfriamento, de vedação e de serviço tem por finalidade fornecer água para o resfriamento dos equipamentos da casa de força, por meio dos respectivos trocadores de calor, água para as vedações dos eixos das turbinas e água de serviço para os diversos sistemas e instalações da casa de força e área de montagem.

Tem como equipamentos principais dois filtros de água instalados no piso das unidades geradoras (nível 304,80 m).

O critério de projeto estabeleceu que cada filtro terá 100% de capacidade adicional de reserva, para suprir a necessidade de água na eventual falha ou manutenção de um dos filtros.

A **Ilustração 56** apresenta a concepção desse sistema.

As características técnicas dos filtros são as seguintes:

- Tipo..... Limpeza Automática
- Vazão Unitária 30,00 m³/h
- Pressão de Trabalho 0,40 MPa (4,0 kgf/cm²)
- Malha de Filtragem..... 500 µm (35 mesh)

12.10.3. Sistema de Drenagem

O sistema de drenagem tem a finalidade de coletar e conduzir para o canal de fuga todas as águas de percolação e infiltração provenientes dos condutos blindados de adução e dos ambientes interiores da casa de força, bem como as águas provenientes de descargas dos equipamentos, tais como lavagem dos filtros, vazamentos de tubulações e limpeza de pisos.

Este sistema possuirá um poço de bombeamento localizado no piso da casa de força (El. 302,60 m), com nível de fundo na El. 299,60 m, com uma área útil de 11,4 m² (3,8 x 3,0 m).

Serão instaladas duas bombas de recalque, sendo uma de reserva. A bomba de reserva poderá entrar em operação nas condições excepcionais em que a vazão afluyente ao poço for superior à prevista.

Os critérios de projeto estabelecem que cada bomba terá 100% de capacidade adicional de reserva, tendo em vista a importância deste sistema na segurança da usina.

A **Ilustração 55** apresenta a concepção desse sistema.

As características técnicas de cada bomba serão as seguintes:

- Tipo..... submersível
- Quantidade 02
- Vazão 21,00 m³/h
- Altura manométrica..... 18,70 mca.
- Potência estimada do motor 2,70 kW

12.10.4. Sistema de Ar Comprimido de Serviço

O sistema de ar comprimido de serviço terá por finalidade produzir, armazenar e suprir as necessidades de ar comprimido da casa de força e da área de montagem, para limpeza de tubulações, equipamentos e superfícies, operação de ferramentas pneumáticas, alimentação de instrumentos, alimentação de ar para o sistema de freio do gerador, para os filtros do sistema de água de resfriamento, e para as vedações de parada dos eixos das turbinas.

Este sistema será constituído de dois (02) compressores, sendo um de reserva, um reservatório de ar, e uma rede de tubulações de distribuição.

Nos pontos baixos da rede de ar comprimido serão instalados purgadores de condensado para manter o ar seco.

A **Ilustração 58** apresenta a concepção desse sistema.

As características técnicas dos equipamentos são as seguintes:

- Compressor de Ar
 - Quantidade2
 - Tipoalternativo, com reservatório acoplado
 - Descarga Livre Efetiva 30 pcm
 - Pressão de Descarga 7,0 bar
 - Potência do Motor Estimada.....5,5 kW
- Reservatório de Ar
 - TipoCilindro vertical
 - Capacidade..... 1.000 l (1,0 m³)

12.10.5. Sistema de Ventilação

A ventilação da casa de força e área de montagem, incluindo galerias, será do tipo natural.

12.10.6. Sistemas de Água Potável e Esgoto Sanitário

• Água Potável

O projeto do sistema visa captar, armazenar e distribuir água potável para as instalações hidrossanitárias da casa de força.

Está projetada uma estação de tratamento de água tipo compacta. A água tratada será bombeada para caixa d'água elevada, localizada na parte externa da casa de força. A caixa possuirá uma capacidade total de 3.000 l (3 m³), suficiente para dois dias de consumo.

A estação de tratamento com capacidade de 1 m³/h, terá as seguintes funções:

- Dosagem de produtos químicos;
- Mistura rápida;
- Floculação mecânica;
- Decantação com módulos tubulares;
- Filtração;

- Bombeamento de água tratada.

- **Esgoto Sanitário**

O projeto do sistema tem por finalidade oferecer as condições de higiene aos funcionários e eventuais visitantes, através da coleta, tratamento e despejos do esgoto sanitário.

As quantidades, dimensões e localizações dos sanitários, copa e vestiário serão determinadas por requisitos arquitetônicos.

Os dejetos provenientes dos aparelhos sanitários serão descarregados para a fossa séptica e recalçados para área externa da Casa de Força. O lodo digerido efluente da fossa passará por filtro anaeróbico antes de ser lançado no canal da fuga.

12.10.7. Sistema de Proteção Contra Incêndios

Os sistemas de proteção contra incêndio têm por finalidade proteger, detectar e combater incêndio em equipamentos e ambientes da usina sujeitos à ocorrência de sinistro.

A usina disporá dos seguintes sistemas de proteção contra incêndio:

- **Sistema de Hidrantes para Proteção Contra Incêndio**

O sistema será do tipo fixo pressurizado por conjuntos moto-bombas centrífugas e entrará em funcionamento abrindo-se manualmente qualquer hidrante.

Os hidrantes serão instalados na área de montagem e na área externa ao edifício de acesso, para combater eventuais incêndios e dar proteção à saída de pessoal de dentro do edifício.

- **Sistema de Extintores para Proteção Geral das Instalações**

O sistema será constituído basicamente de extintores portáteis do tipo CO₂ e pó químico seco (PQS).

Os extintores de CO₂ serão destinados a proteger os equipamentos elétrico/eletrônicos, e os de pó químico para proteger locais e/ou equipamentos que contenham produtos inflamáveis.

O dimensionamento do sistema e a distribuição adequada das unidades extintoras serão feitos por ocasião do projeto executivo da usina.

12.10.8. Sistema de Medições Hidráulicas

O sistema de medições hidráulicas possuirá os seguintes instrumentos de medição, conforme mostrado na *Ilustração 59*.

- **Medições dos Níveis de Água da Tomada d'Água e a Jusante da Usina**

Será instalado um medidor de nível tipo limnómetro de boia em local próximo a tomada d'água para medição de variações de níveis do reservatório. Outro medidor do mesmo tipo será instalado a jusante, próximo a saída d'água no canal de fuga.

- **Medição de Perda de Carga na Grade**

Será instalado detector de pressão diferencial na tomada d'água, para medição de perda de carga na grade.

- **Detecção de Equilíbrio de Pressão na Comporta Ensecadeira da Tomada d'Água**

Será instalado detector de pressão diferencial na tomada d'água para detecção de equilíbrio de pressões na comporta ensecadeira.

- **Detecção de Equilíbrio de Pressão na Comporta de Emergência**

Será instalado detector de pressão diferencial na tomada d'água para detecção de equilíbrio de pressões na comporta vagão.

- **Medição de Vazão**

Serão instaladas tomadas de pressão em duas secções de cada turbina, para medição de vazão turbinada.

- **Medição de Pressão do Tubo de Sucção**

Serão instaladas duas (02) tomadas de pressão no tubo de sucção de cada turbina, para medição de pressão do tubo de sucção.

Será instalada uma (01) tomada de pressão em cada ramal do tubo de sucção de cada turbina próximo a extremidade, para medição de pressão.

- **Deteção de Equilíbrio de Pressão na Comporta Ensecadeira de Jusante**

Serão instalados detectores de pressão diferencial em cada uma das unidades geradoras para detecção de equilíbrio de pressão na comporta ensecadeira do tubo de sucção.

12.11. Equipamentos e Sistemas Elétricos Principais

No interior da Casa de Força os equipamentos eletromecânicos serão dispostos conforme mostrado nas *Ilustrações 52 a 54*.

Assim, próximo a cada gerador será instalado um cubículo de proteção contra surto de tensão e de fechamento de neutro.

Os demais cubículos com disjuntores de saída, do transformador elevador e de alimentação dos serviços auxiliares, bem como os sistemas auxiliares elétricos gerais (corrente alternada e corrente contínua), serão distribuídos nas áreas disponíveis da Casa de Força e no anexo à Área de Montagem.

A Sala de Controle Centralizada (Estação de Operação, Painéis de Proteção e Medição e de Comunicação) estará em área própria reservada com acesso pela Área de Montagem. Nesta área será instalado o grupo gerador diesel de emergência.

O transformador elevador trifásico ficará localizado no interior da Subestação Elevadora, juntamente com os equipamentos de manobra, os transformadores para instrumentos e para-raios, conforme mostrado na *Ilustração 65*.

Na *Ilustração 60* é apresentado o Diagrama Unifilar de Proteção e Medição do Sistema Elétrico concebido para a Casa de Força da PCH SU-104, e na *Ilustração 61* o Diagrama Unifilar da respectiva Subestação Elevadora.

A configuração do sistema elétrico contempla dois geradores síncronos de 3.723 kVA, acionados por turbinas hidráulicas do tipo Kaplan S.

Os geradores serão conectados aos seus respectivos cubículos de aterramento do neutro e de surto, e destes interligados ao conjunto de cubículos nos correspondentes cubículos disjuntores. Um seccionador próprio será conectado ao transformador elevador trifásico 6,9-34,5kV, por meio de cabos isolados.

Do mesmo conjunto de cubículos serão alimentados os transformadores de serviços auxiliares, por meio de seccionadores com fusíveis incorporados.

As características elétricas obtidas no pré-dimensionamento para os equipamentos elétricos principais são apresentadas nos itens seguintes.

12.11.1. Geradores

O gerador síncrono, de eixo horizontal, potência de 3.723 kVA, será instalado em maciço de concreto, com sistema de resfriamento a ar, com sistema de excitação brushless e com reguladores de tensão do tipo digital.

Os equipamentos de proteção contra surtos de tensão e de fechamento do neutro do gerador, compreendendo para-raios, capacitores transformadores de corrente e transformador de aterramento serão instalados em um cubículo próprio junto à caixa de terminais do gerador.

As características técnicas principais dos geradores serão as seguintes:

- Tipo síncrono, eixo horizontal
- Quantidade 2
- Potência nominal 3.723 kVA
- Tensão nominal 6.900 V
- Número de fases 3
- Fator de potência 0,90
- Frequência nominal 60 Hz
- Velocidade Síncrona Nominal 327,27 rpm
- Rendimento médio 97%
- Tipo de acionamento sem multiplicador de velocidade
- Sistema de resfriamento preferencial ar
- Temperaturas de funcionamento:
 - 80°C no enrolamento do estator na potência nominal
 - 40°C ambiente
- Classe de Isolamento F
- Resistências de aquecimento 1 conjunto
- Supervisão de temperatura do estator 2 RTD's/fase
- Supervisão de temperatura dos mancais 2 RTD's
- Supervisão de temperatura do óleo dos mancais 2 RTD's
- Termômetros para supervisão e proteção dos mancais 2 unidades
- Resistência para desumidificação 3 unidades
- Valores de reatância (síncrona, transitória e subtransitória) a ser confirmado pelo fabricante na fase do projeto executivo;
- Aterramento do neutro por meio de transformador de aterramento;
- Sistema de excitação sem escovas "Brushless" com excitatriz estática e com transformador de excitação do tipo seco.

12.11.1.1. Sistema de Excitação

Cada gerador deverá ser fornecido com o sistema de excitação do tipo “Brushless” com diodos rotativos, alternador de excitação, diretamente acoplado ao gerador, equipamento de excitação, inclusive transformador de excitação, dispositivos de desexcitação e de escorvamento do campo e regulador de tensão. O fornecimento deve incluir todos os equipamentos necessários para perfeito funcionamento em todas as condições de operação.

O equipamento de excitação e regulação de tensão deve ser do tipo com componentes de estado sólido e circuitos integrados, proporcionando uma regulação automática de tensão, de ação muito rápida, nos bornes do gerador, em todas as condições de carga.

O sistema de excitação deve possuir todas as características necessárias de modo a se ter uma excitação adequada em condições permanentes, bem como durante as possíveis perturbações transitórias, ajudando assim na operação estável dos geradores em paralelo.

12.11.2. Cubículos de Média Tensão

Os cubículos de média tensão serão blindados, tipo *metal-clad*, equipados com todos os componentes e ligações internas necessárias para a pronta operação, completos com disjuntores, TC's, TP's e demais componentes. As siglas dos equipamentos estão mostradas nas *Ilustrações 60 e 61*.

Estão previstos os seguintes cubículos:

- Cubículo de Prot. Contra Surtos e de Fecham. de Neutro da Unidade 1 CSN-U1
- Cubículo de Prot. Contra Surtos e de Fecham. de Neutro da Unidade 2 CSN-U2
- Cubículo do Disjuntor da Unidade 1 CDU-U1
- Cubículo do Disjuntor da Unidade 2 CDU-U2
- Cubículo de Alimentação do Transformador Elevador CSTE
- Cubículo Alimentador do Transf. de Serviços Auxiliares 1 CSA1
- Cubículo Alimentador do Transf. de Serviços Auxiliares 2 CSA2

12.11.2.1. Características Principais

- Cubículos de Proteção Contra Surtos e de Fechamento de Neutro do Gerador
 - Quantidade02
 - Tensão Nominal (eficaz) 7,2 kV
 - Frequência nominal..... 60 Hz
 - Corrente nominal em regime contínuo 1.250 A
 - Nível Básico de Isolamento 60 kV
 - Tensão de ensaio a 60 Hz 20 kV
 - Corrente de curta duração por 1s (eficaz)..... 25 kA
- Cubículos dos Disjuntores das Unidades
 - Quantidade02
 - Tensão Nominal (eficaz) 7,2 kV

- Frequência nominal..... 60 Hz
- Corrente nominal em regime contínuo..... 1.250 A
- Nível Básico de Isolamento 60 kV
- Tensão de ensaio a 60 Hz 20 kV
- Corrente de curta duração por 1s (eficaz)..... 25 kA
- Cubículo de Alimentação do Transformador Elevador
 - Quantidade01
 - Tensão Nominal (eficaz) 7,2 kV
 - Frequência nominal..... 60 Hz
 - Corrente nominal em regime contínuo..... 1.250 A
 - Nível Básico de Isolamento 60 kV
 - Tensão de ensaio a 60 Hz 20 kV
 - Corrente de curta duração por 1s (eficaz)..... 25 kA
- Cubículo do Seccionador para Serviços Auxiliares
 - Quantidade02
 - Tensão Nominal (eficaz) 7,2 kV
 - Frequência nominal..... 60 Hz
 - Corrente nominal em regime contínuo..... 400 A
 - Nível Básico de Isolamento 60 kV
 - Tensão de ensaio a 60Hz..... 20 kV
 - Corrente de curta duração por 1s (eficaz)..... 25 kA

12.11.3.Transformador Elevador

O transformador elevador será trifásico, com dois enrolamentos, adequado para instalação externa, imerso em óleo mineral isolante, com tanque de expansão e comutador de derivações sem tensão.

As características técnicas dos transformadores serão as seguintes:

- Tipo trifásico
- Quantidade01
- Potência nominal 6/7,5 MVA
- Tensão primária 6,9 kV
- Tensão secundária 34,5 kV ($\pm 2 \times 2,5\%$)
- Frequência Nominal..... 60 Hz
- Reatância indutiva a 75 °C..... 10%
- Ligação YNd1
- Método de resfriamento ONAN/ONAF
- Comutador de taps em vazio

- Classe de isolamento F

12.11.4. Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC)

O Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDCD) da usina e subestação será concebido conforme a Arquitetura Geral Simplificada, mostrado na *Ilustração 64*.

Resumidamente, este sistema será responsável pela integração dos diversos equipamentos assegurando um nível de operacionalidade conjunta e harmônica, realizando as funções de comando, controle e proteção, assim como, a monitoração e o registro sequencial dos eventos inerentes.

São pré-requisitos do SDSC: a confiabilidade, a modularidade, a intercomunicabilidade e a robustez. Portanto, deverá ser assegurada a completa compatibilidade lógica e operacional entre os equipamentos que integrem o sistema de automação.

O comando, o controle e a supervisão da usina serão executados normalmente a partir da Estação de Operação localizada no interior da Casa de Força ou ainda pelos painéis de proteção e controle de cada unidade. Adicionalmente, prevê-se para o SDSC a capacidade de executar as mesmas funções a partir do Centro de Operação Remota (COR), fora do presente escopo, por meio de comunicação em protocolo aberto com o Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC).

Este sistema possibilitará a operação a partir de três níveis, assim definidos:

- Nível 1: Unidades de aquisição de dados e controle (UACs) que deverão ser constituídas por módulos funcionais, tais como processadores e interfaces com o processo e comunicação;
- Nível 2: Corresponde às funções centralizadas da usina, de comando, supervisão e controle. O conjunto de equipamentos do nível 2 deverá estar totalmente interconectado por meio de rede digital de comunicação de alta velocidade;
- Nível 3: Corresponde às funções centralizadas no COR. O conjunto de equipamentos do nível 3 deverá estar totalmente interconectado por meio de rede digital de comunicação (fora do presente escopo).

Os equipamentos que compõem o SDSC, incluindo os reguladores eletrônicos de velocidade e de tensão, serão instalados na Sala de Controle em ambiente climatizado.

12.11.4.1. Descrição dos Painéis dos Sistemas do SDSC

Na *Ilustração 64* são apresentados os painéis que compõem o SDSC, que serão instalados na Sala de Controle.

Os painéis previstos são os seguintes:

- Painel de Controle e Proteção da Unidade 1 PCP-U1
- Painel de Controle e Proteção da Unidade 2 PCP-U2
- Painel de Controle e Proteção do Transf. Elevador e Serv. Auxiliares PCP-TE
- Painel de Controle e Proteção das Linhas de Transmissão PCP-LT
- Quadro de Distribuição CA – Tomada d'Água QDA-TA
- Painel de Segurança Eletrônica PSE-01
- Painel de Comunicação PCOM
- Enlace Rádio Digital ERD

O quantitativo de painéis poderá sofrer variações em função do tipo de equipamento oferecido pelos Fabricantes.

12.11.5. Sistema de Proteção

Na **Ilustração 60** é apresentado o Diagrama Unifilar de Proteção e Medição concebido para a Casa de Força da PCH SU-104 e na **Ilustração 61** o Diagrama Unifilar para a respectiva Subestação Elevadora.

O sistema de proteção elétrica dos geradores, do transformador elevador e da linha de transmissão será baseado em relés numéricos “stand alone”, usualmente utilizados para proteção desses equipamentos. Os relés de proteção serão instalados nos painéis de controle e proteção de cada unidade, conforme mostrado na **Ilustração 53**.

As proteções deverão apresentar como pré-requisitos básicos: a seletividade, a superposição das áreas protegidas (sem zonas de sombra) e retaguarda.

Os equipamentos deverão apresentar interfaces padronizadas e protocolos de comunicação abertos, dando-se preferência para a comunicação pelo protocolo MODBUS ou IEC865-101 ou DNP3.0, com possibilidade de parametrização local por meio de botões frontais ou via software; e desejável possibilidade de parametrização remota, por meio de linha discada.

Preveem-se as seguintes funções, segundo o padrão ANSI:

- Proteção das Unidades Geradoras:
 - Proteção de subtensão (27)
 - Relé de Verificação de Sincronismo (25)
 - Proteção de Potência Reversa (32)
 - Proteção de Perda de Excitação (40)
 - Proteção de Corrente de Sequência Negativa (46)
 - Proteção de Sobrecorrente Instantânea (50)
 - Proteção de Sobrecorrente Instantânea de Neutro (50N)
 - Proteção de Sobrecorrente Temporizada (51)
 - Proteção de Sobrecorrente Temporizada de Neutro (51N)
 - Proteção de Sobrecorrente com Restrição de Tensão (51V)
 - Proteção de Sobretensão (59)
 - Proteção de Sobretensão de Neutro (59N)
 - Proteção de Falha Disjuntor (50BF)
 - Proteção de Terra do Estator (64)
 - Proteção de Sub e Sobrefrequência (81)
 - Relé de Bloqueio do Gerador (86)
 - Proteção Diferencial do Gerador (87G)
- Proteção do Transformador Elevador:
 - Relé de Pressão da Válvula de Segurança (20VS)
 - Relé de Temperatura do Óleo (26)
 - Relé de Temperatura do Enrolamento (49)

- Proteção de Sobrecorrente Instantânea (50)
- Proteção de Sobrecorrente Instantânea de Neutro (50N)
- Proteção de Sobrecorrente Temporizada (51)
- Proteção de Sobrecorrente Temporizada de Neutro (51N)
- Proteção de Falha Disjuntor (50BF)
- Relé de Pressão de Gás – Bochholz (63)
- Relé de Nível de Óleo (71)
- Relé de Bloqueio do Transformador (86)
- Proteção Diferencial do Transformador (87T)
- Proteção da Linha de Transmissão 34,5 kV:
 - Relé de distância (21)
 - Relé de sincronismo (25)
 - Relé de Subtensão (27)
 - Relé de Sobrecorrente Instantânea (50)
 - Relé de Sobrecorrente Temporizada (51)
 - Relé de Sobretenção (59)
 - Relé de Direcional de Sobrecorrente (67)

As proteções primária e secundária de distância (21) deverão ser sensíveis a todos os tipos de faltas entre fases e entre fase e terra. Deverão ter no mínimo três zonas de proteção e elementos direcionais de partida.

Será previsto ainda um relé para detecção de falta à terra na barra do cubículo de média tensão, função 59N, para o caso de alimentação da barra por meio do sistema interligado e de um relé de sincronização e de verificação de sincronismo dos geradores e a barra do cubículo de média tensão, função 25.

12.11.6. Subsistema de Medição e Supervisão

Os medidores das grandezas elétricas serão digitais e possuirão interfaces de comunicação com o Subsistema Supervisivo. Este subsistema irá monitorar também os sinais analógicos e digitais vitais nos equipamentos da usina e da subestação, condicioná-los para leitura remota por meio de interfaces padrão Ethernet ou RS485, quando cabíveis, e promover o seu registro e a elaboração de relatórios gerenciais no computador de comando e supervisão do subsistema. A determinação dos pontos e quantidades monitoradas será objeto do projeto executivo.

As medições de faturamento serão efetuadas por sistemas dedicados e instalados na subestação da PCH SU-93. Para estas medições preveem as interfaces de comunicação requisitadas pela CCEE/ONS.

12.11.7. Sistema de Segurança Eletrônica

O sistema de segurança eletrônica da usina, tomada d'água e subestação será concebido conforme a Arquitetura Geral Simplificada, mostrado na **Ilustração 64**.

Será composto pelos equipamentos necessários à proteção do patrimônio e auxílio à operação. Prevê-se a monitoração das áreas exclusivas do empreendimento, por meio de sistema CFTV (circuito fechado de televisão) composto por câmeras de vídeo fixas e móveis, coloridas, multiplexadores de vídeo, gravadores de sinais de vídeo, controladores das câmeras móveis, monitores e gabinetes de alojamento do sistema.

Adicionalmente, prevê-se a instalação de sensores de presença e intrusão em ambientes selecionados.

É prevista o monitoramento por vídeo nos seguintes pontos:

- Tomada d'Água..... 1 câmera móvel
- Subestação 1 câmera móvel
- Casa de Força, piso dos geradores..... 2 câmeras fixas
- Casa de Força – Sala de Controle..... 1 câmera fixa

12.11.8. Sistema de Telecomunicações

O sistema será composto por uma central telefônica digital com capacidade para até 8 ramais para atendimento às necessidades de comunicação interna. A transmissão de fonia e dados entre a PCH SU-104, o COR e as subestações das PCHs SU-93 e SU-118, será realizada por intermédio de Enlace Rádio Digital. O Sistema deverá ainda ser capaz de fornecer ao menos dois canais ETHERNET para integração de rede local e Sistema de Supervisão e Controle.

Para sistema de comunicação alternativo de emergência, e com viaturas móveis, será prevista uma estação fixa de rádio em VHF e unidades móveis portáteis e veiculares.

12.11.9. Serviços Auxiliares em Corrente Alternada

12.11.9.1. Configuração do Sistema

O Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Alternada terá a configuração apresentada no diagrama unifilar mostrado na *Ilustração 62*.

O sistema será composto por dois cubículos (CSA1 e 2) derivados do conjunto de cubículos de MT, que alimentam seus respectivos Transformadores de Serviços Auxiliares (TSA-01 e 2) e deste o Quadro Geral de Serviços Auxiliares em Corrente Alternada (QDA-CF).

Será previsto ainda, como fonte de emergência, um Grupo Gerador Diesel de Emergência (GGD-CF) que também alimentará o mesmo quadro geral (QDA-CF) com potência adequada a atender aos serviços auxiliares prioritários da Casa de Força, Subestação e Tomada d'Água.

A partir do Quadro Geral de Serviços Auxiliares (QDA-CF), serão alimentados o Quadro de Tomadas de Força da Casa de Força (QTF-CF), o Quadro de Iluminação e Tomadas da Casa de Força (QIT-CF), o Quadro de Distribuição CA da Tomada d'Água (QDA-TA), o Quadro de Distribuição CA da Subestação (QDA-SE), e as demais cargas em corrente alternada da Casa de Força.

Será adotado o nível de tensão de 380/220 V \pm 10%, trifásico, 4 fios, solidamente aterrado para alimentação de todos os motores de potência, tomadas de força trifásicas e alimentação primária do sistema de iluminação.

Para as cargas monofásicas dos resistores de aquecimento e das iluminações internas dos quadros elétricos e das tomadas de força será utilizada tensão de 220 V (F+N).

12.11.9.2. Critérios de Operação

As alimentações desde o cubículo e do Grupo Gerador Diesel de Emergência (GGD-CF) até o Quadro Geral de Serviços Auxiliares em Corrente Alternada (QDA-CF) serão feitas radialmente não sendo permitida a operação, em paralelo, de qualquer uma das fontes.

Em condições normais de operação a fonte proveniente do transformador de serviços auxiliares alimentará o quadro geral (QDA-CF). Na ocorrência da falta desta entrará automaticamente em operação a fonte proveniente do Gerador Diesel (GGD-CF).

12.11.9.3. Descrição dos Quadros Auxiliares em Corrente Alternada

Na **Ilustração 62** são apresentados os quadros que compõem os Serviços em Corrente Alternada.

Os quadros previstos são os seguintes:

- Quadro Geral de Serviços Auxiliares de CA da Casa de Força QDA-CF
- Quadro de Distribuição CA da Unidade 1 QDA-U1
- Quadro de Distribuição CA da Unidade 2 QDA-U2
- Quadro de Iluminação e Tomadas da Casa de Força QIT-CF
- Quadro de Tomadas de Força QTF-CF
- Quadro de Distribuição CA da Subestação QDA-SE
- Quadro de Distribuição CA – Tomada d Água QDA-TA

12.11.9.4. Transformadores de Serviços Auxiliares

Será previsto, para os serviços auxiliares de corrente alternada, o fornecimento de 02 (dois) Transformadores Trifásicos instalados na Sala de MT da Casa de Força.

Principais características do Transformador de Serviços Auxiliares instalados na Casa de Força:

- Quantidade02
- Potência nominal225 kVA
- Tipo seco
- Ligação delta-estrela Dyn1
- Frequência nominal60 Hz
- Tensão nominal no enrolamento primário6.900 V
- Tensão máxima7.200 V
- Tensão nominal no enrolamento secundário 380 V ($\pm 2 \times 2,5\%$)
- Comutador de tapsem vazio

12.11.10. Gerador Diesel de Emergência

Para atender, em emergência, as cargas com maior probabilidade de funcionamento quando a usina e a subestação estiverem sob colapso total de energia, será instalado um Grupo Gerador Diesel de Emergência (GGD-CF) de corrente alternada.

A potência do grupo deverá ser suficiente para alimentação dos motores e outros equipamentos acionados por energia elétrica, em corrente alternada, dos quais a usina não pode prescindir em caso de falha no sistema elétrico.

O sistema de resfriamento do motor deverá ser a ar/água, com radiador. O gerador síncrono será trifásico, 380/220V, 60Hz e terá sistema de excitação com regulador automático de tensão.

Um tanque de combustível, para uso diário, terá capacidade tal que permita o funcionamento ininterrupto do grupo, sob carga nominal, por um período superior a 8 (oito) horas.

12.11.11. Serviços Auxiliares em Corrente Contínua

12.11.11.1. Configuração do Sistema

O Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Contínua terá a configuração apresentada no diagrama unifilar simplificado mostrado na *Ilustração 63*.

O Quadro Geral de Serviços Auxiliares em Corrente Contínua (QDC-CF) será alimentado por dois Carregadores de Baterias (CB-01/02), e destes às Baterias de Acumuladores (BAT-01/02).

A partir do Quadro Geral de Serviços Auxiliares (QDC-CF) será alimentado o Quadro de Distribuição (QDC-SE) da Subestação, o Quadro de Distribuição (QDC-TA) da Tomada d'Água e as demais cargas em corrente contínua da Casa de Força.

Será adotado o nível de tensão de 125 V \pm 10% para todas as cargas.

12.11.11.2. Critérios de Operação

Em condições normais de operação, uma das fontes provenientes dos Carregadores de Baterias (CB-01/02) alimentará o quadro geral (QDC-CF). Na ocorrência da falta de uma delas deverá ocorrer a comutação automática da outra.

12.11.11.3. Descrição dos Quadros Auxiliares em Corrente Contínua

Na *Ilustração 63* são apresentados os quadros que compõem os Serviços em Corrente Contínua.

Os quadros previstos são os seguintes:

- Quadro Geral de Serviços Auxiliares em Corrente Contínua QDC-CF
- Quadro de Distribuição em Corrente Contínua – SubestaçãoQDC-SE
- Quadro de Distribuição em Corrente Contínua – Tomada d'Água QDC-TA

12.11.11.4. Carregadores de Baterias

Os carregadores de baterias (CB-01 e CB-02) serão do tipo estático, constituídos por retificadores de silício, alimentados em 380/220 V, a partir do Quadro Geral de Serviços Auxiliares em Corrente Alternada (QDA-CF), com um alimentador independente para cada carregador.

Os carregadores de baterias terão como ciclo de serviço seu funcionamento com todas as unidades operando normalmente, ou seja, o mesmo ciclo de serviço usado para dimensionamento da bateria que considera todas as unidades funcionando normalmente.

- Quantidade02
- Tensão de entrada nominal 380 Vca a 4 fios \pm 10%
- Tensão de saída nominal 125 Vcc \pm 0,5%

- Tensão de flutuação 132 Vcc
- Tensão de equalização..... 144 Vcc
- Corrente nominal.....35 A
- Frequência de entrada..... 60 Hz +/- 5%
- Limitação de corrente em % da potência nominal 150%

12.11.11.5. Baterias de Acumuladores

Os Bancos de Baterias de Acumuladores (BAT-01 e BAT-02) serão formados por elementos do tipo selado, para sistemas com tensão de 125 V (+10% a -20%).

- Quantidade02
- Tensão nominal de serviço 125 Vcc (+10% a -20%)
- Capacidade em (Ah) do banco 100 Ah

12.11.12. Sistema de Iluminação e Tomadas

12.11.12.1. Iluminação Normal

A iluminação normal será projetada de tal modo a possibilitar a livre circulação pelas diversas áreas da usina e permitir o bom desempenho, com segurança, de todas as atividades normais do pessoal de operação e manutenção.

Os níveis médios mínimos de iluminância a serem adotados para a iluminação normal estarão de acordo com as normas brasileiras pertinentes, dentre as quais, a NBR 5413 – Iluminância de Interiores e NBR 510 –1 Iluminação Pública. As instalações elétricas serão concebidas de acordo com a NBR – 5410 Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

Na iluminação normal, serão empregados os seguintes tipos de luminárias:

- Luminárias equipadas com lâmpadas do tipo fluorescente, destinadas a áreas internas com pé direito baixo e médio, tais como, galerias, escritórios, sala de controle, oficinas, depósitos, instalações sanitárias, escadas de acesso, etc. Estas luminárias serão adequadas ao ambiente do local, ambiente normal ou com presença de umidade, gases ou vapores ou com risco de explosão;
- Luminárias equipadas com lâmpadas a vapor de sódio, destinadas a áreas internas com pé direito elevado, tais como, a sala de máquinas;
- Luminárias equipadas com lâmpadas a vapor de sódio destinadas a áreas externas, tais como, plataforma dos transformadores e canal de fuga, vias e acessos, plataformas do pórtico na tomada d'água e pátio da subestação.

O comando local da iluminação será feito por meio de interruptores junto aos acessos. Em áreas especiais, serão previstos interruptores convenientemente distribuídos.

Em áreas externas, a iluminação será comandada por dispositivos fotoelétricos e de maneira centralizada por chaves de comando manual local. O acionamento será feito por contatores.

12.11.12.2. Iluminação de Emergência

A iluminação de emergência será projetada de modo a possibilitar o escoamento de pessoal e manter níveis de iluminância adequados nas áreas mais críticas de operação, nos períodos de falta da iluminação normal.

Os níveis de iluminância serão compatíveis para estabelecer um balizamento das passagens e áreas de circulação, mantendo um nível mínimo de iluminância que possibilite a circulação e, principalmente, a saída de pessoal dos locais de menor segurança.

Poderão ser empregados sistemas autônomos de iluminação de emergência, compostos por alojamento, carregador, bateria de níquel cádmio, inversor e lâmpadas fluorescentes compactas.

12.11.12.3. Tomadas

A seguir estão definidos os tipos de tomadas a serem empregadas e instaladas onde necessário:

- Tomadas monofásicas, tipo universal, 16 A, 220 Vca, 60 Hz, 2 polos + terra, instaladas a 0,30 m do piso acabado nas galerias elétricas;
- Conjunto de tomadas montado em caixa de material plástico resistente, composto por uma tomada monofásica, tipo universal, 16 A, 220 Vca, 60 Hz, 2 polos + terra, e uma tomada trifásica, 30 A, 380 Vca, 60 Hz, 3 polos + terra, instalado a 0,90 m do piso das unidades geradoras;
- Conjunto de tomadas em caixa de alumínio com tampa mola, composto por uma tomada monofásica, tipo universal, 16 A, 220 Vca, 60Hz, 2 polos + terra, e uma tomada trifásica, 30 A, 380 Vca, 60 Hz, 3 polos + terra, instalado a 0,90 m do piso acabado em áreas externas;
- Tomadas trifásicas, 60 A, 380 Vca, 60 Hz, 3 polos + terra, instaladas a 0,90 m do piso das unidades geradoras, área de montagem, pátio da subestação e na tomada d'água.

As tomadas para uso externo serão apropriadas para tal, com blindagem em caixa de alumínio fundido com tampa mola e vedação.

Aquelas destinadas a áreas internas serão instaladas em caixas de ligação aparentes em alumínio, instaladas diretamente em parede.

12.11.13. Sistema de Vias Para Cabos e Condutores

12.11.13.1. Sistema de Vias Para Cabos

O projeto do sistema de vias de cabos será executado numa fase inicial do projeto da obra, permitindo, assim, que sejam tomadas as devidas providências, como a inclusão no projeto civil de blackouts, canaletas, eletrodutos embutidos, perfilados embutidos, etc.

Os cabos serão instalados em leitos metálicos, em canaletas, em eletrodutos, em bancos de dutos ou em galerias.

Os leitos para cabos ou bandejas serão utilizados extensivamente em toda Usina, principalmente na casa de força, fixadas em perfilados embutidos nas paredes, teto e no fundo de canaletas.

Os eletrodutos rígidos serão utilizados, em sua maioria, para instalação dos circuitos de iluminação, telefonia e na derivação a partir dos leitos para os equipamentos de controle, instrumentação e na alimentação de motores. Nos casos em que os equipamentos estiverem sujeitos a vibração serão utilizados eletrodutos flexíveis.

As dimensões das canaletas e galerias serão definidas conforme a necessidade, sendo que as mesmas deverão possuir sistema de drenagem.

Os bancos de dutos deverão ser envelopados em concreto, quando em áreas sujeitas a trânsito de veículos, ou areia, utilizando-se eletrodutos rígidos ou flexíveis, respectivamente, adequadamente espaçados, devendo proporcionar a segregação dos circuitos de diferente natureza, o mesmo ocorrendo com as caixas de passagem.

Na sala de controle poderá ser utilizado piso elevado e, neste caso, as vias de cabos deverão ser constituídas de leitos, eletrocalhas ou eletrodutos aparentes.

O sistema de vias de cabos no pátio da subestação será composto de canaletas e eletrodutos, convenientemente distribuídos em toda a área da subestação.

12.11.13.2. Condutores

No dimensionamento da seção dos cabos para iluminação serão considerados queda de tensão máxima, conforme norma NBR-5410, os critérios de capacidade de condução de corrente, de curto circuito e o de coordenação com a proteção.

Para instalação em eletrodutos, serão utilizados cabos com isolamento de 750 V e para instalação em canaletas e leitos 0,6/1 kV.

A seção mínima dos condutores a ser empregada será de 2,5 mm².

12.11.14. Sistema de Aterramento e de Proteção Contra Descargas Atmosféricas

O sistema será concebido de tal modo que atenda, primordialmente, às seguintes finalidades:

- Estabelecer uma ligação entre a terra e as carcaças de equipamentos, cubículos, estruturas metálicas, etc., visando a proteção de pessoas durante a ocorrência de uma falta de fase para terra;
- Possibilitar uma baixa resistência de aterramento para os sistemas elétricos, contribuindo para um melhor desempenho dos relés de terra;
- Propiciar um controle adequado das tensões de passo e de toque, na subestação, durante os curtos-circuitos fase-terra;
- Oferecer proteção contra as descargas diretas de origem atmosférica, seu escoamento e a equalização de potencial, garantindo a integridade das instalações e equipamentos, bem como a segurança pessoal. O SPDA será projetado conforme norma NBR-5419, na sua última revisão.

A fim de superar as dificuldades causadas pela alta resistividade do terreno e atingir as finalidades do sistema de aterramento, o mesmo deverá contar, basicamente, dos seguintes componentes:

- Malhas de aterramento embutidas e de conexão de estruturas e equipamentos na Casa de Força, na Tomada d' Água e no Vertedouro;
- Malha de aterramento da subestação;
- Malha auxiliar (se necessário);
- Condutores de interligação entre malhas.

Além de suportar as correntes de curto-circuito, os cabos deverão ser robustos o bastante para não sofrerem danos, devido a eventuais ações mecânicas que possam ocorrer durante a construção ou durante a vida útil dos mesmos. Deste modo, os cabos das malhas enterradas ou embutidas terão seção mínima de 95 mm².

Os cabos das derivações para aterramento dos equipamentos e estruturas serão dimensionados também para suportarem a corrente de curto-circuito a que ficarão expostos. A seção mínima recomendável para estes cabos, por razões mecânicas, é 35 mm².

Todas as emendas, junções ou conexões inacessíveis (embutidas no concreto ou enterradas) deverão ser feitas, exclusivamente, por soldas exotérmicas.

As conexões acessíveis serão feitas por meio de conectores aparafusados. No percurso exposto dos cabos de aterramento, os mesmos deverão ser presos firmemente às estruturas e/ou equipamentos, por meio de conectores adicionais e/ou braçadeiras, em quantidades adequadas, de acordo com o comprimento do cabo.

12.11.15. Subestação Elevadora

A subestação de 34,5 kV da usina terá configuração de barras simples, conforme mostrado no desenho de arranjo geral incluído no volume de desenhos deste relatório (*Ilustração 65*).

A subestação será constituída de um vão de transformação, um vão de saída de linha de transmissão em 34,5 kV para a subestação da PCH SU-118, e um vão de saída de linha em 34,5 kV para a subestação da PCH SU-93.

A tensão de transmissão de 34,5 kV é a utilizada pela distribuidora na região, assim como os equipamentos de alta tensão da subestação como transformador elevador, disjuntor, chave seccionadora, transformadores de medição e pára-raios.

A alimentação do transformador será realizada através de cabos isolados de 6,9 kV, provenientes das unidades geradoras passando pelo conjunto de cubículos

Os equipamentos de alta tensão serão de classe de isolamento 36 kV, próprios para instalação ao ar livre, categoria adequada para sistemas de transmissão.

Os disjuntores serão de acionamento tripolar, isolamento interno e câmara de extinção a gás, trifásico montado sobre estrutura metálica.

As chaves seccionadoras serão de abertura vertical, enquanto as com função by-pass serão de abertura horizontal. As chaves seccionadoras de linha adicionalmente serão equipadas com lâmina de aterramento.

Os transformadores de corrente e de potencial serão especificados com núcleos de categoria para proteção, dando cobertura à medição, inclusive faturamento.

As distâncias entre equipamentos no pátio e o dimensionamento das vias internas possibilitam o acesso aos equipamentos e o trânsito de pessoas e veículos para montagem, manutenção e ensaios.

Os sistemas de serviços auxiliares da subestação serão dispostos nos quadros de distribuição QDA-SE e QDC-SE, e serão localizados junto à área de montagem.

A proteção da subestação e das linhas de transmissão será disposta nos painéis de controle e proteção PCP-TE e PCP-LT, localizados junto à sala de controle.

Os barramentos e condutores serão dimensionados para operar na potência máxima de transmissão sem atingir o limite térmico, nas condições mais adversas que possam ocorrer, com capacidade para suportar o curto circuito do Sistema Interligado pelo tempo mais longo de atuação das proteções.

As instalações da subestação, além das obras e estruturas civis, compreenderão estruturas metálicas ou estruturas de concreto pré-formado de suporte dos equipamentos, condutores aéreos do barramento, isoladores de ancoragem, condutores e conectores dos barramentos e elementos anti-corona.

Toda a área da subestação terá instalações de aterramento, iluminação, canaletas e dutos de distribuição de cabos de força e de controle.

A subestação será protegida contra descargas de origem atmosférica e sobretensões por surtos de tensão por um sistema de cabos pára-raios e blindagens contra surtos.

As características principais da subestação na fase do projeto básico da usina estão indicadas em seguida.

- Potência nominal do sistema de barras 17,5 MVA
- Configuração de barra Simples
- Tipo de disjuntor Extinção e isolamento a gás SF6
- Quantidade de disjuntor 3
- Quantidade de seccionadores 7
- Tipo da chave seccionadora de linha Abertura vertical
- Transformadores de corrente 9
- Transformadores de potencial 9
- Para-raios tipo estação 9

12.11.16. Linha de Transmissão

O traçado preliminar da Linha de Transmissão será conforme o mostrado na **Ilustração 66**, onde a inserção da energia gerada no Sistema Elétrico será feita na SE Manobra Sapezal, da Energisa MT, passando pela subestação da PCH SU-93, por meio de uma linha de transmissão em 34,5 kV, circuito simples, com aproximadamente 5 km de extensão.

Os critérios para a definição dos parâmetros da linha de transmissão na fase do projeto deverão ser os utilizados pela distribuidora local, coincidindo com os usuais das linhas de transmissão da Energisa MT para conexão neste nível de potência de geração. Deverão ser contemplados os requisitos indicados em seguida para condições de tempo bom:

- Sistema de proteção adequado ao fluxo de potência;
- Potência máxima transmitida de 17,5 MVA sob fator de potência 0,90, compatível com a potência aparente da usina;
- Garantia de preservação do limite térmico dos condutores e isoladores, mesmo com temperatura ambiente máxima e velocidade de ar mínima;
- Capacidade de suportar o curto circuito do Sistema Interligado pelo tempo regulado de atuação das proteções.

O resumo dos critérios básicos para o projeto da linha de transmissão são os seguintes:

- Comprimento 5 km
- Tensão nominal de isolamento 34,5 kV
- Configuração Trifásica com circuito simples
- Potência máxima transmitida 17,5 MVA
- Corrente nominal 293 A
- Tipo de condutores aéreos 336,4 MCM

13. INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA DE ABASTECIMENTO

Neste capítulo serão apresentados os principais aspectos referentes à infraestrutura e logística de abastecimento para construção do empreendimento.

13.1. Localização e Principais Acessos ao Sítio

O aproveitamento hidrelétrico deverá ser implantado em área do município de Sapezal, localizado no estado de Mato Grosso.

Para acesso ao local previsto para construção da usina, devem ser percorridos, a partir da cidade de Cuiabá, aproximadamente 595 km (acesso ao sítio pela margem esquerda do rio), transitando-se por rodovias federais e estaduais, além de estradas de acesso às fazendas da região, denominadas aqui vicinais.

O Item 2.4 deste relatório apresenta a localização da área definida para construção da usina e suas principais rotas de acesso.

13.2. Infraestrutura Disponível

As cidades mais próximas ao sítio previsto para implantação da PCH são:

- Sapezal/MT, localizada a 95 km do sítio (distância aproximada), com aproximadamente 26.688 habitantes (2020; estimativa IBGE);
- Campos de Júlio/MT, localizada a 155 km do sítio (distância aproximada), com aproximadamente 7.070 habitantes (2020; estimativa IBGE);
- Campo Novo do Parecis/MT, localizada a 205 km do sítio (distância aproximada), com aproximadamente 36.143 habitantes (2020; estimativa IBGE);
- Comodoro/MT, localizada a 225 km do sítio (distância aproximada), com aproximadamente 21.008 habitantes (2020; estimativa IBGE);
- Brasnorte/MT, localizada a 315 km do sítio (distância aproximada), com aproximadamente 20.140 habitantes (2020; estimativa IBGE);
- Vilhena/RO, localizada a 345 km do sítio (distância aproximada), com aproximadamente 102.211 habitantes (2020; estimativa IBGE).

Dessa forma, pode-se concluir que essas cidades não estão próximas o suficiente da área da futura obra para lhe oferecer algum tipo de apoio direto.

As obras de infraestrutura têm como objetivo principal dar suporte à construção do aproveitamento de acordo com o cronograma estabelecido em projeto. O local de implantação da usina não possui infraestrutura estabelecida, sendo seu acesso local, como já descrito, previsto por caminhos internos das propriedades rurais da região.

No âmbito da obra deverão ser projetados e construídos os acessos aos locais de implantação das estruturas do empreendimento, levando-se em consideração as frentes de serviço, as dependências administrativas e o canteiro de obras.

Em adição, deverá ser prevista a construção do canteiro de obras, com suas instalações administrativas e industriais, tais como almoxarifado, escritórios e central de concreto.

O fato de não se ter infraestrutura pré-estabelecida próxima ao local da futura obra exigirá a construção de alojamentos para mão de obra e também para a equipe técnica especializada (engenheiros, consultores, entre outros).

Especial atenção deverá ser dada ao projeto e à construção do ambulatório do canteiro de obras, pois, em caso de necessidade, as distâncias a serem percorridas serão grandes e o tempo poderá não ser suficiente para o socorro de uma eventual vítima.

13.3. Logística para as Obras

A logística é a área da gestão responsável por prover recursos, equipamentos e informações para a execução de todas as atividades de uma obra. Entre as atividades da logística está o transporte, a movimentação de materiais, o armazenamento, a produção de materiais de construção e gerenciamento de informações.

Em termos quantitativos, uma parte dos materiais de construção e de consumo poderá ser adquirida diretamente nos municípios localizados mais próximos ao local da futura obra.

Cabe aqui ressaltar que o local previsto para implantação da usina fica distante de centros urbanos, não sendo seu acesso muito simples, o que deverá exigir um planejamento mais criterioso para a compra de insumos da obra e manutenção do canteiro/alojamentos.

Os principais materiais a serem transportados para a obra são o cimento, os produtos siderúrgicos, tais como chapas, perfis e barras de aço para construção e os diversos equipamentos eletromecânicos da usina.

As alternativas mais próximas para o fornecimento de cimento ao canteiro de obras são fábricas da indústria VOTORANTIM:

(1) VOTORANTIM

Nobres/MT
Rodovia BR-163/364, Km 480,5;
Pinhal – CEP: 78.460-000
www.votorantimcimentos.com.br
Fone: (65) 3376-4417
Distante aproximadamente 485 km do sítio da usina;
Marca: ITAÚ
Tipos: CP II-Z 32 e CP IV 32RS
Coordenadas Geográficas: 14°38'27,32" (Sul) e 56°16'41,62" (Oeste).

(2) VOTORANTIM

Cuiabá/MT
Rodovia MT-401, Km 14,4 – Zona Rural, Fazenda Bela Vista, Distrito do Aguaçu;
Cuiabá – CEP: 78.018-000
www.votorantimcimentos.com.br
Fone: (65) 3637-6766
Distante aproximadamente 615 km do sítio da usina;
Marca: ITAÚ
Tipos: CP II-Z 32 e CP IV 32RS
Coordenadas Geográficas: 15°20'22,54" (Sul) e 56°08'37,99" (Oeste).

A Figura 13-1 apresenta imagens aéreas das áreas dessas duas fábricas de cimento da empresa Votorantim, obtidas a partir do Google Earth.



Figura 13-1: Fábricas de cimento Votorantim (Nobres e Cuiabá) (Fonte: Google Earth)

Para o suprimento de produtos siderúrgicos, as indústrias mais próximas do local da obra estão a uma distância aproximada de 2.000 km (ARCELORMITTAL Aços Longos – Piracicaba/SP; GERDAU Aços Longos – Divinópolis/MG e SINOBRAS Siderúrgica Norte Brasil S.A. – Marabá/PA).

De forma complementar, os produtos siderúrgicos poderão ser obtidos a partir dos estados de Minas Gerais, São Paulo e Paraná, indicando, nesses casos, como potencial fornecedor para a obra as indústrias de aços GERDAU, que possui duas lojas no estado do Mato Grosso, uma na cidade de Cuiabá e outra na cidade de Sinop.

O transporte do cimento e dos produtos siderúrgicos deverá ser feito por via rodoviária até o local do aproveitamento, transitando-se por rodovias federais e estaduais pavimentadas e por estradas de acesso às fazendas da região.

Cabe ressaltar que esses acessos internos deverão passar por substanciais reformas, para oferecerem condições adequadas ao tipo do tráfego que será exigido durante a execução da obra.

Os equipamentos eletromecânicos poderão ser adquiridos a partir do parque industrial de São Paulo, Santa Catarina ou Paraná, e também serão transportados por via terrestre.

A implantação das obras da PCH, tomando-se por base as informações disponíveis, os dados de projeto, os materiais de construção e os estudos de planejamento desenvolvidos, requer recursos convencionais, tanto dos equipamentos quanto de mão-de-obra para o desenvolvimento dos trabalhos das obras civis, e de fácil mobilização.

Quanto à rocha para produção de agregados de concreto, os ensaios realizados durante a execução das investigações geológico-geotécnicas no sítio do aproveitamento indicaram que o produto das escavações obrigatórias será inadequado para implantação das estruturas. De forma alternativa, deverá ser prevista a utilização de pedreiras comerciais e/ou de jazidas a serem oportunamente mapeadas e exploradas.

A areia natural, necessária para complementar o traço de concreto, poderá ser adquirida direto da cidade de Campo Novo do Parecis. Em caso de insuficiência no fornecimento, as cidades São José do Rio Claro e Brasnorte devem ser consideradas.

Onde possível e a critério do empreiteiro, desde que previamente aprovado pela empresa responsável pelo Projeto Executivo, poderão ser utilizadas peças em concreto pré-moldado.

A energia elétrica utilizada para a construção das obras será obtida por meio de geradores portáteis movidos a óleo diesel e ou por meio de suprimento do sistema elétrico de baixa tensão (13,8 kV) existente na região.

A água necessária para abastecimento dos canteiros será proveniente de poços profundos. Caso sejam necessárias, serão previstas estações de tratamento de água (ETA) compactas para tratamento da água não industrial.

Especial atenção será dada à coleta e ao tratamento das águas servidas, visando impedir a poluição do rio Sauê-Uiná por dejetos industriais ou residenciais.

As estradas de serviço serão encascalhadas e regadas periodicamente, impedindo, deste modo, a formação prejudicial de nuvens de poeira causada pelo tráfego.

Com base no volume de trabalho necessário à implantação das obras e na experiência em obras anteriores, estima-se que o número de trabalhadores envolvidos na construção será da ordem de 250 pessoas no período máximo e 50 pessoas no período mínimo.

13.4. Canteiros e Acampamentos

Em princípio, canteiros de obras e alojamentos para construção de empreendimentos do porte de usinas hidrelétricas deverão ser construídos próximos à área de maior concentração de obras e com topografia o menos acidentada possível.

No caso específico da PCH em estudo, o canteiro de obras deverá ser construído próximo à área definida para implantação da maior parte das obras de concreto, na margem esquerda do rio.

A **Ilustração 19** apresenta a disposição geral de parte das obras da usina com a localização do canteiro de obras principal e seus alojamentos.

O canteiro será implantado em área do município de Sapezal, na margem esquerda do rio Sauê-Uiná, e será formado pelas seguintes unidades principais, agrupadas em conjuntos separados de edificações. Cumpre aqui informar que a numeração entre parênteses se refere à identificação da edificação na **Ilustração 19**.

- Escritório de serviços gerais (administração) – edificação em madeira destinada aos serviços de recursos humanos, recrutamento, segurança do trabalho e transporte (12);
- Ambulatório médico – prédio em madeira/alvenaria (13);
- Refeitório central/cozinha industrial – ambos instalados em uma mesma edificação (14);
- Alojamentos/sanitários – blocos de alojamentos construídos em madeira, em formato retangular com sanitários coletivos posicionados entre os blocos de alojamento (16), (17) e (18);
- Lavanderia – área coberta, localizada próximo aos alojamentos, dotada de tanques e, eventualmente, máquinas, para lavagem de roupas de uso pessoal ou de serviço, dos funcionários alojados (19);
- Sistema compacto de filtros para tratamento de água – destinado ao tratamento de água dos canteiros, para utilização humana nos escritórios, alojamentos, sanitários e refeitórios (33);
- Captação e reservatório de água bruta – sistemas dotados de flutuantes, bombas d’água e redes. Destinam-se à captação de água de poços subterrâneos para abastecimento de reservatório elevado, para utilização doméstica e industrial nos serviços de corte, produção e cura do concreto, lavagem de equipamentos, materiais (33);
- Balança rodoviária – balança com guarita de controle, destinada a aferição de pesos dos materiais e insumos a serem utilizados na construção, tais como: cimento, aço, equipamentos etc., locada em área terraplenada com drenagem superficial (09);
- Portaria – guarita localizada próxima aos acessos das áreas de construção, com vigilância para controle de acesso de pessoas e veículos aos canteiros de obra, bem como controle de entrada e saída de materiais (01);
- Oficina mecânica – composta de oficina destinada à manutenção dos equipamentos leves e pesados, funilaria, reparos e pintura, instalações elétricas de equipamentos e fabricação dos embutidos metálicos do concreto de primeiro estágio, e de galpão coberto, construído em estrutura metálica, onde serão instaladas as máquinas e acessórios tais como: furadeira de coluna e radial, tornos mecânicos, plaina, serra hidráulica, prensas, calandra, talhas, máquinas de solda elétrica, máquina de dobrar tubos, e ferramentaria (24);
- Almojarifado/compras – instalado sob a cobertura em estrutura metálica e ou alvenaria/madeira, para abrigar escritórios de compra/romaneio e estocagem de materiais, peças e insumos (26);
- Borracharia/lubrificação/lavador – composta de oficina destinada a reparos, montagem e manutenção de pneus, lubrificação e lavagem dos equipamentos e veículos leves e pesados em serviço no canteiro de obra, e de galpão coberto, construído em estrutura metálica, onde serão instaladas as máquinas e acessórios tais como: máquina de montar pneus, compressores, calibradores e depósito de pneus. A rampa de lubrificação e lavagem não terá cobertura (23) e (30);

- Central de armação – composta de oficina destinada ao corte, dobra, emendas, pré-armação e identificação das barras de aço estruturais que serão incorporadas às estruturas de concreto, e de galpão coberto, construído em estrutura metálica, onde serão instaladas as máquinas e acessórios tais como: baias para estocagem de barras de aço, mesas para corte de barras e máquinas de dobrar, máquina para solda de topo, máquinas de soldas convencionais. Poderá ser provida de guindaste para apoio conjunto à central de carpintaria e ao pátio de pré-moldados (28);
- Central de carpintaria – composta de oficina, destinada à confecção e preparo de formas de madeira/metálica para moldagem das geometrias finais das estruturas de concreto, e de galpão coberto para instalação das máquinas e acessórios tradicionalmente utilizados para os trabalhos de carpintaria, tais como serra de fita/circular, desengrosso, plaina, lixadeiras, furadeiras, tupia, bancada, prancheta, para pré-montagem de formas. Poderá ser provida de guindaste para apoio conjunto à central de armação e ao pátio de pré-moldados (27);
- Escritórios de campo (produção) – edificações em madeira ou containers metálicos, destinadas ao pessoal de gerenciamento das frentes de serviços (12);
- Laboratório de concreto e solos – edificação coberta destinada à realização de ensaios de traços de concreto e solos, equipado com os seguintes equipamentos: betoneira portátil, prensas hidráulicas para rompimento de corpo de prova de concreto e barras de aço, balança para dosagem de agregados graúdos e miúdos, câmara úmida para cura de corpo de prova, baias para estocagem de pequenos volumes de areia, brita e cimento (08);
- Central de concreto – instalações industriais, posicionadas em áreas descobertas, destinada à fabricação de concreto nos traços previamente ensaiados em laboratórios, composta dos seguintes componentes: sala de controle, silos de cimento e aditivos, dosadora de agregados graúdos e miúdos com balança (areia, britas e cimento), misturadores com descargas automáticas para caminhões betoneiras e/ou “dumpcrete” (05);
- Central de ar comprimido – galpão coberto, com piso cimentado, fechada lateralmente com venezianas de madeira, destinado ao abrigo dos compressores de ar comprimido fixos, de grande capacidade, para abastecimento de centrais, oficinas e de frentes de serviços dotadas de equipamentos pneumáticos (24).

De forma complementar, o canteiro de obras ainda contém as seguintes instalações: estacionamento (31), posto de abastecimento (11), tanque de combustíveis (22), banheiros industriais (29), subestação (20), grupos geradores (21), elétrica/bombeamento/embutidos/oficina industrial (25), depósito de resíduos (10), estoque de brita (06), estoque de areia (07), torre de telecomunicações (02), depósito de cimento (03) e (04), estação compacta de tratamento de esgotos (32) e centro de convivência (15).

14. CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO

A PCH SU-104 deverá ser construída em 22 meses, com os seguintes marcos principais:

- Início efetivo das obras abril do Ano 01
- Desvio do rio maio do Ano 02
- Início do enchimento do reservatório novembro do Ano 02
- Entrada em operação comercial da 1ª unidade janeiro do Ano 02
- Entrada em operação comercial da 2ª unidade fevereiro do Ano 03

A **Ilustração 67** apresenta, de forma sucinta, o cronograma das principais atividades a serem desenvolvidas.

De posse do cronograma físico-financeiro, com os respectivos desembolsos mensais, foram estimados os juros durante a construção (JDC) do aproveitamento, que valeram **9,57%**, inseridos no Orçamento Padrão Eletrobrás – OPE.

As figuras seguintes apresentam os histogramas de consumo de concreto, escavações obrigatórias e de aterro para a execução do empreendimento.

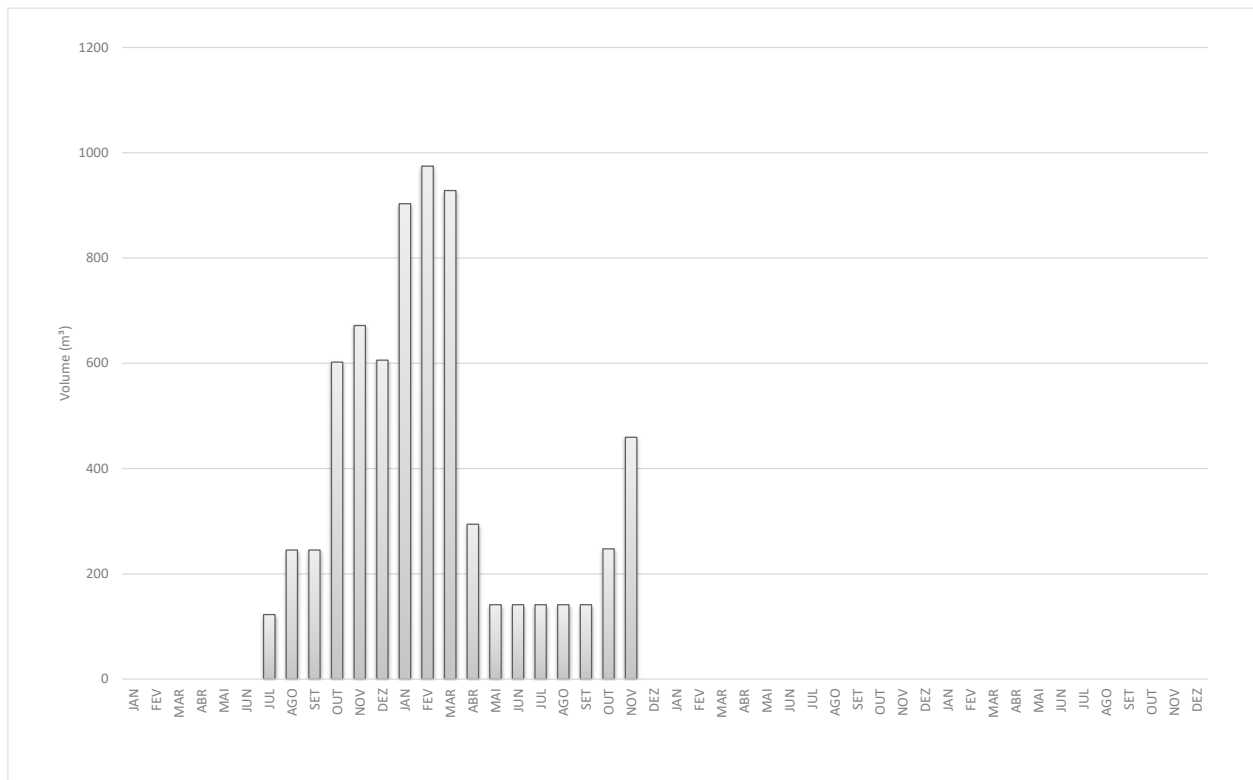


Figura 14-1: Histograma de consumo de concreto estrutural

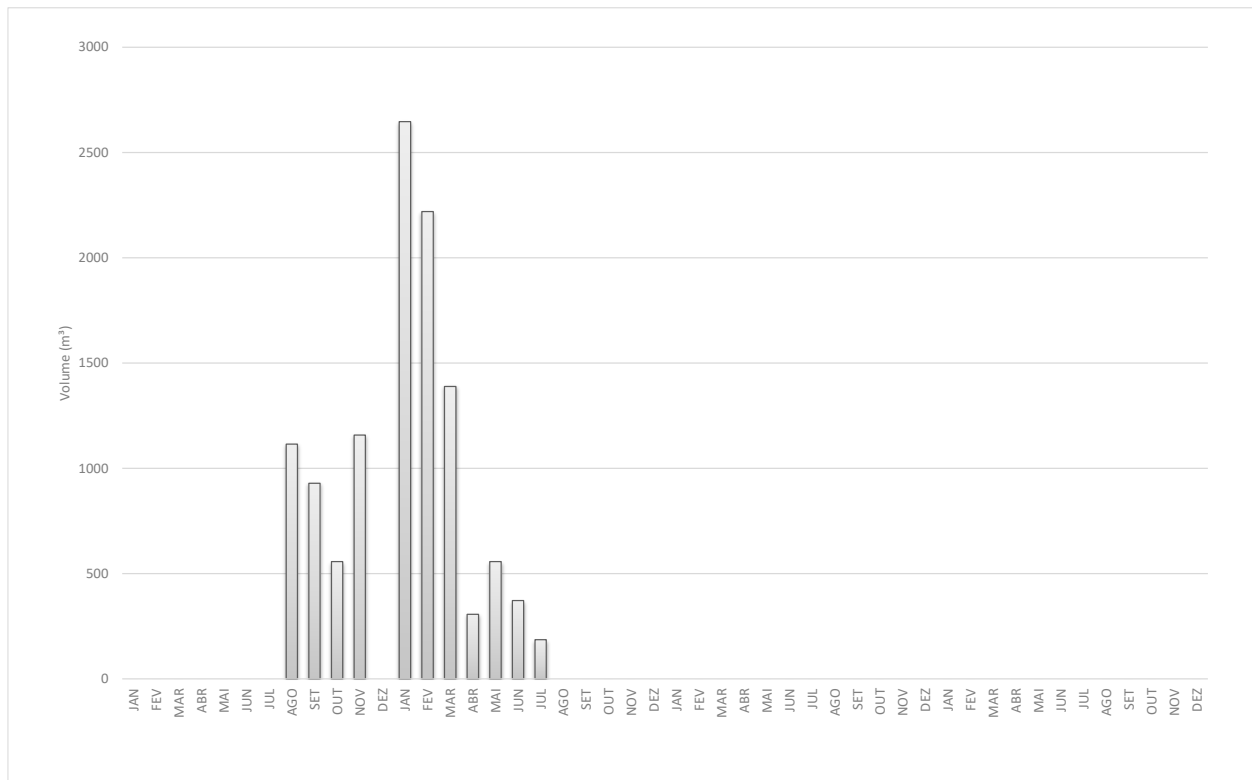


Figura 14-2: Histograma de consumo de concreto massa

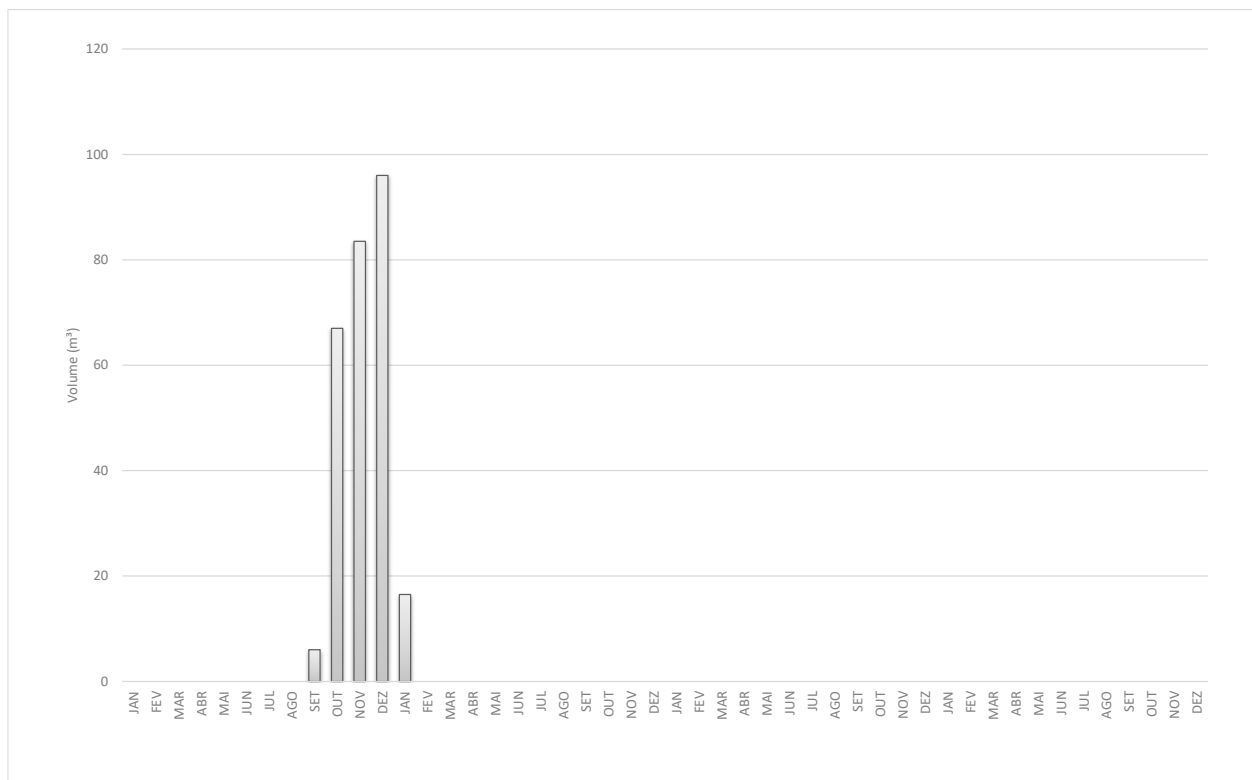


Figura 14-3: Histograma de consumo de concreto projetado

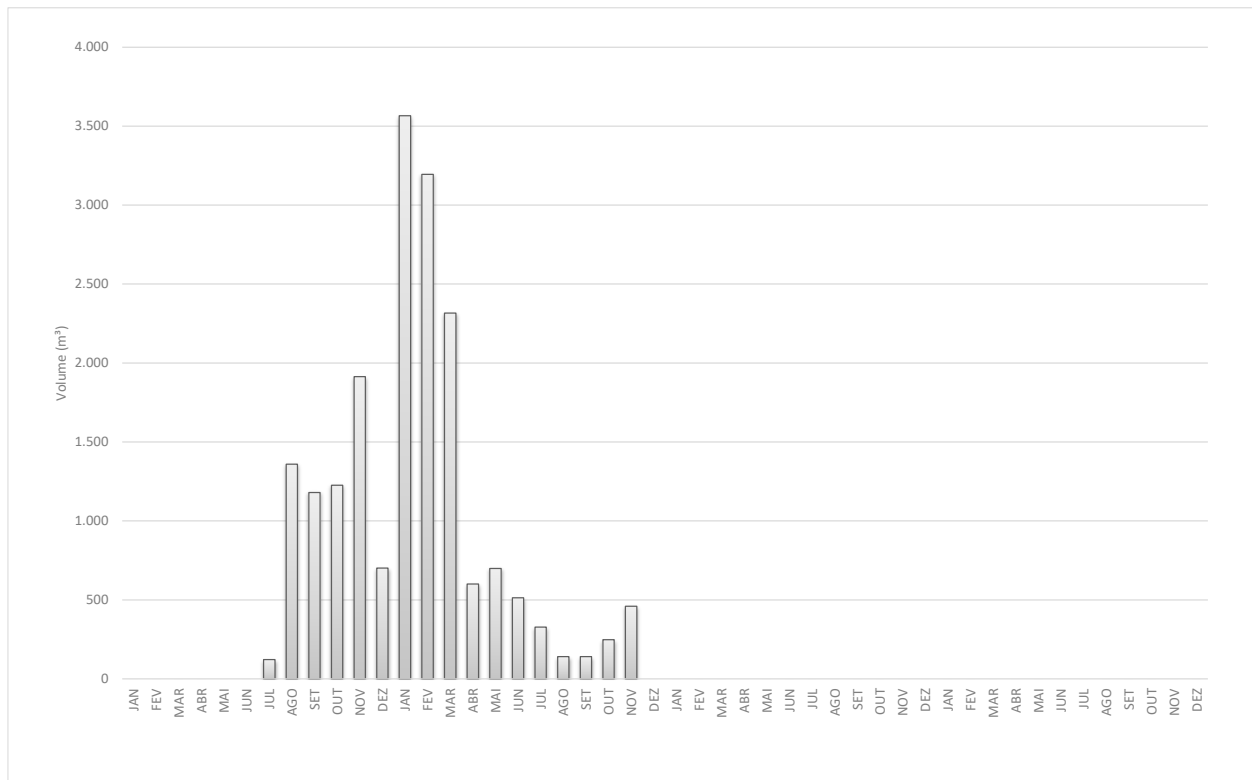


Figura 14-4: Histograma de consumo de concreto (total)

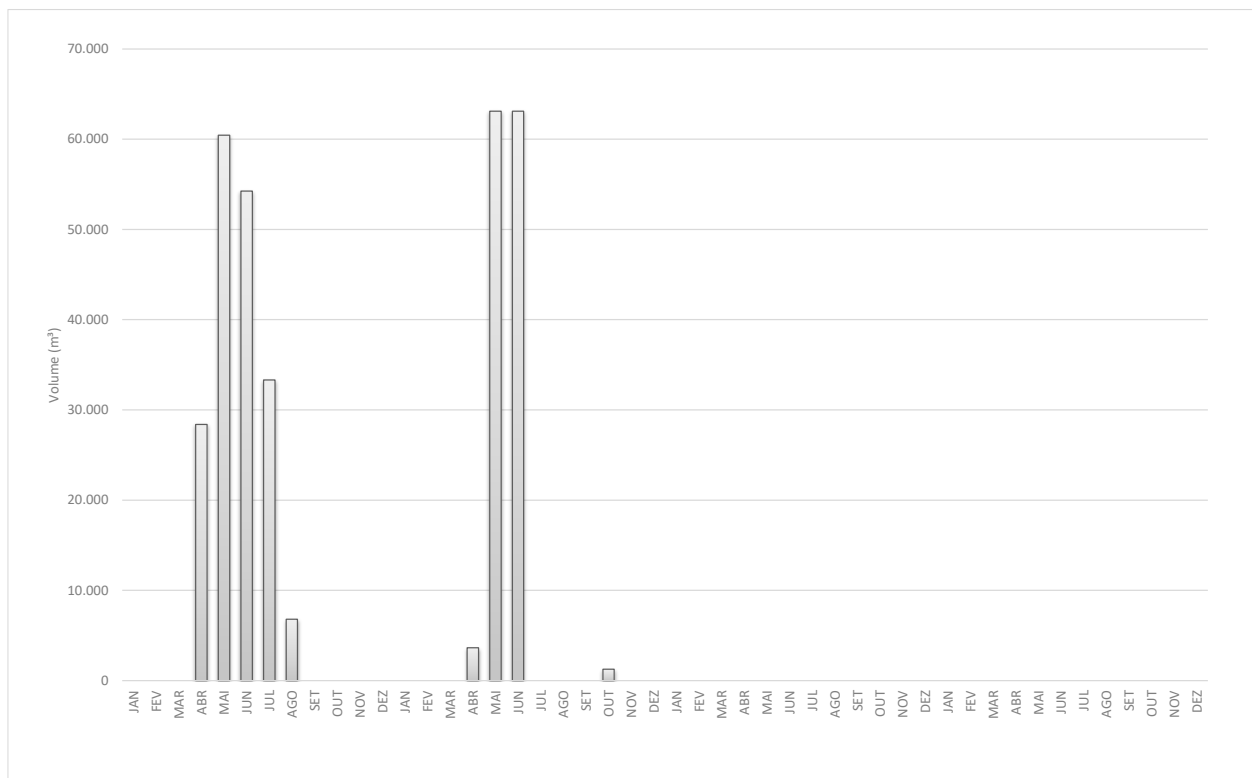


Figura 14-5: Histograma de escavação comum

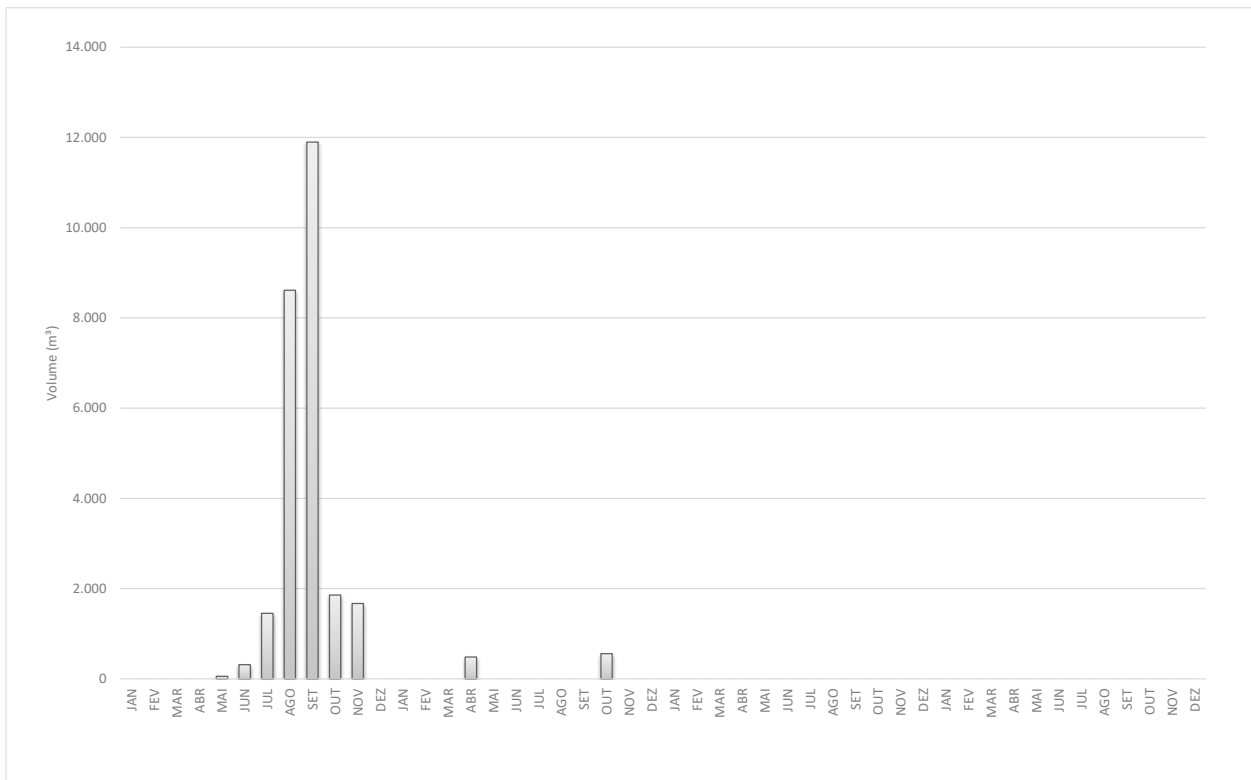


Figura 14-6: Histograma de escavação em rocha a céu aberto

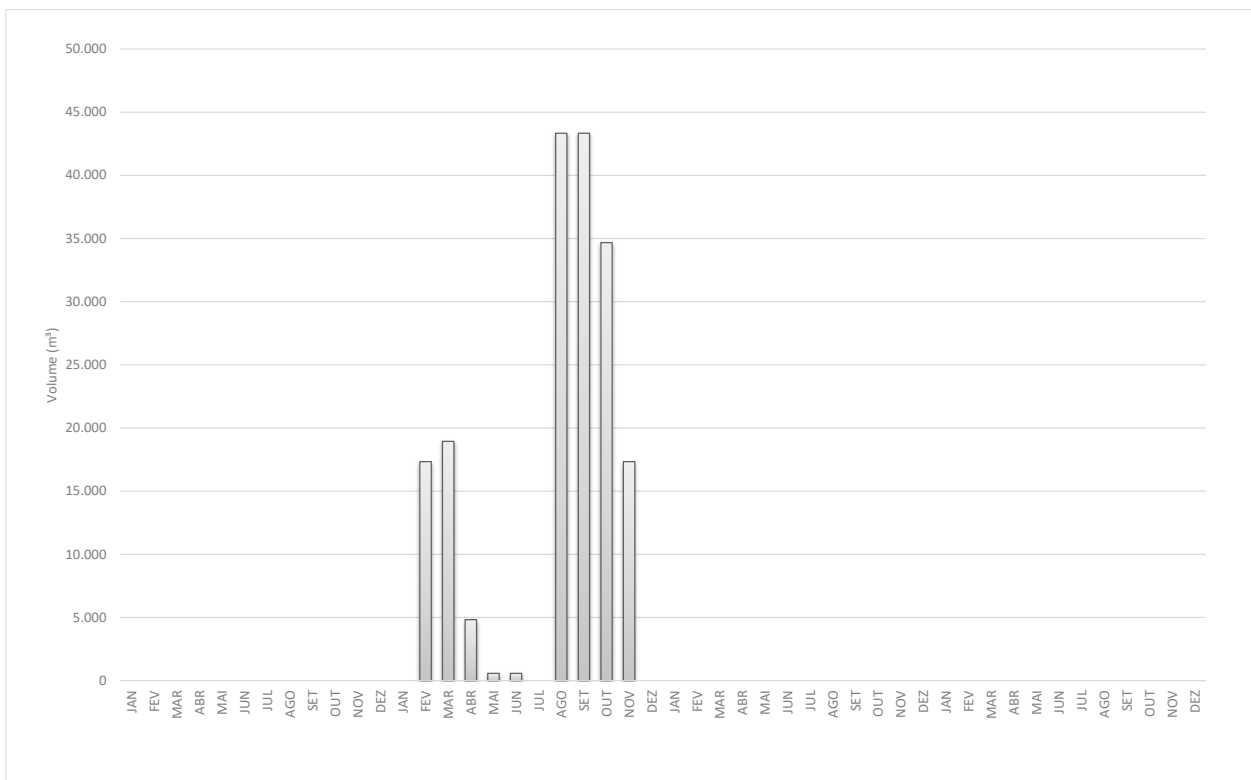


Figura 14-7: Histograma de aterro

15. ORÇAMENTO PADRÃO ELETROBRÁS

O custo de implantação da PCH SU-104 foi determinado com a aplicação de preços unitários de materiais, serviços e equipamentos necessários à implantação do aproveitamento, de acordo com o Plano de Contas dos Orçamentos Padrão ELETROBRÁS.

Os preços unitários de obras civis, custos de equipamentos, custos indiretos e eventuais tiveram seus critérios apresentados no Capítulo 8.

Os Juros Durante a Construção foram estimados a partir do cronograma de desembolsos previstos para a construção do empreendimento, considerando-se o período de 21 meses para o início da geração comercial.

A Tabela 15-1 apresenta o resumo das quantidades de obras civis levantadas para a composição do orçamento final do empreendimento.

Tabela 15-1: Resumo das quantidades (obras civis)

Item	Quantidade	Un.
Concreto estrutural + Concreto massa	20.473	m³
Cimento	5.831	t
Concreto sem cimento (estrutural)	7.005	m ³
Concreto massa	13.170	m ³
Concreto projetado	298	
Armadura	430	t
Escavação	341.165	
Comum	314.265	m ³
Em rocha a céu aberto	26.900	m ³
Aterro	180.945	m³

Para a implantação do aproveitamento será necessário um volume de concreto total da ordem de 20.000 m³, com uma relação de aproximadamente 3.000 m³/MW instalado, considerada elevada para o porte do empreendimento.

Destaca-se que o volume de concreto convencional, com custo mais elevado, será de aproximadamente 7.000 m³ (35% do volume total), concentrados nas obras do circuito de adução. O volume de concreto massa, da ordem de 13.000 m³ estará concentrado na barragem de concreto e muros de ligação (50% do volume) e vertedouro (45% do volume de concreto massa).

Os volumes de escavação em solo se mostraram elevados, estando mais concentrados na barragem de terra e no vertedouro.

Já os volumes de escavação em rocha foram de pequena monta, uma vez que as cotas das fundações se mostraram muito profundas.

Por fim, o volume de aterros também foi elevado, em função da solução em barragem de terra.

A Tabela 15-2 apresenta o resumo do OPE gerado para a PCH SU-104, contendo os custos de todas as contas envolvidas, formando o custo direto, os custos indiretos, os juros durante a construção e o custo total da obra.

Consideraram-se também os custos das obras da subestação e linha de transmissão.

Tabela 15-2: OPE – Resumo das Contas

Conta	Valor (R\$ $\times 10^3$)	Valor (US\$ $\times 10^3$)	% do Custo Direto	% do Custo Total
.10	5.587,35	1.074,49	9,04%	6,65%
.11	7.244,81	1.393,23	11,72%	8,62%
.12	32.264,47	6.204,71	52,19%	38,39%
.13	11.599,45	2.230,66	18,76%	13,80%
.14	3.871,39	744,50	6,26%	4,61%
.15	1.257,09	241,75	2,03%	1,50%
.16				
Custo Direto	61.824,56	11.889,34	100,00%	73,55%
Custos Indiretos	7.570,63	1.455,89	12,25%	9,01%
Custo Total sem Juros (Usina)	69.395,19	13.345,23		82,56%
Subestação + Conexão	7.315,76	1.406,88		8,70%
Custo Total sem Juros (sem SE e LT)	76.710,95	14.752,11		91,27%
JDC	7.341,24	1.411,78		8,73%
Custo Total da Usina	84.052,19	16.163,88		

Os custos também podem ser divididos da seguinte forma:

Obras Cíveis:	36.686,44	43,65%
Equipamentos Eletromecânicos:	19.550,77	23,26%
Meio Ambiente:	5.587,35	6,65%
Outros Custos:		
Custo Direto Total:	61.824,56	73,55%
Custos Indiretos:	7.570,63	9,01%
Custo Total sem JDC (Usina):	69.395,19	82,56%
Sistema de Transmissão Associado:	7.315,76	8,70%
Custo Total sem JDC (Usina + SE + Conexão):	76.710,95	91,27%
Juros Durante a Construção – JDC:	7.341,24	8,73%
Custo Total com JDC e Sistema de Transmissão:	84.052,19	

O Orçamento Padrão ELETROBRÁS (OPE) da PCH SU-104 é apresentado no Capítulo 20 deste relatório.

16. AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA DO EMPREENDIMENTO

A inclusão na matriz energética nacional da PCH SU-104, como fonte de geração de energia limpa, vem ao encontro das demandas por energia, atendendo, por consequência, aos requisitos básicos para a sustentação dos processos de crescimento e modernização da produção na região.

O arranjo geral do aproveitamento e as estruturas que o compõem correspondem a soluções convencionais de engenharia civil, empregadas em obras desta natureza no Brasil. Da mesma forma, os equipamentos eletromecânicos projetados possuem características amplamente dominadas na fabricação, transporte, operação e manutenção em nosso território.

O custo estimado para a implantação do aproveitamento, incluindo os juros durante a construção, foi de R\$ 84.052.190,00 (oitenta e quatro milhões, cinquenta e dois mil, cento e noventa reais), referenciados a junho de 2021. Esses custos incluem as obras da Usina, Subestação e Linha de Transmissão.

A avaliação econômica do empreendimento pode ser resumida da seguinte forma:

- Custo total da Usina, sem juros durante a construção	R\$ 69.395.190,00
- Custo do Sistema de Transmissão (SE + LT)	R\$ 7.315.760,00
- Custo total da Usina + SE + LT, sem juros durante a construção	R\$ 76.710.950,00
- Custo total com JDC.....	R\$ 84.052.190,00
- Garantia Física Estimada	5,37 MW médios
- Custo de Operação e Manutenção (O&M)	R\$ 939.070,00/ano
- Custo Total (com O&M)	R\$ 92.904.740,00
- Taxa de Juros	10% ao ano
- Período da Exploração Comercial	30 anos
- Custo Total Anual.....	R\$ 9.855.270,00
- Índice Custo/Benefício (ICB)	R\$ 209,50/MWh
- Custo Índice (potência instalada).....	R\$ 12.545/kW instalado
- Custo Índice (energia produzida).....	R\$ 15.650/kW médio

O custo para implantação do empreendimento, que tem uma expectativa de Garantia Física estimada em 5,4 MW médios, proporcionada pelos 6,7 MW instalados, resultou num índice de mérito de 210 R\$/MWh e custo de instalação de 12.550 R\$/kW.

Tendo como cenário atual tarifas no ACR para empreendimentos hidrelétricos de pequeno porte, verifica-se boa atratividade para a implantação da PCH SU-104.

Dentre as ações a serem tomadas para a viabilização do projeto, recomenda-se que sejam iniciadas as tratativas com fornecedores de equipamentos, objetivando a customização das soluções, considerando a construção do complexo com 4 usinas de mesmo porte: SU-118 (8,50 MW), SU-104 (6,70 MW), SU-93 (9,15 MW) e SU-75 (8,10 MW), totalizando 32,45 MW, com similaridade em alguns equipamentos.

Recomenda-se também o aprofundamento das campanhas de investigações geológico-geotécnicas, para subsidiar os estudos de otimização do arranjo, em conjunto com empreiteira civil, visando à simplificação da logística para as obras e dos custos unitários dos insumos.

Por fim, recomenda-se a realização de estudos junto à concessionária de energia, visando à definição e, se possível, simplificação do sistema de conexão para o complexo.

17. FICHA TÉCNICA PADRÃO ANEEL

Em anexo apresenta-se a ficha resumo da PCH, no padrão ANEEL.

18. PARTICIPANTES DOS ESTUDOS

PROJETO DE ENGENHARIA

Engº Rodrigo Gomes Otsuki	Coordenação, Responsável Técnico Geral, Estudos Hidrometeorológicos, Estudos Hidráulicos, Arranjos, Planejamento, Custos e Orçamentos
Engº Danilo Jorge Santos	Responsável Técnico Geral, Gerente de Contrato, Estudos Energéticos, Dimensionamentos Eletromecânicos e Orçamentos
Engº Edson Benjamim Barbosa Filho	Responsável Técnico Geral, Estudos Geotécnicos, Dimensionamentos, Arranjos, Custos e Orçamentos
Engº Luciano Jorge Santos	Responsável Técnico Geral, Estudos Hidráulicos, Dimensionamentos e Arranjos
Engº Celso Rubens Vareta	Estudos Hidráulicos, Geotécnicos, Planejamento, Arranjos e Custos
Engº Joaquim Roriz da Silva	Estudos Hidrometeorológicos
Geól. Paulo Guimarães	Estudos Geológicos
Engª Flávia Naves Lins	Mecânica e Utilidades
Engº Bruno Resende de Araújo	Estudos Elétricos e de Interligação
Engº Shinichi Ono	Estudos Geotécnicos
Engº Felipe Marçal Barbosa de Melo Gois	Estudos Geológicos e Geotécnicos
Engº Victor Ulysses Sousa Oliveira	Planejamento, Arranjos e Orçamentos
Engº Fernando Marçal Vieira Filho	Coordenação, Dimensionamentos, Arranjos, Custos e Orçamentos
Marina Crema	Coordenação técnica, Orçamentos, Qualidade
Proj. Eduardo Henrique Araújo Cavalcante	Arranjos
Proj. Rodrigo César de Oliveira Santos	Desenhos de Estruturas
Proj. Nayguel Andrys	Desenhos
Proj. Iata Anderson Paes de Almeida	Desenhos
Proj. Gevanildo Peixoto	Desenhos

Proj. Marcos Sirley Cardoso	Desenhos
Proj. Rudson Santos	Desenhos
LEVANTAMENTOS DE CAMPO	
SAI – Serviço Aéreos Industriais	Levantamentos cartográficos (perfilamento laser)
TOPOGEO Topografia e Geomática Ltda.	Levantamentos topográficos
NACON Sondagens	Investigações Geológico-Geotécnicas
HYDROCONSULT Hidrometria Comércio e Serviços Ltda.	Levantamentos Hidrométricos

19. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Os seguintes desenhos complementam este memorial descritivo:

Ilustração e Descrição	Número
1. Mapa de Localização e Acessos	PR267/20-DE-40021
2. Rio Sauê-Uiná – Divisão de Queda	PR267/20-DE-40022
3. Rio Sauê-Uiná – Perfil de Linha d'Água	PR267/20-DE-40023
4. Bacia Hidrográfica do Rio Sauê-Uiná	PR267/20-DE-40024
5. Localização dos Postos Fluviométricos	PR267/20-DE-40025
6. Mapa de Isoietas	PR267/20-DE-40026
7. Características Climatológicas	PR267/20-DE-40027
8. Características do Escoamento Fluvial	PR267/20-DE-40028
9. Mapa Geológico Regional	PR267/20-DE-40029
10. Mapa Geomorfológico Regional	PR267/20-DE-40030
11. Levantamento Planialtimétrico – Fl. 1/4	PR267/20-DE-40031
12. Levantamento Planialtimétrico – Fl. 2/4	PR267/20-DE-40032
13. Levantamento Planialtimétrico – Fl. 3/4	PR267/20-DE-40033
14. Levantamento Planialtimétrico – Fl. 4/4	PR267/20-DE-40034
15. Localização da Seção Topobatimétrica	PR267/20-DE-40035
16. Seção Topobatimétrica STB-06	PR267/20-DE-40036
17. Arranjo Geral – Planta	PR267/20-DE-40037
18. Elementos Geométricos para Locação das Estruturas – Planta	PR267/20-DE-40038
19. Obras de Infraestrutura – Planta	PR267/20-DE-40039
20. Reservatório – Planta e Curvas Características	PR267/20-DE-40040
21. Mapa Geológico Local e Localização das Investigações Geológico-Geotécnicas	PR267/20-DE-40041
22. Sondagens – Mini-Logs – Fl. 1/2	PR267/20-DE-40042
23. Sondagens – Mini-Logs – Fl. 2/2	PR267/20-DE-40043
24. Seção Geológico-Geotécnica – Eixo do Barramento	PR267/20-DE-40044
25. Seção Geológico-Geotécnica – Circuito de Geração	PR267/20-DE-40087
26. Áreas de Bota-Fora – Planta	PR267/20-DE-40045
27. Seção Longitudinal pelo Eixo do Barramento	PR267/20-DE-40046
28. Escavação das Estruturas – Planta	PR267/20-DE-40047
29. Escavação das Estruturas – Seções – Fl. 1/2	PR267/20-DE-40048
30. Escavação das Estruturas – Seções – Fl. 2/2	PR267/20-DE-40049
31. Barragem de Terra – Seção Típica	PR267/20-DE-40050
32. Sequência Construtiva das Obras Cíveis – Planta	PR267/20-DE-40051
33. Desvio do Rio – 2ª Fase – Planta e Seção Típica da Ensecadeira	PR267/20-DE-40052
34. Estruturas do Barramento – Planta e Cortes	PR267/20-DE-40053

Ilustração e Descrição	Número
35. Desvio do Rio – Obras de Concreto – Plantas e Cortes	PR267/20-DE-40054
36. Desvio do Rio – Modelo Tridimensional	PR267/20-DE-40055
37. Tomada d'Água – Plantas e Cortes	PR267/20-DE-40056
38. Tomada d'Água – Modelo Tridimensional	PR267/20-DE-40057
39. Circuito de Geração – Planta	PR267/20-DE-40058
40. Circuito de Geração – Corte	PR267/20-DE-40059
41. Circuito de Geração – Modelo Tridimensional	PR267/20-DE-40060
42. Circuito de Geração – Casa de Força – Cobertura	PR267/20-DE-40061
43. Circuito de Geração – Casa de Força – Planta El. 304,80 m	PR267/20-DE-40062
44. Circuito de Geração – Casa de Força – Planta El. 306,85 m	PR267/20-DE-40063
45. Circuito de Geração – Casa de Força – Planta El. 314,60 m	PR267/20-DE-40064
46. Circuito de Geração – Casa de Força – Corte A	PR267/20-DE-40065
47. Circuito de Geração – Casa de Força – Corte B	PR267/20-DE-40066
48. Circuito de Geração – Casa de Força – Corte C	PR267/20-DE-40067
49. Circuito de Geração – Casa de Força – Corte D	PR267/20-DE-40068
50. Circuito de Geração – Casa de Força – Corte E	PR267/20-DE-40069
51. Circuito de Geração – Casa de Força – Modelo Tridimensional	PR267/20-DE-40070
52. Casa de Força – Arranjo Eletromecânico – Planta El. 306,85 m	PR267/20-DE-40071
53. Casa de Força – Arranjo Eletromecânico – Planta El. 314,60 m	PR267/20-DE-40072
54. Casa de Força – Arranjo Eletromecânico – Seção Longitudinal	PR267/20-DE-40073
55. Sistema de Drenagem – Fluxograma	PR267/20-DE-40074
56. Sistema de Água de Resfriamento e de Serviço – Fluxograma	PR267/20-DE-40075
57. Sistema de Esvaziamento e Enchimento – Fluxograma	PR267/20-DE-40076
58. Sistema de Ar Comprimido de Serviço – Fluxograma	PR267/20-DE-40077
59. Sistema de Medições Hidráulicas – Fluxograma	PR267/20-DE-40078
60. Sistema Elétrico – Sistema de Proteção e Medição – Diagrama Unifilar – Casa de Força	PR267/20-DE-40079
61. Sistema Elétrico – Sistema de Proteção e Medição – Diagrama Unifilar – Subestação	PR267/20-DE-40080
62. Sistema Elétrico – Serviços Auxiliares de CA – Diagrama Unifilar Simplificado	PR267/20-DE-40081
63. Sistema Elétrico – Serviços Auxiliares de CC – Diagrama Unifilar Simplificado	PR267/20-DE-40082
64. Sistema Elétrico – Sistema Digital de Supervisão e Controle – Arquitetura Geral Simplificada	PR267/20-DE-40083
65. Sistema Elétrico – Subestação Elevadora 34,5 kV – Arranjo Geral – Planta e Corte	PR267/20-DE-40084
66. Sistema Elétrico – Mapa Eletrogeográfico e Diagrama Unifilar Simplificado	PR267/20-DE-40085
67. Cronograma Físico Financeiro	PR267/20-DE-40086

20. ANEXOS

Em anexo encontram-se os seguintes documentos:

- Orçamento Padrão Eletrobrás – OPE;
- Orçamento dos sistemas elétricos;
- Planilhas de perdas de cargas no circuito de adução.

SAPEZAL ENERGIA LTDA.

PCH SU-118
RIO SAUÊ-UINÁ – MATO GROSSO

PCH.PH.MT.046749-9.01

PROJETO BÁSICO
VOLUME 1 – MEMORIAL DESCRITIVO

ELABORADO POR:

P R I M E
p r o j e t o s

PRIME PROJETOS E CONSULTORIA LTDA.

RESPONSÁVEL TÉCNICO: Rodrigo Gomes Otsuki	CREA 18.858/D	UF DF
GERENTE DE CONTRATO: Danilo Jorge Santos	CREA 10.195/D	UF DF

Nº	REVISÃO	DATA

NÚMERO DO DOCUMENTO: PR268/20-RT-40001	DATA: 14/jul/2021
---	----------------------

ÍNDICE

1. APRESENTAÇÃO.....	10
2. INTRODUÇÃO.....	11
2.1. Objetivo	11
2.2. Histórico dos Estudos.....	11
2.3. Estudos Anteriores	12
2.4. Localização e Acessos	13
2.5. Organização do Relatório.....	19
3. SUMÁRIO DAS PRINCIPAIS CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	21
4. EIH E PB: CARACTERÍSTICAS E JUSTIFICATIVAS PARA ALTERAÇÕES DE PROJETO.....	23
5. LEVANTAMENTOS CARTOGRÁFICOS E TOPOGRÁFICOS.....	27
5.1. Cartografia e Topografia – Estudos de Inventário.....	27
5.2. Cartografia e Topografia – Projeto Básico	28
5.2.1. Perfilamento a Laser	28
5.2.2. Levantamentos Topográficos Complementares	33
6. ESTUDOS HIDROMETEOROLÓGICOS	45
6.1. Caracterização Fisiográfica da Bacia	45
6.1.1. Localização e Hidrografia.....	45
6.1.2. Área de Drenagem e Perímetro	46
6.1.3. Índice de Compacidade	47
6.1.4. Fator de Forma.....	47
6.1.5. Declividade Média.....	48
6.1.6. Densidade de Drenagem	48
6.1.7. Tempo de Concentração	48
6.1.8. Geologia.....	49
6.1.9. Interpretação do Escoamento Fluvial	50
6.2. Caracterização Climatológica	50
6.2.1. Aspectos Gerais da Climatologia	51
6.2.2. Características Climatológicas Locais.....	55
6.3. Dados Básicos	56
6.3.1. Dados Pluviométricos	56
6.3.2. Dados Fluviométricos.....	63
6.4. Cálculo das Vazões Médias Mensais na Usina.....	78
6.4.1. Metodologia de Geração da Série de Vazões.....	78
6.4.2. Série de Vazões Médias Mensais na PCH SU-118	80
6.5. Permanências das Vazões Médias Mensais.....	82
6.6. Validação da Série de Vazões da Usina	83
6.7. Vazões Extremas	84
6.7.1. Dados Básicos.....	84
6.8. Estudo de Vazões Mínimas	88

6.9.	Curva-chave no Canal de Fuga	88
6.9.1.	Fundamentação Teórica	89
6.9.2.	Resultados Obtidos	89
6.10.	Curvas Cota x Área x Volume	91
6.11.	Enchimento do Reservatório	93
6.12.	Tempo de Residência	94
6.13.	Evaporação Líquida no Reservatório.....	94
6.13.1.	Metodologia de Cálculo	95
6.13.2.	Critérios de Cálculo	95
6.13.3.	Resultados	95
6.14.	Assoreamento e Vida Útil do Reservatório.....	96
6.14.1.	Produção de Sedimentos na Região Estudada	96
6.14.2.	Estimativa da Vida Útil do Reservatório.....	97
7.	ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS.....	100
7.1.	Introdução	100
7.2.	Geologia regional	101
7.3.	Arcabouço Geotectônico do Noroeste do Mato Grosso.....	104
7.4.	Geomorfologia Regional	104
7.5.	Recursos minerais	105
7.6.	Sismicidade natural e induzida	107
7.7.	Estanqueidade do reservatório	108
7.8.	Estabilidade das encostas	108
7.9.	Geologia local	109
7.9.1.	Investigações geológico-geotécnicas.....	110
7.10.	Disponibilidade dos materiais naturais de construção	110
7.10.1.	Material terroso	110
7.10.2.	Material granular	110
7.10.3.	Material pétreo	111
7.11.	Balanco de materiais simplificado.....	111
7.12.	Área de bota-fora	112
7.13.	Condições geológico-geotécnicas das fundações	112
7.13.1.	Barragem de terra margem direita	113
7.13.2.	Barragem de terra margem esquerda	113
7.13.3.	Barragem de concreto	113
7.13.4.	Vertedouro	113
7.13.5.	Canal de adução.....	114
7.13.6.	Tomada d'água e câmara de carga	114
8.	ESTUDOS DE CUSTOS.....	116
8.1.	Obras Civis	116
8.2.	Equipamentos Eletromecânicos.....	128
8.3.	Custos Indiretos e Juros Durante a Construção	128
9.	DIMENSIONAMENTOS HIDRÁULICOS.....	129

9.1.	Estruturas de Desvio	129
9.1.1.	Desvio de Primeira Fase	129
9.1.2.	Desvio de Segunda Fase	133
9.2.	Vertedouro	135
9.3.	Circuitos de Adução	140
9.3.1.	Dimensionamento da tomada d'água	140
9.3.2.	Dimensionamento do conduto forçado	141
9.3.3.	Cálculo das perdas de carga no circuito de adução	141
9.3.4.	Perdas de carga localizadas	143
10.	ESTUDOS DE ALTERNATIVAS	147
11.	ESTUDOS ENERGÉTICOS	150
11.1.	Crerios para a Determinação da Energia Média Gerada	150
11.2.	Valoração dos Benefrcios Energéticos	153
11.3.	Estudos de Motorização	158
11.4.	Determinação do Número de Unidades Geradoras	168
11.5.	Estudos de Otimização do Circuito de Adução	168
11.6.	Determinação da Energia Média da PCH	168
11.7.	Determinação das Quedas de Projeto e de Referência	170
11.8.	Garantia Física da PCH	172
11.9.	Determinação das Características Finais do Empreendimento	178
12.	DETALHAMENTO DO PROJETO	179
12.1.	Arranjo Geral da Usina	179
12.2.	Fases do Desvio e Sequência Construtiva	181
12.3.	Reservatório	182
12.4.	Desvio do Rio	182
12.4.1.	Ensecadeiras	183
12.4.2.	Fechamento do Desvio e Enchimento do Reservatório	183
12.4.3.	Equipamentos Eletromecânicos	184
12.5.	Vazão Remanescente	185
12.6.	Barragem	185
12.7.	Vertedouro	186
12.8.	Estrutura de Controle do Canal de Adução	186
12.8.1.	Equipamentos Eletromecânicos	186
12.9.	Canal de Adução	188
12.10.	Câmara de Carga	189
12.11.	Tomada d'Água	189
12.11.1.	Obras Civis	189
12.11.2.	Equipamentos Eletromecânicos	190
12.12.	Conduto Forçado	193
12.13.	Casa de Força, Área de Montagem e Canal de Fuga	194
12.13.1.	Obras Civis	194
12.13.2.	Equipamentos Eletromecânicos	194

12.14. Sistemas de Utilidades	198
12.14.1. Sistema de Esvaziamento e Enchimento	198
12.14.2. Sistema de Água de Resfriamento e de Serviço	199
12.14.3. Sistema de Drenagem	199
12.14.4. Sistema de Ar Comprimido de Serviço.....	200
12.14.5. Sistema de Ventilação.....	200
12.14.6. Sistemas de Água Potável e Esgoto Sanitário	200
12.14.7. Sistema de Proteção Contra Incêndios	201
12.14.8. Sistema de Medições Hidráulicas.....	201
12.15. Equipamentos e Sistemas Elétricos Principais.....	202
12.15.1. Geradores	203
12.15.2. Cubículos de Média Tensão.....	204
12.15.3. Transformador Elevador	206
12.15.4. Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC)	206
12.15.5. Sistema de Proteção	207
12.15.6. Subsistema de Medição e Supervisão.....	209
12.15.7. Sistema de Segurança Eletrônica	209
12.15.8. Sistema de Telecomunicações	209
12.15.9. Serviços Auxiliares em Corrente Alternada	209
12.15.10. Gerador Diesel de Emergência.....	211
12.15.11. Serviços Auxiliares em Corrente Contínua	211
12.15.12. Sistema de Iluminação e Tomadas.....	212
12.15.13. Sistema de Vias Para Cabos e Condutores	214
12.15.14. Sistema de Aterramento e de Proteção Contra Descargas Atmosféricas.....	214
12.15.15. Subestação Elevadora	215
12.15.16. Linha de Transmissão.....	216
13. INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA DE ABASTECIMENTO	218
13.1. Localização e Principais Acessos ao Sítio	218
13.2. Infraestrutura Disponível	218
13.3. Logística para as Obras	219
13.4. Canteiros e Acampamentos.....	222
14. CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO	224
15. ORÇAMENTO PADRÃO ELETROBRÁS.....	228
16. AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA DO EMPREENDIMENTO	230
17. FICHA TÉCNICA PADRÃO ANEEL.....	232
18. PARTICIPANTES DOS ESTUDOS	233
19. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	235
20. ANEXOS.....	238

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2-1: Partição de queda aprovada para o rio Sauê-Uiná (Despacho ANEEL nº 408/2020).....	12
Tabela 2-2: Detalhamento da rota de acesso ao sítio pela margem direita do rio (Fonte: Google Earth).....	16
Tabela 2-3: Detalhamento da rota de acesso ao sítio pela margem esquerda do rio (Fonte: Google Earth).....	18
Tabela 4-1: Quadro comparativo entre Inventário e Projeto Básico.....	23
Tabela 5-1: Tempo mínimo de rastreio.....	34
Tabela 5-2: Amarração planialtimétrica dos furos de sondagens.....	44
Tabela 6-1: Cartas utilizadas nos levantamentos de áreas de drenagem de locais na bacia.....	46
Tabela 6-2: Características climatológicas – Estação Diamantino.....	55
Tabela 6-3: Postos pluviométricos de interesse do rio Sauê-Uiná.....	56
Tabela 6-4: Posto pluviométrico Brasnorte (01257000) – Totais pluviométricos (mm).....	56
Tabela 6-5: Posto pluviométrico Fazenda Floresta (01258001) – Totais pluviométricos (mm).....	57
Tabela 6-6: Posto pluviométrico Bacaval (01358001) – Totais pluviométricos (mm).....	58
Tabela 6-7: Posto pluviométrico Fazenda Tucunaré (01358002) – Totais pluviométricos (mm).....	59
Tabela 6-8: Posto pluviométrico Speráfico (01358005) – Totais pluviométricos (mm).....	60
Tabela 6-9: Postos pluviométricos – Precipitações médias mensais.....	61
Tabela 6-10: Chuva média na bacia do Rio Sauê-Uiná – Totais pluviométricos (mm).....	62
Tabela 6-11: Postos fluviométricos – Rio Sauê-Uiná.....	63
Tabela 6-12: Série de vazões observadas – Fazenda Tucunaré (17091000).....	66
Tabela 6-13: Série de vazões observadas – Aldeia Sacre II (17092800).....	67
Tabela 6-14: Série de vazões observadas – Fontanilhas (17093000).....	68
Tabela 6-15: Série de vazões observadas – Porto dos Gaúchos (17120000).....	69
Tabela 6-16: Local das medições realizadas – Posto Sauê-Uiná.....	70
Tabela 6-17: Medições de vazões realizadas – Estação Sauê-Uiná.....	71
Tabela 6-18: Vazões médias mensais na Estação Sauê-Uiná.....	72
Tabela 6-19: Postos fluviométricos de interesse ao estudo de inventário do rio Sauê-Uiná.....	74
Tabela 6-20: Postos fluviométricos – Vazões médias mensais.....	74
Tabela 6-21: Série de Vazões Preenchida – Posto Fazenda Tucunaré (17091000) – m ³ /s.....	77
Tabela 6-22: Vazões médias mensais na estação hidrométrica Sauê-Uiná e no posto base Fazenda Tucunaré.....	79
Tabela 6-23: Série de vazões médias mensais – PCH SU-118 – A.D. = 1.400 km ²	80
Tabela 6-24: Permanência de vazões médias mensais – PCH SU-118 (m ³ /s).....	82
Tabela 6-25: Vazões máximas observadas anuais – Ano hidrológico (m ³ /s).....	84
Tabela 6-26: Vazões máximas diárias anuais – Postos fluviométricos (m ³ /s).....	85
Tabela 6-27: Vazões máximas diárias e instantâneas anuais – PCH SU-118.....	88
Tabela 6-28: Vazões mínimas para jusante (m ³ /s), segundo critério definido pela SEMA/MT (10% da Q _{mlt} mensal).....	88
Tabela 6-29: Resultados – Saídas HEC-RAS.....	89
Tabela 6-30: Pontos da curva cota x área e curva cota x volume.....	91
Tabela 6-31: Tempos de enchimento dos reservatórios – PCH SU-118.....	93
Tabela 6-32: Tempo de residência – PCH SU-118.....	94
Tabela 6-33: Dados de entrada do SISEVAPO.....	95
Tabela 6-34: Evaporação líquida (mm) – SU km 118.....	96
Tabela 6-35: Descarga sólida em suspensão e total pelo Método Simplificado de Colby, (1957).....	96

Tabela 6-36: Produção específica de sedimentos – Estação Sauê-Uiná.....	97
Tabela 6-37: Estimativa de vida útil – PCH SU-118 (A.D.= 1.400 km ²)	98
Tabela 7-1: Coluna Estratigráfica Regional (CPRM 2004).....	103
Tabela 7-2: Processos minerários em ativos na bacia (Fonte: ANM/SIGMINE)	106
Tabela 7-3: Balanço de materiais com graus de empolamento de solo e compactação de rocha	111
Tabela 8-1: Obras Civis – Preços Unitários (junho/2021).....	125
Tabela 11-1: Série de vazões médias mensais naturais no local da PCH SU-118	151
Tabela 11-2: Vazões remanescentes na PCH SU-118.....	152
Tabela 11-3: Empreendimentos Hidrelétricos Considerados na Simulação	154
Tabela 11-4: Mapeamento energético preliminar	159
Tabela 11-5: Estudos de motorização – Coeficientes das equações de perda de carga	161
Tabela 11-6: Estudos de Motorização – Simulações energéticas	162
Tabela 11-7: Estudos de Motorização – Parâmetros do circuito de adução alterados com a potência instalada	164
Tabela 11-8: Estudos de Motorização – Estimativa de custos do circuito de geração (R\$ x 10 ³).....	165
Tabela 11-9: Estudos de Motorização – Estimativa de custos do circuito de geração.....	165
Tabela 11-10: Parâmetros do circuito de adução para cada alternativa de potência	166
Tabela 11-11: Estudos de Motorização – Variação Custo/Benefício anual para cada potência instalada	167
Tabela 11-12: Linha de Transmissão – Trechos até a SE Manobra Sapezal	173
Tabela 11-13: Perdas elétricas em cada trecho (distribuição entre as PCHs).....	174
Tabela 11-14: Perdas elétricas em cada trecho, em MW médios (valores finais por PCH)	175
Tabela 15-1: Resumo das quantidades (obras civis).....	228
Tabela 15-2: OPE – Resumo das Contas.....	229

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1: Acesso à área da PCH SU-118 (trecho entre Cuiabá e Sapezal) (Fonte: Google Maps).....	15
Figura 2-2: Acesso ao local do empreendimento a partir da cidade de Sapezal (Fonte: Google Earth)	15
Figura 2-3: Acessos ao sítio do aproveitamento pelas duas margens do rio (Fonte: Google Earth)	16
Figura 2-4: Acesso ao sítio do aproveitamento pela margem direita do rio (Fonte: Google Earth)	17
Figura 2-5: Acesso ao sítio do aproveitamento pela margem esquerda do rio (Fonte: Google Earth)	18
Figura 4-1: EIH e PB – Séries de vazões médias mensais – Curvas de permanência comparativas.....	25
Figura 5-1: Localização da área perfilada	29
Figura 5-2: Área total do perfilamento a laser	30
Figura 5-3: MDT do perfilamento	32
Figura 5-4: MDS do perfilamento	32
Figura 5-5: Ajuste realizado “UM SIGMA”, com 68,7% de confiabilidade.....	35
Figura 5-6: Transporte da base de apoio utilizando as RBMC’s selecionadas	36
Figura 5-7: Esquema empregado na implantação dos marcos das seções topobatimétricas	37
Figura 5-8: Esquema empregado na amarração planialtimétrica dos furos de sondagens	37
Figura 5-9: Tela MAPGEO2015 para determinação da ondulação geoidal método direto	39
Figura 5-10: Seção topobatimétrica complementar SBT-23	41
Figura 5-11: Seção topobatimétrica complementar SBT-7 (Estudos de Inventário; 2019).....	42
Figura 5-12: Seção topobatimétrica complementar SBT-8 (Estudos de Inventário; 2019).....	43
Figura 6-1: Rio Sauê-Uiná – Localização	45
Figura 6-2: Geologia na bacia do rio Sauê-Uiná.....	50
Figura 6-3: Sistema de circulação atmosférica na região Centro-Oeste	52
Figura 6-4: Precipitações médias mensais observadas nas estações pluviométricas selecionadas	61
Figura 6-5: Curva-chave – Fazenda Tucunaré (17091000).....	64
Figura 6-6: Curva-chave - Aldeia Sacre II (17092800).....	65
Figura 6-7: Curva-chave - Fontanilhas (17093000).....	65
Figura 6-8: Curva-chave - Porto dos Gaúchos (17120000)	66
Figura 6-9: Curva-chave – Estação Sauê-Uiná.....	72
Figura 6-10: Hidrograma das vazões diárias na Estação Sauê-Uiná	73
Figura 6-11: Hidrogramas médias mensais adimensionais	75
Figura 6-12: Curva de regionalização (Médias de Longo Termo)	75
Figura 6-13: Correlação – Fontanilhas x Fazenda Tucunaré	76
Figura 6-14: Correlação – Porto dos Gaúchos x Fazenda Tucunaré	76
Figura 6-15: Comparação dos valores da série de vazões médias mensais com as medições mensais realizadas – PCH SU-118 (m ³ /s).....	80
Figura 6-16: Curva de permanência – Vazões médias mensais – PCH SU-118 (m ³ /s).....	83
Figura 6-17: Envoltória da série de vazões médias mensais com as medições mensais realizadas – PCH SU-118 (m ³ /s)	83
Figura 6-18: Regionalização de vazões máximas diárias – Ano hidrológico normal	87
Figura 6-19: Curva-chave no canal de fuga do PCH SU-118.....	90
Figura 6-20: Seção topobatimétrica próxima ao canal de fuga da PCH SU-118	91
Figura 6-21: Curva cota x área do reservatório da PCH SU-118	92
Figura 6-22: Curva cota x volume do reservatório da PCH SU-118	92

Figura 7-1: Geologia na Bacia do Rio Sauê-Uiná	102
Figura 7-2: Títulos minerários na bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná	106
Figura 7-3: Mapa de localização de sismos em território brasileiro	108
Figura 7-4: Visão geral do sítio SU-118.....	109
Figura 7-5: Localização, área e volume da área de botafora da PCH SU-118	112
Figura 9-1: Planta e seção transversal típica de canal de desvio	130
Figura 9-2: Coeficiente de descarga para vertedouro com ogiva de paramento vertical	136
Figura 9-3: Correção do coeficiente de descarga para vertedouro com ogiva de paramento inclinado	137
Figura 9-4: Correção do coeficiente de descarga para vertedouro submetido a cargas diferentes da carga de projeto	137
Figura 9-5: Correção do coeficiente de descarga para vertedouro sob a influência do nível d'água de jusante	138
Figura 9-6: Gabarito hidráulico para vertedouro de soleira livre – definição do perfil Creager	139
Figura 9-7: Vertedouro de soleira livre com paramento de jusante em escada – definição das dimensões dos degraus	140
Figura 10-1: Arranjos comparativos (Estudos de Inventário e Projeto Básico).....	148
Figura 11-1: Curva de energia média produzida (preliminar)	160
Figura 11-2: Estudos de Motorização – Energia média e Fator de Capacidade.....	163
Figura 11-3: Estudos de Motorização – Variação custo/benefício	167
Figura 11-4: Curvas de perdas de carga no circuito de adução	169
Figura 11-5: Curva de energia produzida pelo aproveitamento (série de vazões turbináveis)	170
Figura 11-6: Curva de permanência de quedas brutas	171
Figura 11-7: Curva de permanência de quedas líquidas	171
Figura 11-8: Croqui esquemático do sistema de conexão para as PCHs SU-118, SU-104, SU-93 e SU-75.....	174
Figura 11-9: Séries históricas de vazões vertidas e turbináveis (1974 a 2020).....	176
Figura 11-10: Série histórica de potências médias mensais (1974 a 2020)	177
Figura 13-1: Fábricas de cimento Votorantim (Nobres e Cuiabá) (Fonte: Google Earth)	220
Figura 14-1: Histograma de consumo de concreto estrutural	224
Figura 14-2: Histograma de consumo de concreto massa	225
Figura 14-3: Histograma de consumo de concreto projetado	225
Figura 14-4: Histograma de consumo de concreto (total)	226
Figura 14-5: Histograma de escavação comum	226
Figura 14-6: Histograma de escavação em rocha a céu aberto	227
Figura 14-7: Histograma de aterro	227

1. APRESENTAÇÃO

O rio Sauê-Uiná e seu afluente, rio do Calor, integrantes da sub-bacia nº. 17, localizada na bacia hidrográfica do rio Amazonas, estado de Mato Grosso, foram objetos de Estudos de Inventário Hidrelétrico (EIH), aprovados por meio do Despacho ANEEL nº 408, de 12 de fevereiro de 2020.

Dentre os aproveitamentos constantes da partição de queda aprovada, a **Pequena Central Hidrelétrica (PCH) SU-118**, distante aproximadamente 118 km de sua foz, no rio Papagaio, com potência instalada de referência de 8,85 MW, foi prevista para ser implantada no município de Sapezal.

Durante as fases de elaboração e aprovação do EIH a empresa **Sapezal Energia Ltda.** também deu início às atividades com vistas à elaboração do projeto básico para o empreendimento.

Após a concessão do registro de intenção à outorga de autorização (DRI-PCH), por meio do Despacho nº 1.433, publicado em 25 de maio de 2020, o Projeto Básico foi desenvolvido, contemplando o detalhamento dos estudos de engenharia para a concepção da PCH.

Ante ao exposto, por meio deste e demais documentos complementares, a empresa **Sapezal Energia Ltda.**, cumprindo a determinação legal prevista na Resolução Normativa nº 875/2020 submete à Agência Nacional de Energia Elétrica o **Projeto Básico da PCH SU-118**.

Os estudos de engenharia foram elaborados tomando-se como principais referências as seguintes publicações:

- “Diretrizes para Estudos e Projeto Básico de Pequenas Centrais Hidrelétricas”, editadas pela ELETROBRÁS/ANEEL-MME em 1999;
- Resolução ANEEL nº 875/2020 e demais normativas publicadas pela ANEEL;
- Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Sauê-Uiná e de seu afluente, rio do Calor, integrantes da sub-bacia 17, bacia hidrográfica do rio Amazonas, estado de Mato Grosso, aprovados por meio do Despacho ANEEL nº 408, de 12 de fevereiro de 2020.

2. INTRODUÇÃO

Neste documento apresenta-se a síntese dos trabalhos, levantamentos e estudos realizados ao longo de todas as etapas de desenvolvimento dos estudos de projeto básico da PCH SU-118, consolidados em um conjunto de textos, tabelas e ilustrações, organizados conforme consta no item 2.5.

2.1. Objetivo

O objetivo deste estudo foi conceber e detalhar a PCH SU-118, na fase de Projeto Básico, de sorte a permitir, após os trâmites legais junto ao Poder Concedente e aos órgãos ambiental e de recursos hídricos, a promoção dos processos de contratação dos empreiteiros civis e de fornecedores de equipamentos eletromecânicos, o detalhamento do projeto executivo e a implantação do empreendimento.

De maneira específica, a elaboração deste projeto contemplou os seguintes objetivos:

- Obtenção do Despacho de Registro da Adequabilidade do Sumário Executivo (DRS-PCH), a ser emitido pela SCG/ANEEL;
- Servir como elemento técnico de engenharia para o processo de licenciamento ambiental do empreendimento, cujo processo será iniciado após a obtenção do DRS-PCH;
- Servir de fundamentação técnica para obtenção da Outorga de Autorização, a ser emitida pelo Poder Concedente;
- Apresentar os elementos técnicos necessários para a obtenção da Reserva de Disponibilidade Hídrica e posterior Outorga para Uso da Água para fins de Geração de Energia Elétrica do aproveitamento;
- Apresentar a ideia básica para interligação da usina à rede de transmissão elétrica existente;
- Servir como fundamentação técnica para elaboração do Projeto Executivo da usina.

2.2. Histórico dos Estudos

A PCH SU-118 foi identificada nos Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Sauê-Uiná e seu afluente rio do Calor, aprovados por meio do Despacho ANEEL nº 408, de 12 de fevereiro de 2020.

O rio Sauê-Uiná é afluente pela margem esquerda do rio Papagaio, localizado na sub-bacia 17, bacia hidrográfica do rio Amazonas, no estado de Mato Grosso.

Os referidos estudos identificaram o aproveitamento com as seguintes características principais:

- Coordenadas do eixo 12°53'05,1" (S) e 58°40'59,9" (O)
- Coordenadas da casa de força 12°52'10,3" (S) e 58°40'40,5" (O)
- Área de drenagem 1.400 km²
- Nível d'água de montante 353,00 m
- Nível d'água de jusante 327,33 m
- Potência instalada de referência 8,85 MW
- Área do reservatório 0,29 km²

Após a elaboração da última versão dos estudos de inventário do rio Sauê-Uiná foram executadas atividades adicionais visando ao desenvolvimento do Projeto Básico em tela, incluindo visitas e observações de campo, novos levantamentos cartográficos e topográficos, campanha de investigações geológico-geotécnicas, campanhas de medições de vazão e níveis d'água em estação fluviométrica instalada no rio Sauê-Uiná, atualizações hidrológicas e estudos de conexão.

Os levantamentos de campo visando à elaboração do Projeto Básico tiveram início em maio de 2020, com a contratação da empresa SAI – Serviços Aéreos Industriais para obtenção do modelo digital de terreno em toda a região de interesse, a partir de um perfilamento a laser, com geração de fotografias digitais atualizadas (ortofotocartas). Essa metodologia permite a execução de um estudo topográfico de precisão, com geração de curvas de níveis equidistantes de 1,0 m. O voo sobre a área prevista para a implantação da usina, que possibilitou a elaboração do perfilamento a laser, permitiu a elaboração e entrega do modelo digital de terreno, em atendimento pleno às Diretrizes de Cartografia e Topografia da ANEEL.

Em paralelo, foram conduzidos todos os estudos de engenharia, no tocante ao levantamento de dados secundários e dos estudos hidrológicos, com vistas à obtenção de um modelo para geração da série de vazões médias mensais e de vazões extremas no local previsto para implantação do futuro aproveitamento.

Em adição, foi executada nos meses de fevereiro e março de 2021 campanha de sondagem no eixo previsto para implantação da PCH, com o objetivo de se conhecer de forma mais detalhada suas condições geológico-geotécnicas. Para tanto, foi contratada a empresa NACON Sondagens.

Também foram especificados levantamentos topográficos complementares no sítio da PCH. Foram executadas seções topobatimétricas adicionais às já disponíveis nos estudos de inventário de referência e também a amarração planialtimétrica para obtenção da localização e das “cotas de boca” dos furos de sondagens constantes das investigações geológico-geotécnicas. Os serviços foram desenvolvidos pela empresa TOPOGEO Topografia e Geomática Ltda. em maio de 2021.

As campanhas de hidrometria executadas ao longo do desenvolvimento dos estudos de inventário tiveram continuidade. Para esses levantamentos foi contratada a empresa HYDROCONSULT Hidrometria Comércio e Serviços Ltda., que vem realizando campanhas mensais de medições e acompanhamento horário dos níveis d'água (*data logger*).

De posse de todas essas informações, os estudos técnicos de engenharia foram desenvolvidos, sendo concluídos em julho de 2021.

2.3. Estudos Anteriores

Por meio do Despacho nº 408, de 12/02/2020, a ANEEL aprovou os Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Sauê-Uiná e seu afluente rio do Calor, localizado na sub-bacia 17, bacia hidrográfica do rio Amazonas, no estado de Mato Grosso, apresentados pela empresa Sapezal Energia Ltda.

A partição de queda aprovada nos Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Sauê-Uiná é apresentada na Tabela 2-1.

Tabela 2-1: Partição de queda aprovada para o rio Sauê-Uiná (Despacho ANEEL nº 408/2020)

PCH	CEG	Coordenadas Geográficas		A _{DREN} (km ²)	N _A MÁX (m)	N _A JUS (m)	P _{INST} (KW)	A _{RES} (km ²)
		Barramento	Casa de Força					
SU-47	PCH.PH.MT.046745-6.01	12°32'14,5''S	12°32'12,5''S	2.680	268,00	253,64	8.800	6,72
		58°31'50,3''W	58°31'49,7''W					

PCH	CEG	Coordenadas Geográficas		ADREN (km ²)	NAMÁX (m)	NAJUS (m)	PINST (KW)	ARES (km ²)
		Barramento	Casa de Força					
SU-75	PCH.PH.MT.046746-4.01	12°40'46,6''S	12°40'46,4''S	1.735	286,00	268,06	8.650	3,32
		58°36'37,9''W	58°36'34,4''W					
SU-93	PCH.PH.MT.046747-2.01	12°47'23,7''S	12°47'25,0''S	1.525	310,00	286,61	9.850	2,28
		58°38'33,7''W	58°38'30,5''W					
SU-104	PCH.PH.MT.046748-0.01	12°49'36,4''S	12°49'34,5''S	1.480	327,00	310,11	6.950	0,72
		58°40'03,0''W	58°39'58,7''W					
SU-118	PCH.PH.MT.046749-9.01	12°53'05,1''S	12°52'10,3''S	1.400	353,00	327,33	8.850	0,29
		58°40'59,9''W	58°40'40,5''W					
SU-127	PCH.PH.MT.046750-2.01	12°55'24,8''S	12°54'57,1''S	1.380	370,00	353,07	5.750	3,28
		58°42'12,6''W	58°41'20,9''W					
SU-146	PCH.PH.MT.046751-0.01	13°01'27,4''S	13°01'01,7''S	1.200	390,00	370,03	5.900	2,56
		58°47'12,5''W	58°46'33,4''W					
SU-160	PCH.PH.MT.046752-9.01	13°06'32,5''S	13°06'30,0''S	1.080	410,00	392,19	5.350	1,78
		58°48'22,0''W	58°48'20,3''W					
SU-173	PCH.PH.MT.046753-7.01	13°10'06,6''S	13°10'08,2''S	950	430,00	410,02	5.300	0,72
		58°48'16,9''W	58°48'14,7''W					

O Despacho ANEEL nº 1.433, publicado em 25 de maio de 2020, conferiu à empresa Sapezal Energia Ltda. o registro de intenção à outorga de autorização (DRI-PCH) referente à PCH SU-118.

2.4. Localização e Acessos

A PCH SU-118 será implantada em área do município de Sapezal, no estado de Mato Grosso. As coordenadas geográficas aproximadas do eixo previsto para seu futuro barramento são:

- Latitude Sul 12°53'02''
- Longitude Oeste 58°40'58''

Para acesso ao local previsto para construção da usina, devem ser percorridos, a partir da cidade de Cuiabá, aproximadamente 580 km (acesso ao sítio pela margem esquerda do rio), transitando-se por rodovias federais e estaduais, além de estradas de acesso às fazendas da região, denominadas aqui vicinais.

Da cidade de Cuiabá, pelas rodovias federais BR-163 e BR-364, pavimentada e em bom estado de conservação, devem ser percorridos aproximadamente 76 km até a cidade de Jangada, no estado de Mato Grosso.

De Jangada, pelas mesmas rodovias do trecho anterior, devem ser percorridos aproximadamente 7 km até o Auto Posto Foz do Iguaçu, localizado na margem direita da rodovia (sentido Barra do Bugres). Logo após

esse posto está localizado o trevo das rodovias BR-163 e MT-246 (15°10'32,06" Sul e 56°31'29,59" Oeste). Nesse ponto do trajeto, passa-se a trafegar pela rodovia estadual MT-246, à esquerda do trevo em questão.

Do trevo citado, pelas rodovias estaduais MT-246 e MT-343, pavimentadas e com boas condições para tráfego, devem ser percorridos aproximadamente 83 km até a cidade de Barra do Bugres, no estado de Mato Grosso. Esse trecho do percurso, quase que em sua totalidade, é feito pela rodovia MT-246. Próximo à cidade de Barra do Bugres, no cruzamento entre essas rodovias, passa-se a trafegar pela MT-343 (15°06'48,55" Sul e 56°09'15,94" Oeste).

Saindo da cidade de Barra do Bugres, ainda pela rodovia estadual MT-343, devem ser percorridos aproximadamente 23 km até a localidade denominada Assari, distrito do município de Barra do Bugres. No perímetro urbano desse distrito está o trevo das rodovias MT-343 e MT-358 (14°52'33,23" Sul e 57°10'29,71" Oeste). A partir desse trevo, o percurso deve seguir pela rodovia MT-358, também pavimentada e em bom estado de conservação, por aproximadamente 18 km até a cidade de Nova Olímpia, no estado de Mato Grosso.

Da cidade de Nova Olímpia, também pela rodovia MT-358, devem ser percorridos aproximadamente 22 km até a localidade denominada Progresso, distrito do município de Tangará da Serra, no estado de Mato Grosso. Passando por esse distrito, depois de serem percorridos aproximadamente 16 km (MT-358), chega-se à cidade de Tangará da Serra.

Partindo-se de Tangará da Serra, pela rodovia MT-358, neste trecho pavimentada e necessitando de algumas melhorias para o tráfego, devem ser percorridos cerca de 70 km até o cruzamento dela com a BR-364 (14°19'34,29" Sul e 57°57'37,28" Oeste).

Depois desse trevo, pela BR-364, pavimentada e necessitando pontualmente de algumas melhorias em sua superfície de rolamento, devem ser percorridos cerca de 80 km até a cidade de Campo Novo do Parecis, no estado de Mato Grosso.

Em Campo Novo do Parecis, deve-se tomar a rodovia MT-235 (13°39'33,66" Sul e 57°53'34,64" Oeste) em direção à cidade de Sapezal, no estado de Mato Grosso. Esse trecho do percurso, de cerca de 110 km, está pavimentado, mas necessitando de melhorias em alguns pontos. Essa rodovia, a partir da ponte sobre o rio Verde, no sentido Sapezal, passa por dentro da Terra Indígena *Paresi*, sendo cobrado pedágio nesse ponto (13°38'32,73" Sul e 58°01'11,00" Oeste).

Sendo assim, são percorridos cerca de 500 km entre as cidades de Cuiabá e Sapezal, essa o mais próximo centro urbano do sítio do futuro aproveitamento.

A Figura 2-1 apresenta o traçado da rota de percurso descrita (*Fonte: Google Maps*).

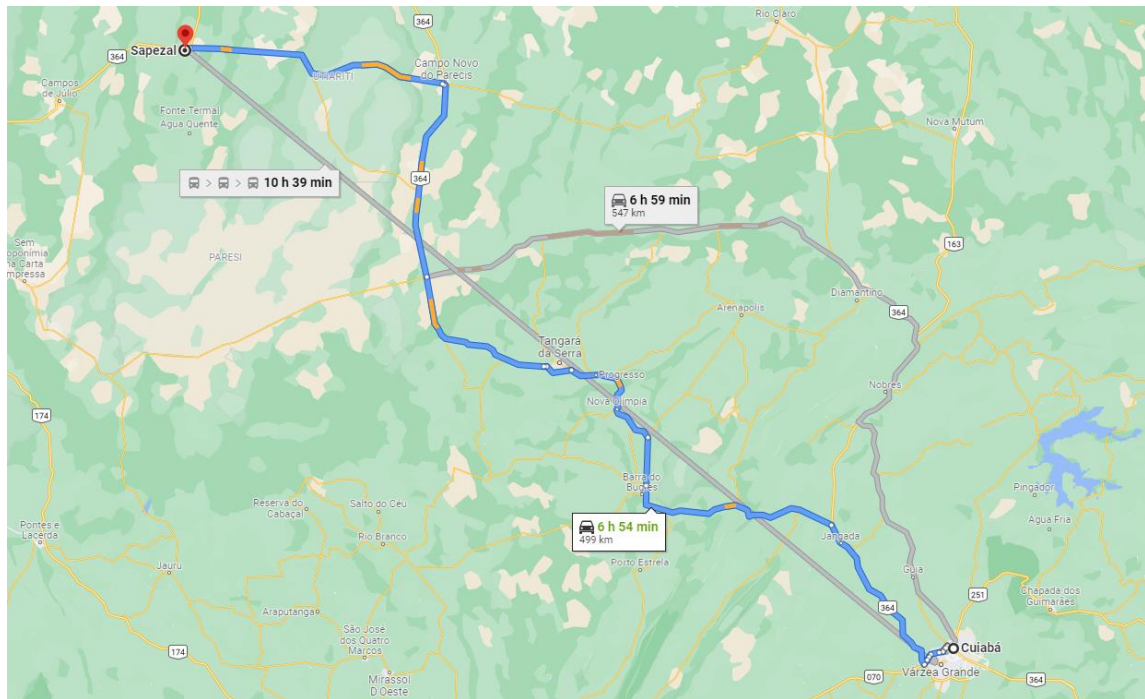


Figura 2-1: Acesso à área da PCH SU-118 (trecho entre Cuiabá e Sapezal) (Fonte: Google Maps)

Da cidade de Sapezal, o acesso ao sítio do empreendimento pode ser feito pelas duas margens do rio. Para tanto, foi definido um ponto denominado P-01, que corresponde ao cruzamento entre as rodovias MT-235 e BR-364 ($13^{\circ}32'23,32''$ Sul e $58^{\circ}47'53,54''$ Oeste). A partir desse ponto, pela rodovia BR-364, são desenvolvidas parte das rotas de acesso ao sítio do aproveitamento. A Figura 2-2 apresenta o início dessas rotas do percurso.



Figura 2-2: Acesso ao local do empreendimento a partir da cidade de Sapezal (Fonte: Google Earth)

A partir do ponto P-01 devem ser percorridos, pela rodovia BR-364, aproximadamente 51,4 km até o ponto denominado PI (13°05'21,74" Sul e 58°43'12,98" Oeste). Desse ponto, os percursos de acesso ao eixo pelas duas margens são independentes. O acesso pela margem direita utiliza parte da rodovia BR-364 e um conjunto de estradas vicinais que dão acesso a algumas fazendas da região. Pela margem esquerda, do ponto PI, o acesso já passa a ser feito por estradas vicinais. A Figura 2-3 apresenta o exposto em detalhe.



Figura 2-3: Acessos ao sítio do aproveitamento pelas duas margens do rio (Fonte: Google Earth)

A Tabela 2-2 apresenta o detalhamento das rotas dos percursos de acesso ao sítio do aproveitamento, considerando o lado direito do rio. A Figura 2-4 ilustra o traçado resultante da Tabela 2-2.

Tabela 2-2: Detalhamento da rota de acesso ao sítio pela margem direita do rio (Fonte: Google Earth)

Partida (Coordenadas)	Chegada (Coordenadas)	Distância (km)	Rodovia/Estrada
P-01 13°32'23,32" (Sul) 58°47'53,54" (Oeste)	PI 13°05'21,74" (Sul) 58°43'12,98" (Oeste)	51,400	Trecho da rodovia BR-364
PI 13°05'21,74" (Sul) 58°43'12,98" (Oeste)	P-02 12°53'39,93" (Sul) 58°32'07,93" (Oeste)	30,400	Trecho da rodovia BR-364
P-02 12°53'39,93" (Sul) 58°32'07,93" (Oeste)	P-03 12°52'10,72" (Sul) 58°35'52,97" (Oeste)	7,505	Trecho de estrada vicinal

Partida (Coordenadas)	Chegada (Coordenadas)	Distância (km)	Rodovia/Estrada
P-03 12°52'10,72" (Sul) 58°35'52,97" (Oeste)	P-04 12°52'10,39" (Sul) 58°36'57,33" (Oeste)	2,166	Trecho de estrada vicinal
P-04 12°52'10,39" (Sul) 58°36'57,33" (Oeste)	P-05 12°52'39,79" (Sul) 58°37'01,30" (Oeste)	0,916	Trecho de estrada vicinal
P-05 12°52'39,79" (Sul) 58°37'01,30" (Oeste)	P-06 12°52'32,18" (Sul) 58°37'32,58" (Oeste)	0,974	Trecho de estrada vicinal
P-06 12°52'32,18" (Sul) 58°37'32,58" (Oeste)	P-07 12°53'01,41" (Sul) 58°37'54,32" (Oeste)	1,217	Trecho de estrada vicinal
P-07 12°53'01,41" (Sul) 58°37'54,32" (Oeste)	P-08 12°53'51,43" (Sul) 58°38'33,32" (Oeste)	2,220	Trecho de estrada vicinal
P-08 12°53'51,43" (Sul) 58°38'33,32" (Oeste)	PCH SU-118 12°53'05,01" (Sul) 58°40'59,90" (Oeste)	4,781	Trecho de estrada vicinal



Figura 2-4: Acesso ao sítio do aproveitamento pela margem direita do rio (Fonte: Google Earth)

A Tabela 2-3 apresenta o detalhamento das rotas dos percursos de acesso ao sítio do aproveitamento, considerando o lado direito do rio. A Figura 2-5 ilustra o traçado resultante da Tabela 2-3.

Tabela 2-3: Detalhamento da rota de acesso ao sítio pela margem esquerda do rio (Fonte: Google Earth)

Partida (Coordenadas)	Chegada (Coordenadas)	Distância (km)	Rodovia/Estrada
P-01 13°32'23,32" (Sul) 58°47'53,54" (Oeste)	PI 13°05'21,74" (Sul) 58°43'12,98" (Oeste)	51,400	Trecho da rodovia BR-364
PI 13°05'21,74" (Sul) 58°43'12,98" (Oeste)	P-09 13°05'11,14" (Sul) 58°43'32,70" (Oeste)	0,673	Trecho de estrada vicinal
P-09 13°05'11,14" (Sul) 58°43'32,70" (Oeste)	P-10 12°52'43,43" (Sul) 58°46'40,15" (Oeste)	24,900	Trecho de estrada vicinal
P-10 12°52'43,43" (Sul) 58°46'40,15" (Oeste)	P-11 12°52'35,45" (Sul) 58°41'22,58" (Oeste)	9,613	Trecho de estrada vicinal
P-11 12°52'35,45" (Sul) 58°41'22,58" (Oeste)	P-12 12°52'59,73" (Sul) 58°41'22,22" (Oeste)	0,763	Trecho de estrada vicinal
P-12 12°52'59,73" (Sul) 58°41'22,22" (Oeste)	PCH SU-118 12°53'05,01" (Sul) 58°40'59,90" (Oeste)	0,643	Trecho de estrada vicinal



Figura 2-5: Acesso ao sítio do aproveitamento pela margem esquerda do rio (Fonte: Google Earth)

2.5. Organização do Relatório

O relatório do Projeto Básico foi dividido em três volumes:

- Volume 1: Memorial Descritivo;
- Volume 2: Desenhos;
- Volume 3: Anexos.

O Volume 1 apresenta os resultados das investigações, ensaios e estudos realizados para a caracterização do empreendimento, e foi estruturado em 17 Capítulos principais, que seguem a sequência e o conteúdo preconizado pelo Setor Elétrico para estudos dessa natureza.

Nos Capítulos 1 e 2 encontram-se a apresentação e os objetivos dos estudos, a descrição da localização e dos acessos ao local do barramento e a organização do relatório.

No Capítulo 3 são apresentadas as principais conclusões acerca do projeto elaborado, bem como as recomendações para as próximas fases.

O Capítulo 4 apresenta um comparativo entre alguns dados técnicos do projeto básico e do inventário de referência, com as justificativas para os itens que sofreram algum tipo de alteração.

No Capítulo 5 estão relacionados as investigações e levantamentos executados que subsidiaram os estudos, compreendendo as áreas de cartografia e topografia.

No Capítulo 6 estão apresentados os estudos hidrometeorológicos e, no Capítulo 7, os estudos geológico-geotécnicos.

O Capítulo 8 apresenta a metodologia adotada para composição dos custos referentes ao orçamento da usina.

Já o Capítulo 9 apresenta as premissas utilizadas para os dimensionamentos hidráulicos, incluindo desvio do rio, vertedouro e perdas de carga no circuito de adução.

No Capítulo 10 são apresentados os estudos de alternativas, que resultaram na seleção do arranjo a ser implantado.

O Capítulo 11 apresenta os estudos energético-econômicos que definiram a potência instalada do aproveitamento, e também o número de unidades geradoras, os parâmetros otimizados do circuito de adução e as quedas líquidas da usina.

No Capítulo 12 encontram-se os estudos finais, onde se apresentam, em detalhes, a descrição e caracterização das obras civis e dos equipamentos previstos no arranjo geral proposto.

No Capítulo 13 foram feitos comentários acerca da infraestrutura e logística de abastecimento, visando à implantação do empreendimento.

No Capítulo 14 encontra-se o detalhamento do Cronograma Físico de Construção, descrevendo as considerações assumidas.

O Capítulo 15 apresenta o orçamento detalhado do empreendimento, no modelo adotado pela Eletrobrás.

No Capítulo 16 encontra-se a análise técnico-econômica do empreendimento, juntamente com os critérios adotados.

Por fim, no Capítulo 17 encontra-se a ficha resumo do aproveitamento.

No Volume 2 encontram-se todos os desenhos referentes ao projeto.

No Volume 3 são apresentados os anexos de interesse ao projeto, divididos nos seguintes tomos:

- Tomo I: Levantamentos cartográficos e topográficos;
- Tomo II: Levantamentos topográficos;
- Tomo III: Investigações Geológico-Geotécnicas e Levantamentos Hidrométricos;
- Tomo IV: Estudos de motorização;
- Tomo V: Sumário Executivo e Documentos Processuais.

3. SUMÁRIO DAS PRINCIPAIS CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A PCH SU-118 foi identificada nos Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Sauê-Uiná, aprovados por meio do Despacho ANEEL nº 408/2020.

Considerando todos os estudos e levantamentos executados, o Projeto Básico resultou na proposta de implantação de uma Pequena Central Hidrelétrica com potência instalada de 8,5 MW, com queda bruta nominal de 25,6 m e área de reservatório de 29 ha.

Os níveis operacionais da PCH serão os seguintes:

- Montante:
 - Nível d'água máximo normal.....353,00 m
 - Nível d'água mínimo normal353,00 m
 - Nível d'água máximo maximorum.....354,50 m
- Jusante:
 - Nível d'água normal327,40 m
 - Nível d'água mínimo (despacho mínimo de uma unidade geradora).....326,00 m
 - Nível d'água máximo excepcional (cheia de projeto).....329,20 m

A concepção do arranjo final previu o aproveitamento da queda por meio de uma barragem de terra com seção homogênea, com as estruturas de concreto (estrutura de desvio, vertedouro e tomada d'água de controle do canal) incorporadas ao barramento, ocupando o leito do rio e toda a margem esquerda. A geração será feita por meio de canal de adução, com necessidade de previsão de vazão remanescente.

O eixo do barramento terá uma extensão de 293 m, sendo 158 m para as obras de terra e 135 m para as obras de concreto.

O vertedouro será de soleira livre, dimensionado para a vazão com recorrência milenar mas com sobrelevação para a passagem da cheia decamilenar sem riscos de galgamento, atendendo aos requisitos de segurança de barragens.

O desvio do rio será feito por meio de adufas a serem implantadas na margem esquerda, com controle do fechamento por meio de comporta corta-fluxo.

O circuito de adução será composto por uma estrutura de controle, seguida de canal de adução, câmara de carga, tomada d'água e conduto forçado até a entrada nas unidades geradoras. A partir da tomada d'água principal cada unidade terá um circuito independente. O circuito de baixa pressão (até a câmara de carga) atenderá às duas unidades.

O canal de adução terá extensão de 1.930 m, será escavado em solo e revestido em manta PEAD.

Cada conduto forçado terá extensão de aproximadamente 140 m e diâmetro principal de 3,0 m.

A casa de força possuirá dois grupos turbogeradores de eixo horizontal, com turbinas Francis, com potência unitária de 4.250 kW (turbina com 4.382 kW e gerador com 4.723 kVA).

A conexão da PCH SU-118 com o sistema elétrico da ENERGISA-MT deverá ser efetuada na Subestação Manobra Sapezal, em conjunto com as PCHs SU-104, SU-93 e SU-75.

A conexão entre a PCH SU-118 e a PCH SU-104 será na tensão 34,5 kV, circuito simples, com aproximadamente 7 km de extensão. Já a conexão principal, entre a PCH SU-93, que concentrará as cargas

das quatro usinas, com a SE Manobra Sapezal, será na tensão de 138 kV, circuito simples, com aproximadamente 63 km de extensão.

As **Ilustrações 17 a 61** apresentam o arranjo geral e detalhes das estruturas componentes da PCH SU-118.

A operação da usina será a fio d'água, com produção estimada de 6,84 MW médios (expectativa de Garantia Física), correspondendo a um fator de capacidade médio de 0,80, resultando em aproximadamente 59,9 GWh/ano de energia gerada.

O custo total do empreendimento foi estimado em **R\$ 90.680.170,00 (noventa milhões, seiscentos e oitenta mil, cento e setenta reais)**, incluindo o sistema de transmissão e juros durante a construção, referenciados a junho de 2021.

O custo de implantação será de aproximadamente R\$ 10.700 por kW instalado, incluindo Usina, SE, LT e juros durante a construção, e o Índice Custo-Benefício (ICB) foi estimado em 180 R\$/MWh.

Tendo como cenário atual tarifas no ACR para empreendimentos hidrelétricos de pequeno porte, verifica-se que a PCH SU-118 se mostrou bastante competitiva.

Para as próximas fases recomendam-se ações específicas visando à otimização do projeto e sua redução de custos. Dentre elas, recomenda-se que sejam iniciadas as tratativas com fornecedores de equipamentos, objetivando a customização das soluções, considerando a construção do complexo com 4 usinas de mesmo porte: SU-118 (8,50 MW), SU-104 (6,70 MW), SU-93 (9,15 MW) e SU-75 (9,10 MW), totalizando aproximadamente 32 MW, com similaridade em alguns grupos geradores e demais equipamentos.

Recomenda-se também o aprofundamento das campanhas de investigações geológico-geotécnicas, para subsidiar os estudos de otimização do arranjo, em conjunto com empreiteira civil, visando à simplificação da logística para as obras e dos custos unitários dos insumos.

Por fim, recomenda-se a realização de estudos junto à concessionária de energia, visando à definição e, se possível, simplificação do sistema de conexão para o complexo.

Por fim, com base no projeto desenvolvido e nas soluções propostas e apresentadas neste Projeto Básico de Engenharia, recomenda-se que sejam iniciadas as tratativas junto à SEMA-MT, com o objetivo de se obter um Termo de Referência para a execução dos estudos ambientais.

4. EIH E PB: CARACTERÍSTICAS E JUSTIFICATIVAS PARA ALTERAÇÕES DE PROJETO

Ao longo do desenvolvimento do Projeto Básico da PCH SU-118, buscou-se a adequação do mesmo com os parâmetros principais, definidores do potencial hidráulico, estabelecidos nos Estudos de Inventário de referência, bem como o conceito do aproveitamento ótimo, em observações e atendimento às normas vigentes.

A Tabela 4-1 apresenta um quadro comparativo de algumas características do aproveitamento contidas tanto nos estudos de inventário (valores de referência) quanto no projeto básico (valores definitivos), o que permite uma análise das principais alterações promovidas com o avanço do projeto.

Tabela 4-1: Quadro comparativo entre Inventário e Projeto Básico

Características	Estudos de Inventário	Projeto Básico
Coordenadas de referência (barramento)	12° 53' 05,1" S	12° 53' 02,28" S
	58° 40' 59,9" W	58° 40' 58,47" W
Coordenadas de referência (casa de força)	12° 52' 10,26" S	12° 52' 09,90" S
	58° 40' 40,53" W	58° 40' 40,62" W
Distância até a foz (km)	117,50	117,40
Área de drenagem (km ²)	1.400	1.400
Potência instalada (MW)	8,85	8,50
Energia média (MW médios)	7,54	7,26
Garantia Física (MW médios)	-	6,84
Número de unidades	2	2
Nível d'água de montante (m)	353,00	353,00
Nível d'água normal de jusante (m)	327,33	327,40
Queda bruta nominal (m)	25,98	25,60
Perda hidráulica nominal (m)	1,60	0,85
Queda líquida nominal (m)	24,38	24,75
Tipo de turbina	Francis, eixo horizontal	Francis, eixo horizontal
Rendimento da turbina	93,00%	93,00%
Rendimento do gerador	97,00%	97,00%
Indisponibilidade forçada	1,26%	1,26%
Indisponibilidade programada	3,73%	1,74%
Vazão de projeto do vertedouro (m ³ /s)	113,8	124,00
Vazão remanescente (m ³ /s)	10% da MLT mensal	10% da MLT mensal
Área do reservatório (km ²)	0,29	0,29
Vazão média de longo termo (m ³ /s)	41,30	37,82

Com o intuito de justificar as alterações promovidas, partiu-se para uma síntese de cada item inserido na tabela, cujas definições, verificações, dimensionamentos e particularidades são detalhados ao longo deste relatório.

- a) Coordenadas de referência: o eixo do barramento previsto no inventário sofreu um pequeno deslocamento para jusante, de aproximadamente 95 m, para melhor acomodação das estruturas. Com relação à casa de força, foram promovidos pequenos ajustes de posicionamento.
- b) Área de drenagem: não houve alteração com relação ao inventário.
- c) NA máximo de montante: não houve alteração com relação ao inventário.
- d) NA normal de jusante: de acordo com as mais recentes práticas da EPE para a habilitação de projetos para participação em leilões de energia, o NA normal de jusante é o nível d'água associado à passagem da vazão turbinada nominal de todas as unidades geradoras, sem vertimento. Para a definição do NA normal de jusante foi lançada na curva-chave do canal de fuga a vazão turbinada nominal somada à vazão remanescente máxima, observada no mês de março.
- e) Queda bruta nominal: houve uma pequena redução na queda bruta, em função da elevação em 7 cm do NA normal de jusante.
- f) Perdas hidráulicas: nos estudos de inventário as perdas de carga foram estimadas a partir de um percentual fixo da queda bruta (5%). Já no presente estudo foram levantadas equações de perda de carga em todo o circuito de adução, tendo as mesmas sido inseridas no modelo energético de simulação do aproveitamento, garantindo maior confiabilidade aos resultados.
- g) Queda líquida: a queda líquida sofreu variação com relação aos estudos de inventário, em função dos ajustes no nível nominal de jusante e nas perdas hidráulicas.
- h) Tipo de turbina e número de unidades geradoras: a solução proposta no inventário foi mantida para o projeto básico, com implantação de duas turbinas Francis simples, de eixo horizontal.
- i) Rendimento do conjunto gerador: foram utilizados rendimentos compatíveis com as máquinas propostas, obtidos a partir da experiência em projetos similares e de consultas a fornecedores especializados.
- j) Indisponibilidades forçada e programada:

A Taxa de Indisponibilidade Forçada (TEIF) reflete o número de horas em que uma ou mais unidades geradoras deixaram de operar em decorrência de um desligamento causado por falha ou defeito de um componente ou unidade que acarretem em retirada de serviço do equipamento ou parte dele. Resulta de condições de emergência ou acidentais que requeiram que o equipamento seja desligado. Desta forma, por tratar-se de ato ou evento sobre o qual não se tem domínio, a definição dos valores da TEIF deve se valer das estatísticas de usinas similares, uma vez não ser possível sua prévia mensuração. Adotou-se para a TEIF o valor de 1,26%, conforme sugerido pela ANEEL na Nota Técnica nº 063/2012-SRG-SGH/ANEEL, de 29 de agosto de 2012.

Já a Taxa de Indisponibilidade Programada (IP) reflete os desligamentos programados para manutenção nos períodos em que a unidade ou componente esteve ou poderia ter estado em serviço caso não tivesse ocorrido o desligamento. Para mensuração das taxas mais adequadas para serem adotadas no presente projeto básico, obteve-se junto à Brasil PCH S.A. (www.brasilpch.com.br), produtora independente de energia que, desde 2009, opera 13 Centrais Hidrelétricas de porte similar nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, as taxas de indisponibilidade reais observadas neste complexo. Os números indicam uma taxa de indisponibilidade total, programada e forçada, nos últimos 36 meses de operação, de 1,74%. Para determinação das taxas de indisponibilidades do projeto optou-se, de forma

conservadora, a utilizar o valor total de indisponibilidades da Brasil PCH como Indisponibilidade Programada.

- k) Vazão média de longo termo (Q_{mlt}): os estudos hidrometeorológicos, detalhados no Capítulo 6, foram atualizados e mostraram algumas diferenças em relação ao inventário, no tocante à série de vazões médias mensais.

A série de médias mensais foi atualizada até dezembro de 2020 e contemplou o monitoramento hidrométrico iniciado em 2019. Os dados medidos localmente puderam ser comparados com os dados do posto base, no mesmo período, possibilitando a correlação mais precisa.

A Figura 4-1 apresenta as curvas de permanência de vazões médias mensais para as duas fases do projeto, mostrando a redução na disponibilidade hídrica da ordem de 8%.

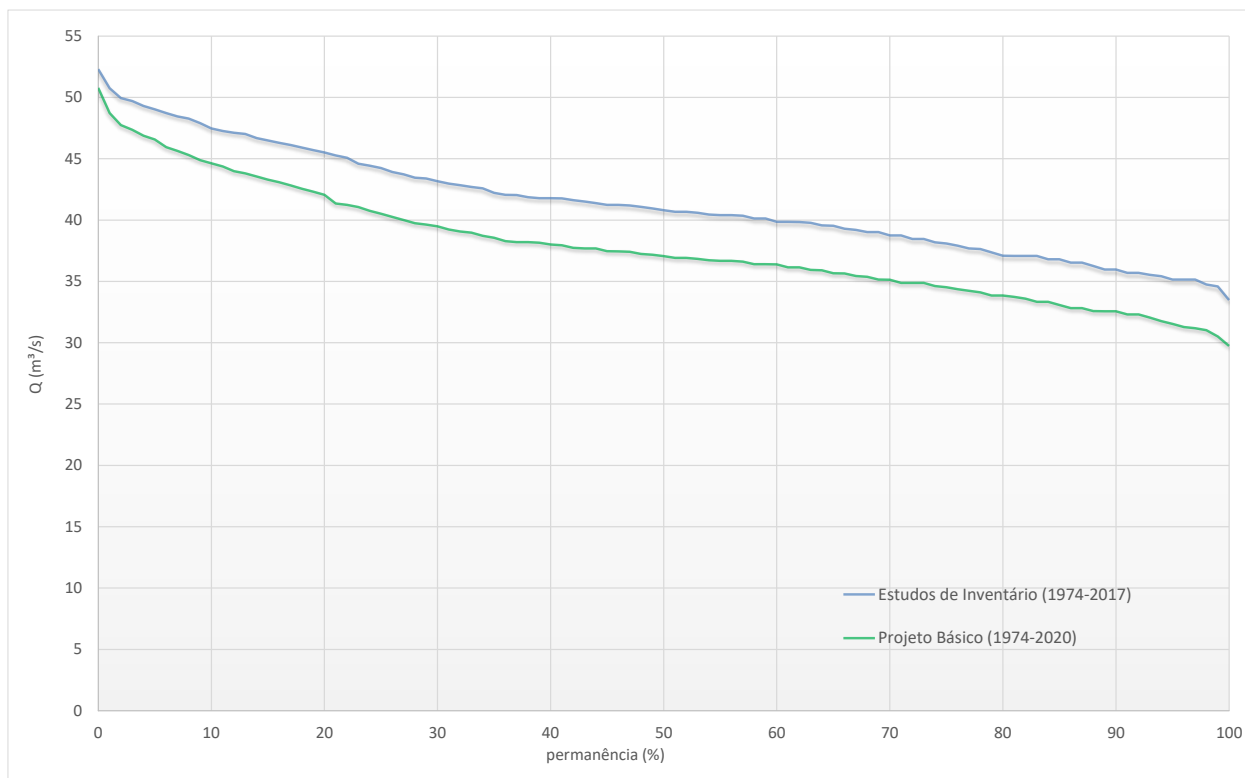


Figura 4-1: EIH e PB – Séries de vazões médias mensais – Curvas de permanência comparativas

- l) Vazão remanescente: foi mantido o critério adotado na etapa de inventário, em consonância com as normativas da SEMA-MT.
- m) Potência instalada e energia média: nos Estudos de Inventário, a potência foi definida como um valor de referência e a energia média associada a um fator de capacidade pré-determinado. Cabe à etapa de Projeto Básico definir o valor “ótimo”, ou a potência mínima a instalar, por meio dos estudos de motorização, com cálculo das variações de custo e benefício incrementais. As abordagens e metodologias aplicadas para a determinação da potência instalada encontram-se no Capítulo 11.

Tendo em vista a redução na disponibilidade hídrica com relação ao inventário, os estudos de motorização apontaram para uma potência instalada aproximadamente 4% inferior, mantendo a mesma proporção da redução na energia média. A Garantia Física, não calculada na etapa de inventário, considerou ainda as perdas elétricas e o consumo interno.

- n) Vazão de projeto do vertedouro: os estudos de vazões extremas foram atualizados, mostrando pequenas diferenças com relação ao inventário. Para a etapa de projeto básico o vertedouro foi dimensionado para a cheia com recorrência milenar, com garantia de proteção de todas as estruturas de barramento para o escoamento da cheia com recorrência decamilenar.
- o) Área do reservatório: a execução de perfilamento laser em toda a área de interesse permitiu a determinação precisa da área do reservatório, que não sofreu alteração com relação ao inventário.

Ao longo deste relatório de projeto básico são apresentados detalhadamente todos os estudos realizados e fundamentadas todas as alterações necessárias no projeto concebido nas etapas anteriores.

5. LEVANTAMENTOS CARTOGRÁFICOS E TOPOGRÁFICOS

Este capítulo tem como objetivo apresentar uma síntese dos serviços cartográficos e topográficos realizados na área prevista para implantação do aproveitamento. Ressalta-se que os mesmos atenderam plenamente às Diretrizes de Cartografia e Topografia da ANEEL, em sua última versão.

Todo o material resultante dos levantamentos cartográficos e topográficos realizados são apresentados no **Volume 3 – Tomos I e II**.

5.1. Cartografia e Topografia – Estudos de Inventário

Os levantamentos cartográficos e topográficos apresentados nos Estudos de Inventário do rio Sauê-Uiná foram desenvolvidos em dois períodos distintos. Os primeiros, no período 2010-2012, e os demais, em 2019.

Nos levantamentos de campo executados em 2010-2012 optou-se pela execução de uma restituição aerofotogramétrica em toda a área estudada, a partir de fotografias aéreas recentes e obtidas em um sobrevoo na escala 1/25.000.

Também no período 2010-2012, foram executados os seguintes serviços topográficos:

- Levantamento dos perfis topográficos dos rios Sauê-Uiná e do Calor;
- Implantação do apoio de campo – rede de apoio básico;
- Levantamento de seções topobatimétricas nos eixos de barramento definidos aquela época;
- Instalação de marcos topográficos nas proximidades dos eixos de barramento definidos aquela época;
- Cadastramento e amarração dos furos de sondagem executados;
- Amarração das estações fluviométricas instaladas.

Os serviços foram realizados pelas empresas **Aerotri Aerofotogrametria e Topografia Ltda.** (parte do apoio de campo e restituição aerofotogramétrica), **Planigeo Topografia e Geoprocessamento Ltda.** e **Novo Norte Energia e Consultoria Ltda.** (apoio de campo, perfil topográfico, seções topobatimétricas, marcos topográficos e amarração de sondagens e estações fluviométricas) e **Topowild Serviços Topográficos Ltda.** (apoio de campo e perfil do rio do Calor).

Nos levantamentos topográficos executados no ano de 2019 foi considerado o seguinte escopo de trabalho:

- Reocupação/reimplantação de marcos de apoio e marcos-base existentes na área, resultantes dos trabalhos executados em 2010-2012;
- Levantamento de pontos adicionais de níveis d'água (NA's), aproximadamente 50 pontos, em trechos de maior declividade do rio;
- Levantamento de pontos adicionais de topografia (HV's), aproximadamente 30 pontos, para atualização da restituição aerofotogramétrica elaborada em 2010-2012;
- Levantamento de 12 seções topobatimétricas adicionais;
- Reprocessamento dos pontos de níveis d'água (NA's) levantados em 2010-2012, a partir das informações atualizadas dos marcos topográficos reocupados/reimplantados;
- Reprocessamento dos pontos de topografia (HV's) levantados em 2010-2012, a partir das informações atualizadas dos marcos topográficos reocupados ou reimplantados;

- Reprocessamento das seções topobatimétricas levantadas em 2010-2012;
- Reprocessamento da amarração planialtimétrica de sondagens executadas em 2010-2012;
- Reprocessamento da amarração planialtimétrica das estações fluviométricas instaladas em 2010-2012.

A empresa **Topogeo Topografia e Geomática Ltda.** executou todos os serviços topográficos dessa etapa dos estudos de inventário.

Nas duas etapas de levantamentos, 2010-2012 e 2019, todas as operações de campo e de escritório foram executadas de maneira automatizada, com a utilização de equipamentos modernos de medição e softwares específicos.

O sistema de referência utilizado foi o SIRGAS2000. A conversão de altitudes elipsoidais para altitudes ortométricas foi feita a partir do MAPGEO2010 para os levantamentos executados em 2010-2012 e a partir do MAPGEO2015 para os levantamentos executados em 2019.

5.2. Cartografia e Topografia – Projeto Básico

Todos os levantamentos cartográficos e topográficos executados durante o desenvolvimento dos estudos de inventário foram avaliados para utilização do Projeto Básico aqui apresentado.

Dessa análise entendeu-se ser necessária a elaboração de uma nova base topográfica para o projeto, com o objetivo de caracterizar, com a máxima fidelidade, a morfologia do terreno natural no sítio de implantação das estruturas de barramento e do circuito de adução/geração.

Isso foi feito por meio da contratação de um perfilamento a laser de toda a área de interferência do futuro aproveitamento (arranjo geral das estruturas de barramento e de geração e reservatório). Esse perfilamento, com curvas de nível equidistantes de 1,0 m, foi executado pela empresa **SAI Serviços Aéreos Industriais**.

Quanto aos serviços topográficos complementares, foram especificados e executados no ano de 2021:

- Levantamento de algumas seções topobatimétricas adicionais às executadas em 2019;
- Amarração planialtimétrica dos furos de sondagens especificados para o Projeto Básico.

A empresa **Topogeo Topografia e Geomática Ltda.** foi a executora de todos os serviços topográficos complementares que subsidiaram o desenvolvimento do Projeto Básico em tela. Cabe aqui ressaltar que parte dos levantamentos executados em 2019 foi aqui utilizada, tornando-se a campanha realizada em 2021, complementar à anterior.

5.2.1. Perfilamento a Laser

O princípio básico do sistema de perfilamento a laser é a obtenção de registros contínuos de coordenadas espaciais, as quais constituem os elementos primários para a modelagem do terreno e geração de mapas topográficos derivados destas informações.

O sistema de Perfilamento a Laser Aerotransportado (ALS – Airborne Laser Scanning) é um sensor remoto ativo utilizado para medir a distância entre o sistema imageador e a superfície dos objetos. O sistema obtém dados digitais da superfície do terreno com precisão equivalente à do sistema GPS.

O LIDAR é composto por três componentes básicos: uma unidade de medição laser, encarregada de emitir e receber o sinal laser, um sistema de varredura óptico mecânico e uma unidade de registro de medições de apoio.

O princípio do seu funcionamento baseia-se na utilização de um pulso de laser que é disparado na direção da superfície, e, ao atingi-la, parte desse sinal emitido é refletida na direção do sensor. O sensor mede tanto a intensidade do sinal de retorno, como o tempo decorrido entre a emissão e a captação do retorno, o qual é utilizado para calcular a distância sensor-objeto, considerando que o pulso laser se propaga à velocidade da luz. A posição tridimensional do ponto onde o raio é refletido é determinada com base na distância entre o sensor e a superfície da terra e a orientação do raio.

A grande vantagem oferecida pelo sistema é a possibilidade de obter uma grande quantidade de dados representativos da superfície de interesse, que podem ser processados para obter modelos digitais do terreno. O maior potencial de aplicação da tecnologia de Perfilamento Laser para o mapeamento topográfico é a obtenção da informação altimétrica de uma determinada superfície utilizando metodologia diferente das tradicionais com menor tempo de trabalho.

A ortorretificação tem como objetivo a reconstrução do terreno fotografado a partir de suas fotografias. A combinação das fotografias digitais e do perfilamento a laser deu início à LIDARGRAMETRIA, onde informações resultantes do perfilamento subsidiam o processo de ortorretificação das imagens digitais.

O perfilamento a laser executado no rio Sauê-Uiná, no município de Sapezal, estado de Mato Grosso, contemplou a área indicada na Figura 5-1 e na Figura 5-2.

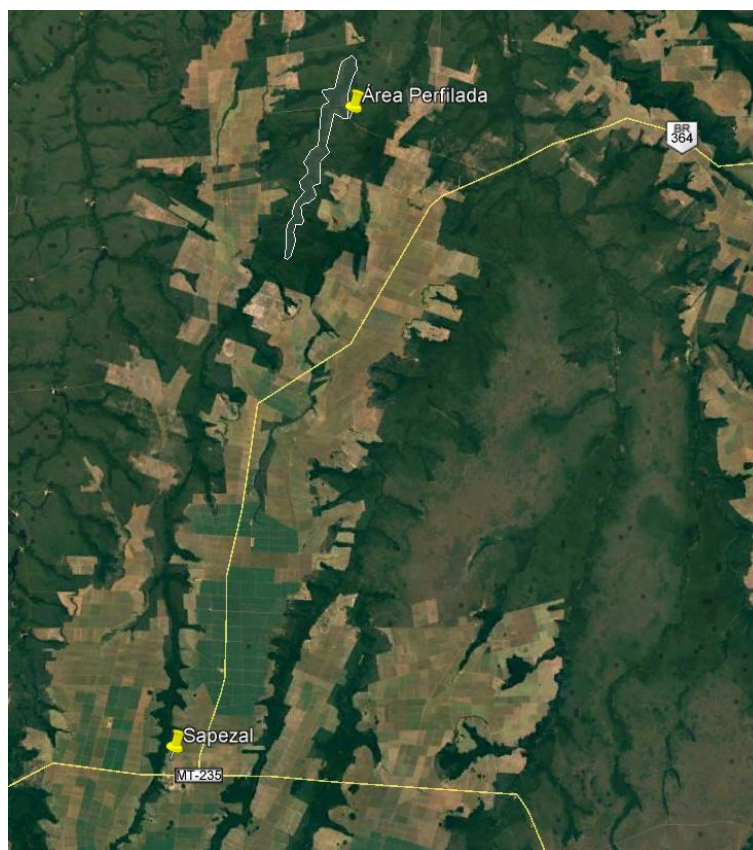


Figura 5-1: Localização da área perfilada

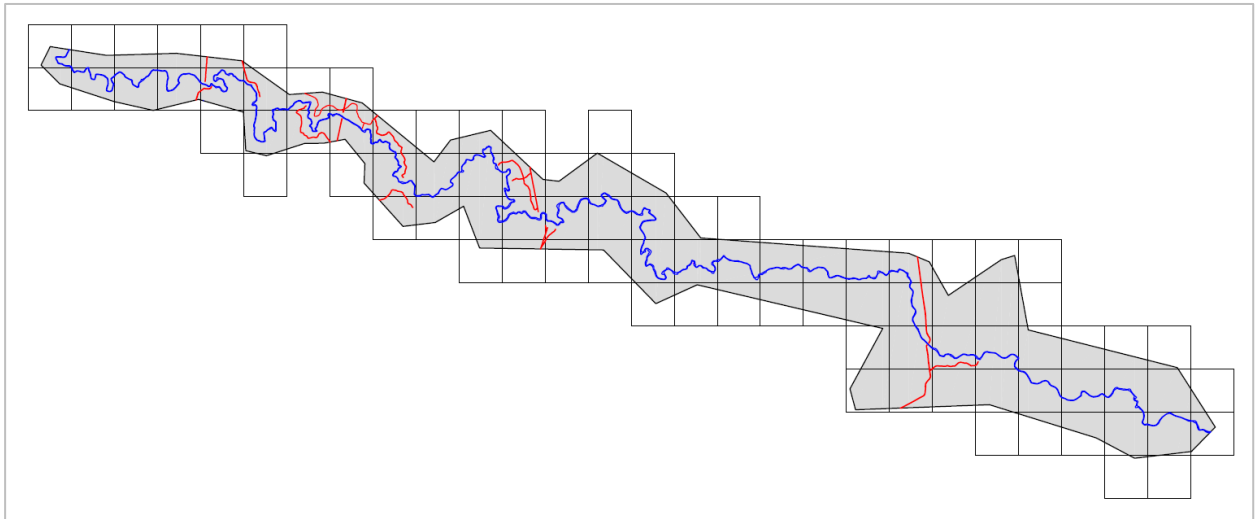


Figura 5-2: Área total do perfilamento a laser

No planejamento do trabalho foram definidas as características da aquisição dos dados, levando-se em consideração as informações fornecidas pelo cliente, e a logística do trabalho (cidades que serviram como base para as equipes de campo, postos de reabastecimento, etc.).

O princípio do perfilamento laser consiste na emissão de feixes laser infravermelho em direção a superfície terrestre, que após tocarem a superfície, são refletidos e captados pelo receptor acoplado ao equipamento. Para cada feixe emitido é registrado o tempo de percurso aeronave – objeto – aeronave. A partir do tempo de percurso do laser, é possível determinar a distância do objeto por meio da seguinte fórmula:

$$\text{Distância} = (\text{Velocidade da Luz} \times \text{Tempo de Resposta})/2$$

A definição do número de pontos por metro quadrado, a altura do voo, a sobreposição longitudinal das faixas, o tempo de aquisição e a velocidade de voo são parâmetros definidos no plano de voo.

Juntamente com a localização da área do perfilamento, essas informações definem as linhas de voo e o traçado que será executado pela aeronave para recobrir a área de interesse.

Serão apresentados a seguir os parâmetros utilizados para a configuração do plano de voo, que constituem o plano de voo analítico para o levantamento.

- Período da aquisição dos dados 05/2020
- Aeronave Aeronave Seneca IV
- Altura do voo 700 m
- Largura da faixa varredura 509 m
- Velocidade média 120 km/h
- Tempo estimado da aquisição 9 horas e 11 minutos
- Ângulo de escaneamento 40°
- Sobreposição longitudinal 32%

- Pontos/m² da aquisição2,81
- Sobreposição lateral das imagens.....60%

Os produtos desenvolvidos no perfilamento a laser foram os seguintes:

- Arquivo Texto (representam as coordenadas dos pontos do terreno – Leste, Norte, Altitude Ortométrica);
- Arquivos rinex, Receiver Independent Exchange Format, utilizados para compatibilizar os dados gerados por receptores de diferentes fabricantes e que podem ser processados por diferentes programas; estão em formato texto;
- Ortofotos (arquivos imagem resultante do processo de ortorretificação já explicado anteriormente; diferente do processo convencional de aerofotogrametria, as ortofotos no levantamento laser não têm como objetivo a geração das curvas de nível, pois para gerar as curvas utiliza-se o modelo digital do terreno, como já mencionado; as ortofotos continuam sendo ferramentas importantes na tomada de decisão, facilitando assim a identificação de hidrografias, vias de acesso e edificações; as ortofotos desse trabalho têm resolução espacial de 25 cm, estão no formato JPG + JGW e podem ser visualizadas em qualquer software de imagens ou importadas como referência externa em software como AutoCad, Microstation, entre outros);
- Curvas de Nível e Pontos Cotados (as curvas de nível são representadas pela cor sépia (marrom) e são diferenciadas em curvas de nível mestra e intermediárias; a curva mestra é indicada por uma linha mais grossa que a usual e é contada a cada cinco curvas de nível a partir da curva de valor zero; os pontos cotados são representados numericamente e indicam a sua cota ou altitude);
- Identificação de Elementos Notáveis (na vetorização são identificados e organizados em layers os principais elementos notáveis presentes nas imagens, tais como: hidrografia, vias de acesso, edificações, pontes e outros, conforme a requisitos técnicos do projeto);
- Layouts (o layout é a representação gráfica da área vetorizada para uma determinada escala e a altimetria é representada pelas curvas de nível e pelos pontos cotados; além da representação gráfica, são apresentadas as informações cartográficas, tais como, coordenadas, escala, sistema de referência, meridiano central, data e sua localização nacional);
- Mapa Hipsométrico (o mapa hipsométrico representa o relevo utilizando as curvas de nível; aos espaços entre as curvas são atribuídas cores que mostram a menor e maior declividade do relevo, e constam na legenda do mapa com seus valores máximo e mínimo para a área fornecida).

No perfilamento aqui apresentado foi perfilada uma área total de aproximadamente 50,72 km² e geradas 90 ortofotocartas, conforme mosaico disposto na Figura 5-2.

A Figura 5-3 e Figura 5-4 apresentam, respectivamente, o Modelo Digital do Terreno (MDT) e o Modelo Digital de Superfície (MDS) resultantes do levantamento.

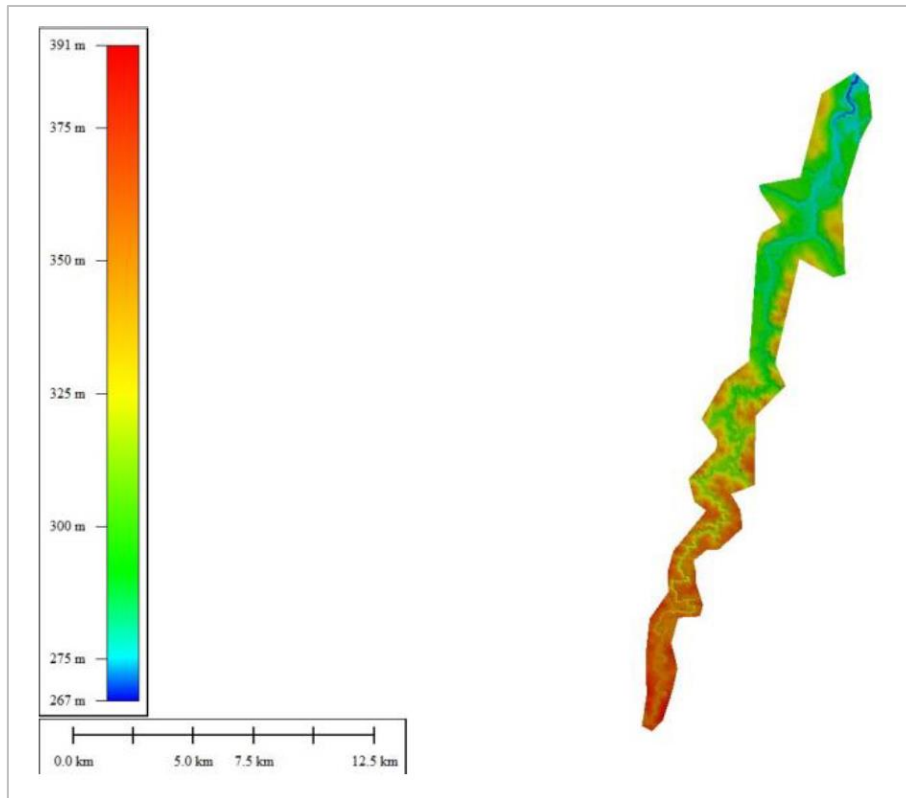


Figura 5-3: MDT do perfilamento

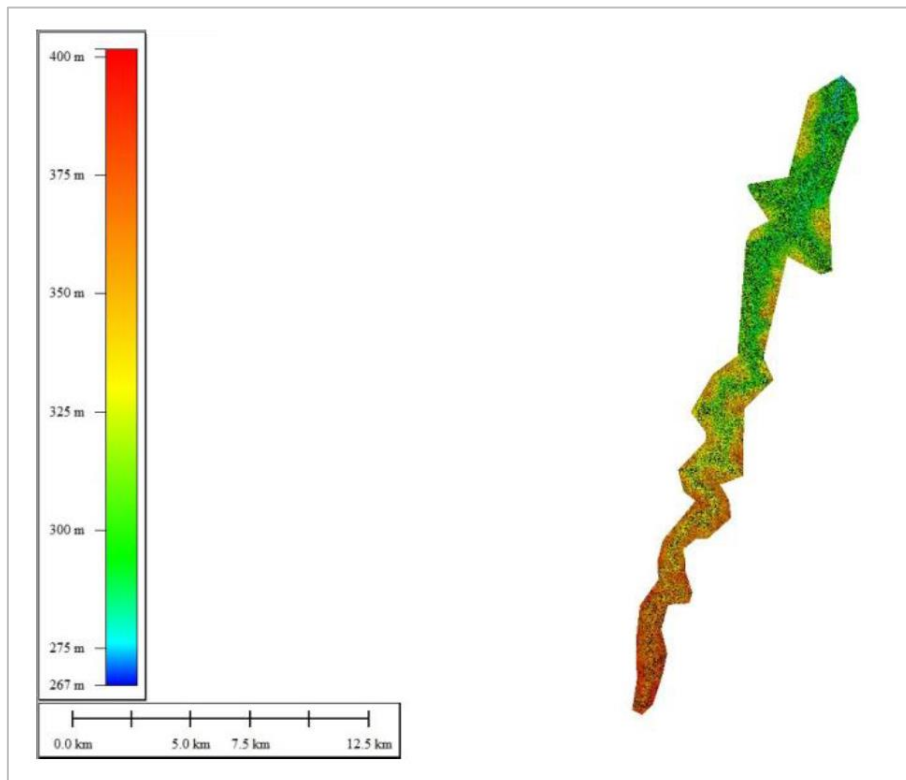


Figura 5-4: MDS do perfilamento

O sistema laser e a câmera digital podem ser instalados tanto em aviões quanto em helicópteros. Na aeronave também são instalados um sistema inercial (Unidade Inercial de Movimento (IMU)), responsável pelo registro do trabalho realizado pela aeronave e uma antena GPS, responsável pela determinação da posição da mesma em um determinado instante.

No aerolevante foram utilizados os seguintes equipamentos:

- LaserScan Optech ALTM Gemini,
- Câmera digital iXU RS 1000 RGB.

O sistema laser e as câmeras fotográficas foram montados em uma abertura no piso da aeronave, devidamente homologada, possibilitando assim que o sensor possa emitir e receber os pulsos laser e as câmeras tomem as fotografias do terreno.

Portanto, dentro da aeronave estão presentes:

- Antena GPS;
- Sistema inercial (IMU);
- Sensor laser.

5.2.2. Levantamentos Topográficos Complementares

Complementando os trabalhos topográficos executados em 2019, a empresa **Topogeo Topografia e Geomática Ltda.** voltou a campo para o levantamento de seções topobatimétricas complementares e também para a amarração planialtimétrica dos furos de sondagens especificados para o projeto do aproveitamento.

Os trabalhos topográficos foram executados nos meses de maio e junho de 2021 e contemplaram o levantamento de 01 (uma) seção topobatimétrica e a amarração planialtimétrica de 18 (dezoito) furos de sondagens.

Foram executadas as seguintes etapas no levantamento:

- Transporte de coordenadas a partir dos vértices oficiais (RBMC's IBGE) – CUIB-Cuiabá/MT, MTLA-Pontes e Lacerda/MT, ROCD-Colorado do Oeste/MT;
- Levantamento planialtimétrico da seção transversal especificada para o sítio no rio Sauê-Uiná (seção topobatimétrica);
- Amarração planialtimétrica dos furos de sondagens especificados para o projeto, com a definição das “cotas de boca” desses furos.

5.2.2.1. Metodologia Empregada nos Levantamentos

Todo o presente trabalho foi embasado nas “Diretrizes para Elaboração de Serviços de Cartografia, de Topografia e Georreferenciamento de Mapas, Desenhos e Arquivos Eletrônicos, relativos a Estudos e Projetos de Centrais Hidrelétricas”, publicadas pela ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, nas atualizações das recomendações, normas e notas técnicas emitidas pela ANEEL, na NBR 13.133 (maio/1994), referente à execução de levantamento topográfico, bem como, nas Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos publicados pelo IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Para o transporte das coordenadas e altura geométrica para os marcos reocupados ou implantados foi utilizado equipamento GNSS (GPS/GLONASS), simultâneos aos vértices oficiais RBMC's (IBGE), CUIB-Cuiabá/MT, MTLA-Pontes e Lacerda/MT, ROCD-Colorado do Oeste/MT, com máscara de elevação de 10° e taxa de coleta a cada 15 segundos, como determina a norma e ainda obedecendo ao tempo mínimo para rastreamento, dado pela Tabela 5-1.

Tabela 5-1: Tempo mínimo de rastreamento

Linha de Base	Tempo de Observação	Equipamento Utilizado	Precisão
0 – 5 km	5 – 10 minutos	L1 ou L1/L2	5 – 10 mm + 1 ppm
5 – 10 km	10 – 15 minutos	L1 ou L1/L2	5 – 10 mm + 1 ppm
10 – 20 km	10 – 30 minutos	L1 ou L1/L2	5 – 10 mm + 1 ppm
20 – 50 km	2 – 3 horas	L1/L2	5 mm + 1 ppm
50 – 100 km	Mínimo de 3 horas	L1/L2	5 mm + 1 ppm
> 100 km	Mínimo de 4 horas	L1/L2	5 mm + 1 ppm

Nos trabalhos desenvolvidos em 2019, referentes aos Estudos de Inventário, foi reocupado o seguinte conjunto de marcos:

- MQ06, M03, M-A5, BASE-009, BASE-001, BASE-002, BASE-003, BASE-03NN, BASE-004, BASE-05, BASE-006, BASE-007, BASE-008, M-1, M-2, M-A1, M-A2, M-A4, MC-01, MC-03, MC-02, MC-04, MC-05, MC-08, PT01, PT08, MC-06 e MC-07.

Além desses, àquela época foram implantados novos marcos, listados a seguir:

- BASE-04NN, BASE-008B, M-A7, M-A8, M-A9 e M-A11.

Para o levantamento das seções topobatimétricas especificadas, por técnicas GNSS (GPS/GLONASS), todos os marcos implantados nas duas margens foram adotados como referência.

No levantamento dessas seções, pelo método de locação de linha, seguiu-se coletando pontos a partir do marco instalado na margem esquerda, com orientação em ponto de rastreamento na mesma margem esquerda, até se chegar ao ponto instalado na margem direita. Dessa forma, tornou-se possível verificar o fechamento da poligonal.

Nos trabalhos de campo para levantamento das seções topobatimétricas foi utilizado um bastão equipado com um prisma refletivo em sua extremidade superior. Assim sendo, os dados levantados foram gravados na memória do equipamento (Estação Total), depois descarregados em escritório e processados por software comercial (TopoGRAPH V.403).

O processamento e ajustamento das coordenadas dos marcos reocupados ou implantados foram realizadas utilizando-se o software MAGNET TOOLS V.4.2, com vantajosa exposição de gráficos e relatórios preliminares, permitindo análise detalhada de cada vetor. Em seguida, foram realizados os processamentos e ajustamentos definitivos dos vetores, conforme relatórios de processamento dos levantamentos (**Volume 3**), obtendo-se assim as coordenadas de cada marco, com precisões sempre melhores que as estabelecidas nas normas e diretrizes de topografia.

As listagens completas de todos os cálculos realizados – processamento de vetores, ajustamento de rede GNSS (GPS/GLONASS) – estão apresentadas no **Volume 3** destes Estudos de Projeto Básico.

Para obtenção das coordenadas dos marcos reocupados/implantados foram realizadas as seguintes etapas:

- Transferência automática dos arquivos brutos dos receptores GNSS para o computador, por meio de cabo de comunicação (USB). O programa para realizar esta atividade foi o PCCDU v.7.12;

- Exportação dos arquivos brutos para o formato RINEX, utilizando o programa TOPCON LINK v.8.2;
- Utilização do software MAGNET TOOLS v.4.2;
- Importação dos arquivos RINEX dos marcos reocupados/implantados;
- Importação dos arquivos RINEX dos marcos do IBGE (RBMC's): CUIB-CUIABÁ/MT; MTLA-Pontes e Lacerda/MT; ROCD-Colorado do Oeste/MT;
- Introdução das coordenadas SIRGAS2000, dos pontos de controle vertical e horizontal segundo monografia homologada pelo IBGE (marcos do IBGE);
- Processamento e seleção dos melhores vetores;
- Ajustamento da rede, seguindo o estilo dado pela Figura 5-5.

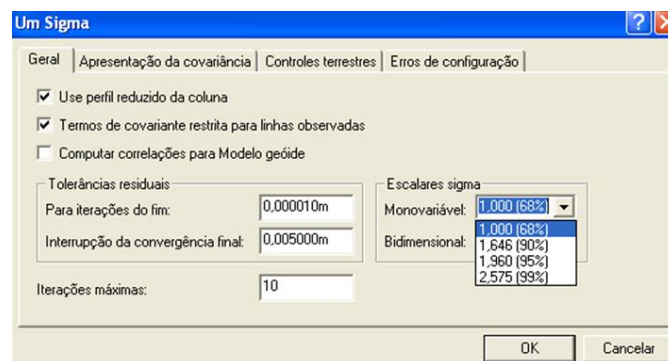


Figura 5-5: Ajuste realizado "UM SIGMA", com 68,7% de confiabilidade

- Listagem de relatórios.

A Figura 5-6 apresenta o esquema do transporte da base de apoio utilizando-se as RBMC's (IBGE).

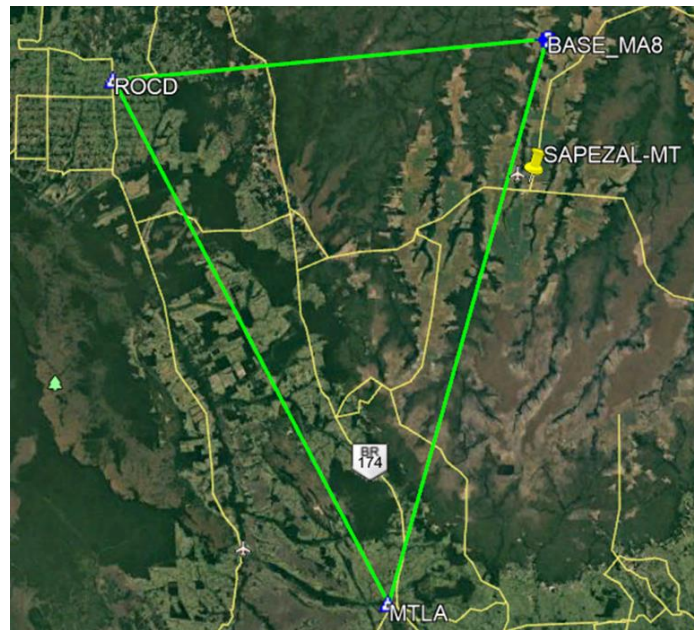


Figura 5-6: Transporte da base de apoio utilizando as RBMC's selecionadas

O processamento dos arquivos GNSS (GPS/GLONAS) dos marcos reocupados/implantados, dos marcos das novas seções topobatimétricas e dos pontos correspondentes aos furos de sondagens foi realizado a partir das coordenadas dos marcos geodésicos já listados. Para tanto, foi utilizado o software MAGNET TOOLS v.4.2., com precisões sempre melhores que as estabelecidas nas normas e diretrizes de topografia adotadas como referência.

As listagens completas de todos os cálculos realizados – processamento de vetores, ajustamento de rede GNSS (GPS/GLONNAS) – estão apresentados no **Volume 3** destes Estudos de Projeto Básico.

No processamento em questão foram realizadas as seguintes etapas:

- Transferência automática dos arquivos brutos dos receptores GNSS para o computador por meio de cabo de comunicação (USB). O programa para realizar esta atividade foi o PCCDU v.7.12;
- Exportação dos arquivos brutos para o formato RINEX, utilizando o programa TOPCON LINK v.8.2;
- Utilização do software MAGNET TOOLS v.4.2;
- Importação dos arquivos RINEX do marco de apoio mais perto do local dos pontos (ver relatórios de NA's e HV's – **Volume 3**);
- Introdução das coordenadas SIRGAS2000, dos pontos de controle vertical e horizontal;
- Processamento e seleção dos melhores vetores;
- Listagem de relatórios;
- Exportação de coordenadas.

A Figura 5-7 e a Figura 5-8 apresentam os esquemas empregados nos levantamentos das seções topobatimétricas e na amarração planialtimétrica da localização dos furos de sondagens.



Figura 5-7: Esquema empregado na implantação dos marcos das seções topobatimétricas

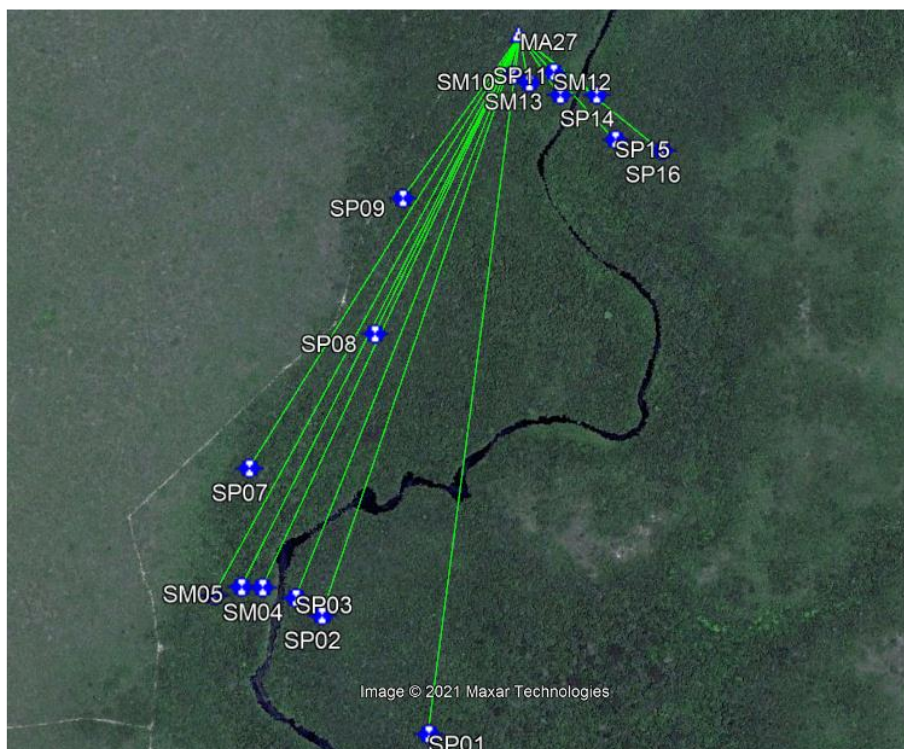


Figura 5-8: Esquema empregado na amarração planialtimétrica dos furos de sondagens

O processamento dos arquivos referentes ao levantamento das seções topobatimétricas tiveram como apoio os pontos topográficos implantados nas margens (definição da seção topobatimétrica), conforme relatório de processamento apresentado no **Volume 3** destes Estudos de Projeto Básico. Nesse processamento foi utilizado o software TOPOGRAPH v.4.03 e as precisões alcançadas foram sempre melhores que as estabelecidas em normas e diretrizes de topografia.

As listagens completas de todas as seções topobatimétricas encontram-se no **Volume 3** destes Estudos de Projeto Básico.

No processamento em questão foram realizadas as seguintes etapas:

- Transferência automática dos arquivos brutos da coletora para computador por meio de cabo de comunicação (USB);
- Utilização do TOPOGRAPH v.4.03;
- Formatação da caderneta de campo formato *.C21;
- Geração de pontos com coordenadas Norte, Este e altitude elipsoidal;
- Cálculo da ondulação geoidal de cada ponto utilizando o MAPGEO2015 V1;
- Listagem de relatórios com as devidas altitudes ortométrica.

Para o transporte de altitude ortométrica foi utilizado o método direto. Neste método, o transporte de altitude é realizado com posicionamento GNSS para obtenção da componente vertical – altura elipsoidal (h). A ondulação geoidal é obtida no modelo geoidal brasileiro – MAPGEO 2015 v.1.0 (IBGE).

Sendo assim,

$$H = h - N$$

Onde:

- H é a altura ortométrica do ponto, medida em metros;
- h é a altura elipsoidal determinada pelo processamento GNSS, medida em metros;
- N é a ondulação geoidal obtida pelo MAPGEO 2015 V.1.0, medida em metros.

A Figura 5-9 ilustra o cálculo da altitude ortométrica utilizando-se o programa MAPGEO 2015 v. 1.0 (IBGE).

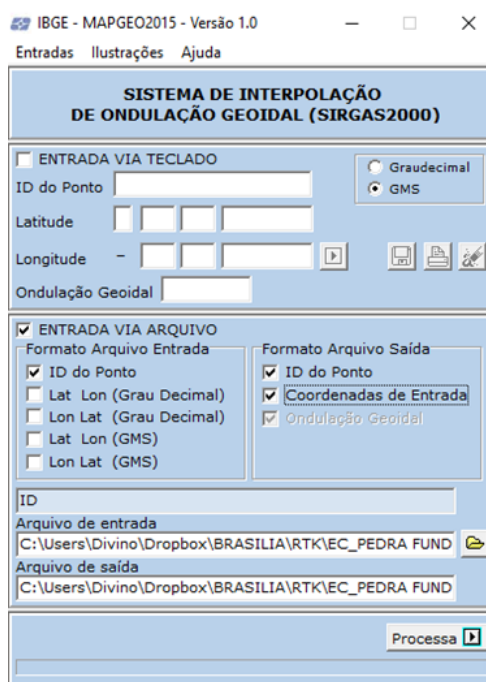


Figura 5-9: Tela MAPGEO2015 para determinação da ondulação geoidal método direto

Em seguida serão listados os principais pontos acerca do *Datum* dos levantamentos topográficos aqui apresentados.

- Sistema Geodésico de Referência: Sistema de Referência Terrestre Internacional – ITRS (International Terrestrial Reference System).
- Figura geométrica para a Terra:
Elipsoide do Sistema Geodésico de Referência de 1980 (Geodetic Reference System 1980 – GRS80).
Semieixo maior $a = 6.378.137$ m
Achatamento $f = 1/298,257222101$
- Origem: centro de massa da Terra.
- Orientação: Polos e meridiano de referência consistentes em $\pm 0,005''$ com as direções definidas pelo BIH (Bureau International de l'Heure), em 1984,0.
- Estações de Referência: As 21 estações da rede continental SIRGAS2000 estabelecidas no Brasil constituem a estrutura de referência a partir da qual o sistema SIRGAS2000 é materializado em território nacional. Está incluída nestas tabelas a estação SMAR, pertencente à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema GPS (RBMC), cujas coordenadas foram determinadas pelo IBGE posteriormente à campanha GPS SIRGAS2000.
- Época de Referência das coordenadas: 2000,4
- Materialização: Estabelecida por intermédio de todas as estações que compõem a Rede Geodésica Brasileira, implantadas a partir das estações de referência.
- Datum Horizontal: SIRGAS 2000
- Datum Vertical: IMBITUBA/SC

- Sistema de coordenadas plano retangulares UTM (Universal Transversa de Mercator).

Conforme já relatado, o georreferenciamento dos marcos e outros serviços executados no rio Sauê-Uiná foram realizados a partir dos marcos RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – IBGE): CUIB-Cuiabá/MT; MTLA-Pontes e Lacerda/MT; ROCD-Colorado do Oeste/MT. As monografias desses marcos são apresentadas no **Volume 3** desses Estudos de Projeto Básico.

Foram utilizados para o georreferenciamento dos marcos implantados três unidades de receptores GNSS (GPS/GLONAS) marca TOPCON, modelo HIPER+, L1/L2, de 72 canais e marca CHC modelo I50, L1/L2, com 624 canais.

Os softwares utilizados nesta campanha de trabalho foi o Magnet Tools v.4.2, TopoGRAPH v.4.03 e AutoCAD 2019.

As especificações dos equipamentos utilizados nesses levantamentos topográficos complementares são:

- Receptores marca CHC – modelo I50 a prova d'água com 624 canais paralelos, fase completa das portadoras L1 e L2, memória interna de 8 GB, capacidade de rastrear GPS e GLONAS e outros, nos métodos estático, estático-rápido, Stop & Go, cinemático e contínuo e RTK. Precisão de 3 mm+0,5 ppm RMS na planimétrica (X,Y), e 5 mm + 0,5 ppm RMS para altimetria (Z), para levantamentos estáticos. Alimentado por baterias internas recarregáveis de NiCd, com autonomia para 10 horas de uso contínuo (rastreamento/gravação a uma taxa de 1 segundo);
- Receptores marca Topcon – modelo Hiper+ a prova d'água com 40 canais paralelos, fase completa das portadoras L1 e L2, memória interna de 32 MB, capacidade de rastrear GPS e GLONAS nos métodos estático, estático-rápido, Stop & Go, cinemático e contínuo. Precisão de 3 mm+0,5 ppm RMS na planimetria (X,Y), e 5 mm + 0,5 ppm RMS para altimetria (Z), para levantamentos estáticos. Alimentado por baterias internas recarregáveis de NiCd, com autonomia para 10 horas de uso contínuo (rastreamento/gravação a uma taxa de 1 segundo);
- Estação Total, marca Topcon, modelo 236 W com precisão angular de 6'' e linear de 2 mm+2 ppm.

5.2.2.2. Resumo dos Resultados dos Levantamentos

Da Figura 5-10 até a Figura 5-12 são apresentadas as seções topobatimétricas levantadas para o sítio da PCH, incluindo as 02 (duas) seções levantadas na etapa dos Estudos de Inventário. A Tabela 2-1 apresenta o resumo da amarração planialtimétricas dos furos de sondagens especificados para o projeto em tela.

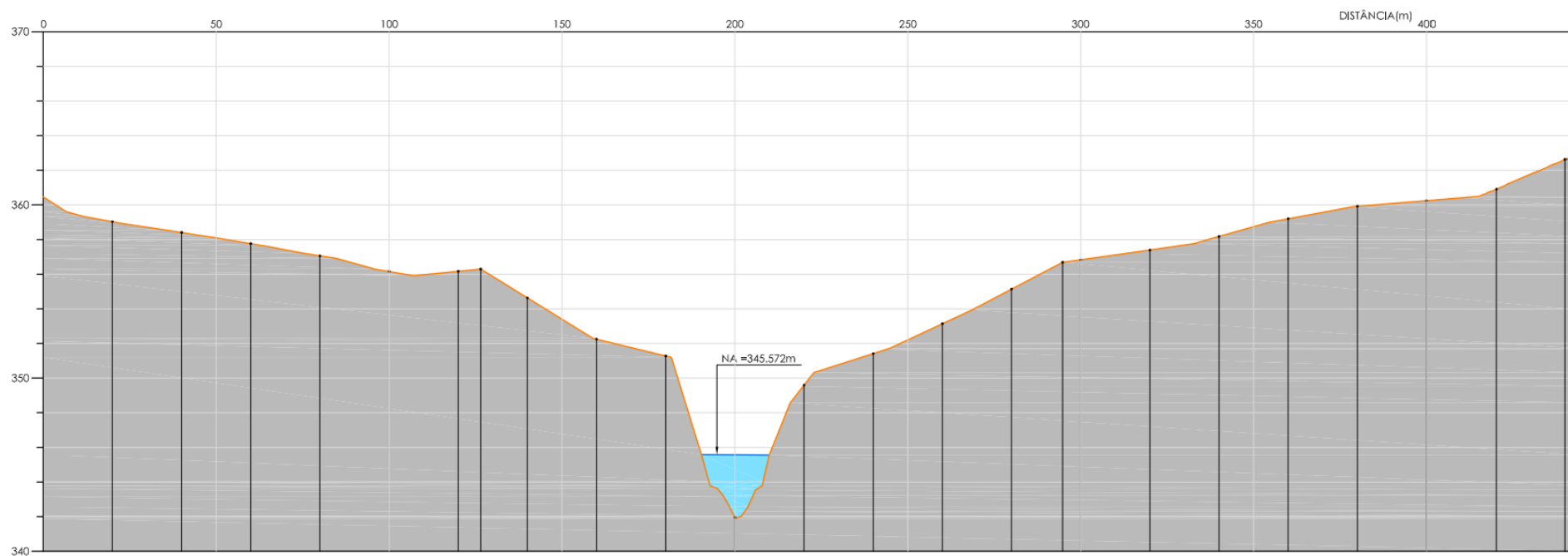


Figura 5-10: Seção topobatimétrica complementar SBT-23

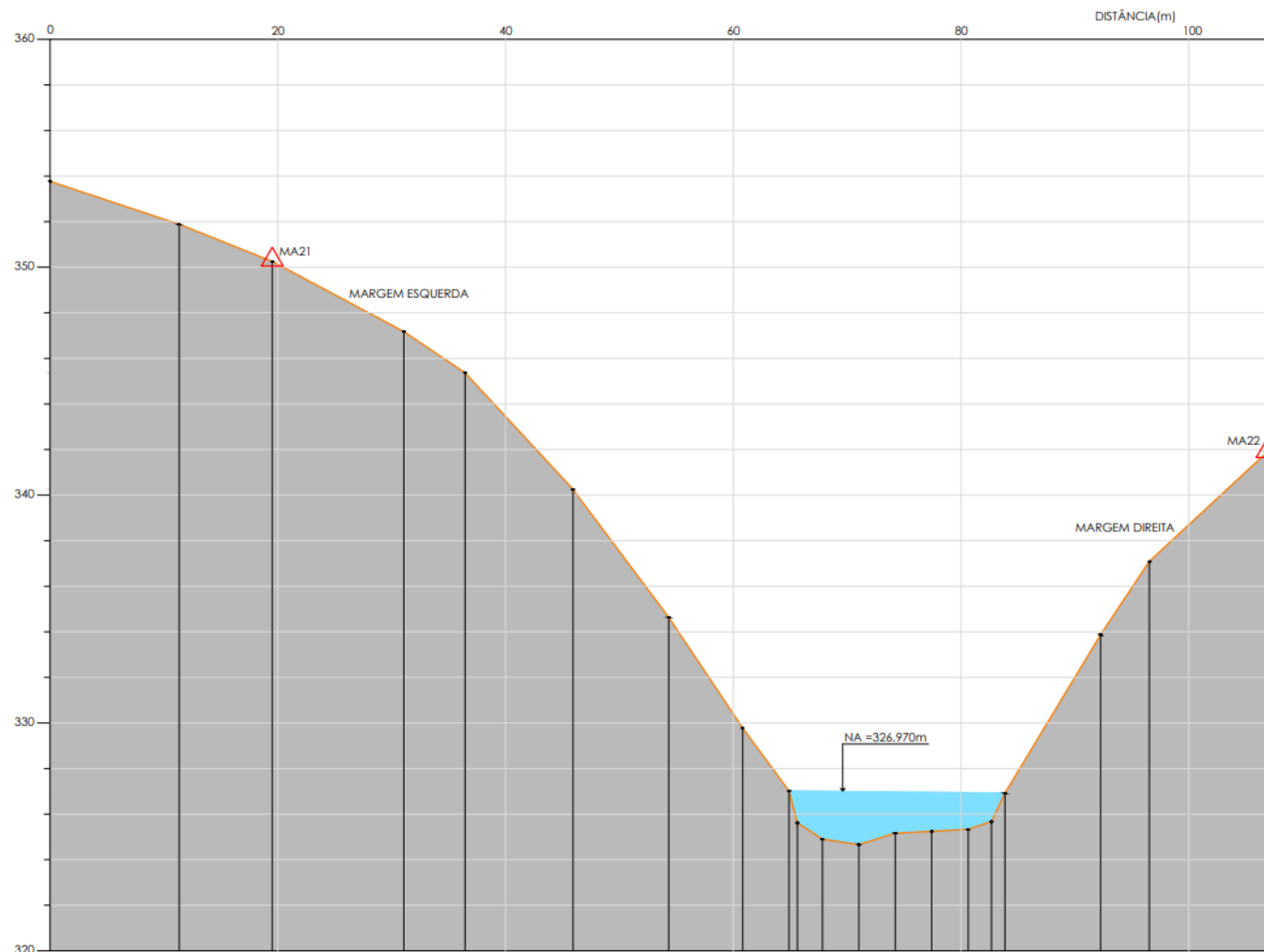


Figura 5-11: Seção topobatimétrica complementar SBT-7 (Estudos de Inventário; 2019)

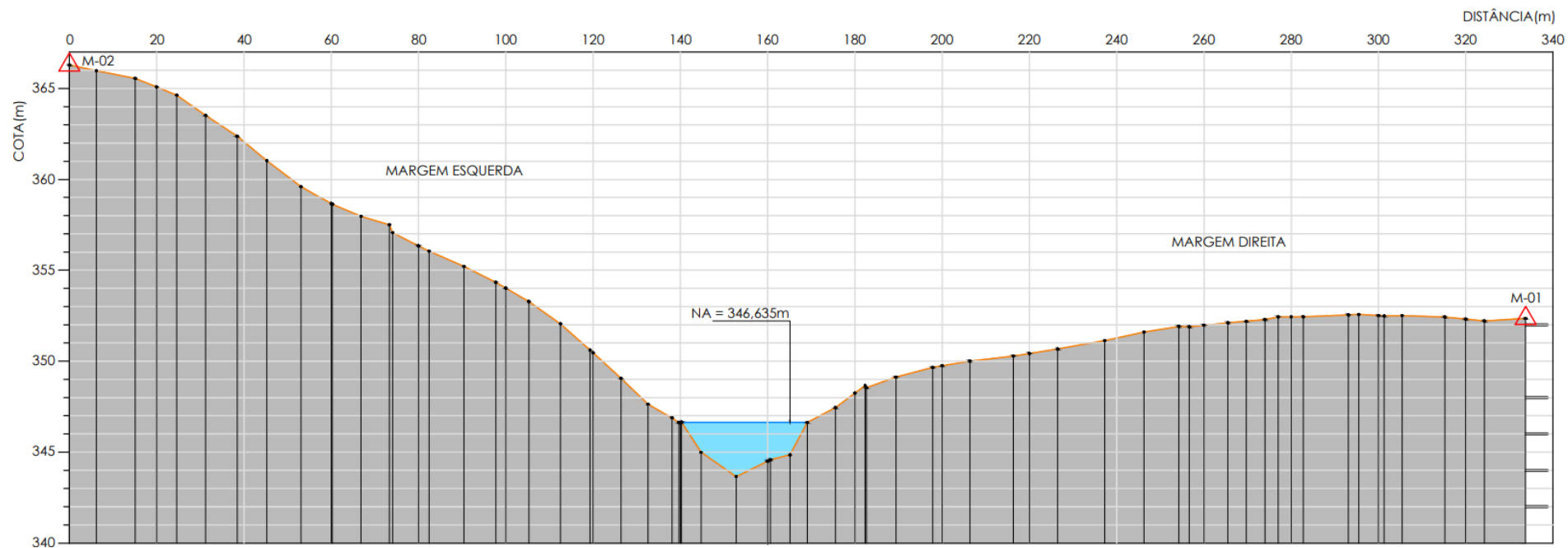


Figura 5-12: Seção topobatimétrica complementar SBT-8 (Estudos de Inventário; 2019)

Tabela 5-2: Amarração planialtimétrica dos furos de sondagens

Sondagem	Coordenada Norte (m)	Coordenada Este (m)	Altura Ortométrica "Cota de Boca" (m)
SM02	8.575.098,230	317.425,361	350,680
SM03	8.575.079,448	317.371,880	348,928
SM05	8.575.125,288	317.355,413	355,833
SM07	8.575.440,886	316.989,044	356,311
SM15	8.576.575,176	317.818,624	351,990
SM17	8.576.700,385	317.911,283	349,402
SM18	8.576.713,620	317.923,280	345,108
SP01	8.575.056,214	317.445,719	355,024
SP04	8.575.121,780	317.378,693	351,188
SP06	8.575.243,568	317.150,359	357,396
SP08	8.575.717,462	317.065,444	356,367
SP09	8.575.901,435	317.207,922	360,762
SP10	8.576.036,759	317.262,230	356,047
SP11	8.576.207,148	317.372,839	354,288
SP12	8.576.357,253	317.580,571	355,866
SP13	8.576.492,688	317.726,775	354,359
SP14	8.576.529,118	317.772,316	348,121
SP16	8.576.617,430	317.856,472	353,662

6. ESTUDOS HIDROMETEOROLÓGICOS

Este capítulo tem por objetivo consolidar os estudos hidrometeorológicos realizados para o projeto básico da PCH SU-118, localizada no rio Sauê-Uiná, afluente do rio Papagaio, que por sua vez é afluente do rio Juruena, sub-bacia 17, bacia do rio Amazonas, no Estado do Mato Grosso.

Estão apresentados neste item a caracterização fisiográfica e climatológica da bacia, os estudos hidrológicos que abrangeram a coleta, análise e tratamento de dados pluviométricos e fluviométricos na região de interesse, geração da série de vazões médias mensais e permanência de vazões, vazões extremas, vazões mínimas, curvas cota-área-volume, determinação da evaporação líquida nos reservatórios, tempos de enchimento, assoreamento e estimativa de vida útil.

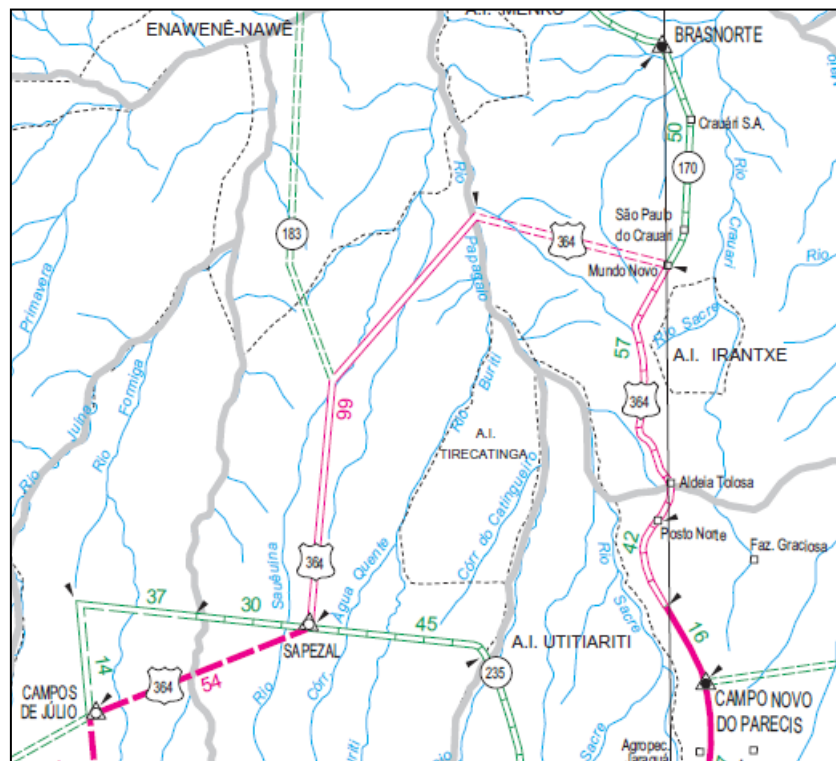
6.1. Caracterização Fisiográfica da Bacia

As principais características fisiográficas da bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná, no local da PCH SU-118, são analisadas neste capítulo, de modo a identificar as suas influências e relações com o comportamento do escoamento fluvial.

6.1.1. Localização e Hidrografia

A bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná está localizada na porção Oeste do estado do Mato Grosso, situando-se, aproximadamente, entre os paralelos 12° e 14° Sul e entre os meridianos 58° e 59° Oeste.

A bacia do rio Sauê-Uiná está localizada entre os municípios de Campos de Júlio e Sapezal, estando mais próximo deste último, sendo cortado pela rodovia federal BR-364, uma das principais vias de ligação do Estado, em seu trecho alto. A Figura 6-1 é apresentada a localização da bacia.



FONTE: DNIT – 2002

Figura 6-1: Rio Sauê-Uiná – Localização

A bacia do rio Sauê-Uiná limita-se ao Norte com a bacia do rio Papagaio, do qual é afluente. Ao Sul com a bacia do rio Buriti, a Leste com a bacia deste último (trecho alto) e com a bacia do rio Papagaio (trecho baixo). A Oeste com a bacia do rio Juruena, estando muito próximo a este rio.

O rio Sauê-Uiná pertence à bacia hidrográfica do rio Amazonas, bacia 1, de acordo com a classificação usual utilizada no Setor Elétrico. Desenvolve-se, no eixo Sul-Norte, com pequeno desvio para a direção Noroeste. Apresenta forma alongado em todo o seu percurso.

O rio Sauê-Uiná nasce a uma altitude de 570 m, na Chapada dos Parecis, e deságua no rio Papagaio a uma altitude de 247 m, sendo que em seu curso percorre uma extensão total de 256 km. Pela margem direita, o seu principal afluente é o rio do Calor com 120 km de extensão, e pela margem esquerda o Córrego Sapezal com 64 km de extensão. Os demais afluentes são pequenas drenagens, e perfazem o total de 77 km de extensão.

O rio do Calor, principal afluente do rio Sauê-Uiná, nasce a uma altitude de 510 m, na Chapada dos Parecis, e deságua no rio Sauê-Uiná a uma altitude de 255 m, sendo que em seu curso percorre uma extensão total de 120 km. Apresenta duas drenagens mais significativas, uma pela margem esquerda, com 6,5 km de extensão, e outra pela direita, com 8,8 km de extensão, ambas inominadas.

6.1.2. Área de Drenagem e Perímetro

Para a determinação da área da bacia hidrográfica da PCH SU-118, no rio Sauê-Uiná, foi utilizada metodologia similar àquela preconizada pela ANA na revisão das áreas de drenagem dos postos de sua rede básica.

A delimitação das bacias hidrográficas foi realizada com base em dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), com resolução espacial de 90m, a partir dos quais foi possível gerar um modelo digital do terreno (MDT) da área estudada. Os dados da região de interesse foram baixados no site do projeto “Brasil em Relevo”, de iniciativa da Embrapa, o qual recuperou e tratou os arquivos brutos do projeto SRTM e disponibiliza os produtos consistidos de acordo com a divisão do IBGE de cartas na escala 1:250.000.

Para a aferição da área de drenagem da PCH foram utilizadas a carta SD-21-V-A, SD-21-V-B, SD-21-V-C e SD-21-V-D.

Com o auxílio o pacote de ferramentas hidrológicas da extensão Spatial Analyst Tools e o software ArcGIS, foi possível delimitar de forma automática os divisores topográficos naturais das bacias hidrográficas nos exutórios de interesse.

Além do método descrito, as áreas obtidas também contaram com verificação por meio das seguintes cartas na escala 1:100.000 e 1:250.000, detalhadas na Tabela 6-1.

Tabela 6-1: Cartas utilizadas nos levantamentos de áreas de drenagem de locais na bacia

Codificação	Nome	Escala	Voo		Apoio Suplementar		Restituição		
			Data	Executora	Data	Executora	Data	Executora	
SD.21-V-A	MI-337	Aldeia Espirito	1:250.000	1967	AST-10-USAFA	1979	DSG - 2ª DL	1981	DSG - 5ª DL Em aparelho de 2ª ordem
SD.21-V-B	MI-338	Rio Treze de Maio	1:250.000	1967	AST-10-USAFA	1979	DSG - 2ª DL	1980	DSG - 5ª DL Em aparelho de 2ª ordem
SD.21-V-C-VI	MI-2016	Cabeceira do Sauê-Uiná	1:100.000	1974	SACS	1974	DSG	1975	DSG - 5ª DL Em aparelho de 2ª ordem

Codificação		Nome	Escala	Voo		Apoio Suplementar		Restituição	
				Data	Executora	Data	Executora	Data	Executora
SD.21-V-C-III	MI-1969	Rio do Calor	1:100.000	1974	SACS	1974	DSG	1975	DSG - 5ª DL Em aparelho de 2ª ordem

Estas cartas foram escaneadas, digitalizadas e trabalhadas no *software* AutoCad.

As áreas de drenagem nos locais de interesse aos estudos hidrológicos foram determinadas com base na delimitação dos divisores topográficos.

Na bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná não foram identificados, com base nas suas características geológicas, pontos de fuga de água que possam comprometer negativamente valores de vazão que serviram de base para a determinação das séries de descargas nos aproveitamentos.

O critério básico para a determinação das áreas de drenagem nos locais de interesse considerou que o escoamento superficial ocorre sempre perpendicularmente às curvas de nível, de um ponto de maior energia potencial para outro de menor, e em direção aos talwegues. Com isso, foram delimitadas as áreas que contribuem com escoamento superficial para os locais de interesse.

Com os divisores estabelecidos, as áreas foram determinadas automaticamente usando o *software* citado. Ressalta-se que todos os demais parâmetros apresentados em itens posteriores, relacionados às bacias hidrográficas, como perímetros, foram também fixados por este procedimento.

A bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná tem, até a sua foz, área de drenagem igual a 3.410 km², e perímetro de 485 km. Especificamente no local da usina, a bacia apresenta área de 1.400 km² e perímetro igual a 283 km.

6.1.3. Índice de Compacidade

O Índice de Compacidade é definido como a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. Relacionando-se este com a superfície da bacia hidrográfica obtém-se:

$$K_c = 0,28 \times \left(\frac{P}{A^{0,5}} \right)$$

onde P = perímetro da bacia, e A = área de drenagem.

O Índice de Compacidade é uma medida do grau de irregularidade da bacia, já que para uma bacia circular ideal ele é igual a 1. Desde que outros fatores não interfiram, quanto mais próximo da unidade for o índice de compacidade maior será a propensão à ocorrência de picos elevados de enchentes. Para a bacia da PCH SU-118 tem-se $K_c = 2,12$, o que reflete a sua forma alongada.

6.1.4. Fator de Forma

O Índice de Conformação ou Fator de Forma (K_f) é a relação entre a área de drenagem da bacia hidrográfica e o quadrado de seu comprimento axial, medido ao longo do curso d'água principal, desde a foz até a cabeceira (nascente) mais distante, próxima do divisor de águas (topográfico) da bacia, ou seja:

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

O Índice de Conformação relaciona a forma da bacia com um retângulo. Numa bacia estreita e longa, a possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo, ao mesmo tempo, toda sua extensão, é menor que em bacias largas e curtas. Desta forma, para bacias de mesmo tamanho, será menos sujeita às enchentes aquela que possuir menor fator de forma.

Para a bacia do rio Sauê-Uiná no local da PCH SU-118, $K_f = 0,08$, o que indica uma menor propensão às enchentes.

6.1.5. Declividade Média

A velocidade do escoamento em um rio depende da declividade dos canais fluviais. Quanto maior a declividade, maior será a velocidade de escoamento e mais pronunciados e estreitos serão os hidrogramas das enchentes. Declividade Média (S), em m/km, é dada pela seguinte expressão:

$$S = \frac{H}{L}$$

Onde, H é a diferença entre cotas do ponto mais afastado e a foz (desnível, em metros) e L o comprimento total do curso d'água principal, em (km).

No caso do trecho em estudo do rio Sauê-Uiná, a declividade média é igual a 1,74 m/km.

6.1.6. Densidade de Drenagem

A densidade de drenagem (D_d) é a relação entre o comprimento total dos cursos d'água de uma bacia e sua área total. Este índice fornece uma indicação da eficiência da drenagem, ou seja, da maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica. É obtida pela seguinte equação:

$$D_d = \frac{L_t}{A}$$

D_d maior ou igual a 3,5 km/km² - bacias bem drenadas

D_d da ordem de 0,5 km/km² - drenagem pobre

A bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná possui uma densidade de drenagem pobre, uma vez que $D_d = 0,14$ km/km².

6.1.7. Tempo de Concentração

O Tempo de Concentração (t_c) mede o tempo necessário para que toda a bacia contribua para o escoamento superficial numa seção considerada, ou seja, é o tempo em que a gota que se precipita no ponto mais distante da seção considerada, leva para atingir essa seção. Pela Fórmula de Kirpich, o tempo de concentração de uma bacia, em minutos, é dado pela seguinte equação:

$$t_c = 57 \left(\frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0,385}$$

Sendo:

t_c : tempo de concentração (min);

L : comprimento total da bacia, medido ao longo do talvegue principal até o divisor de águas (km);

ΔH : diferença de nível entre o ponto mais a montante da bacia e seu exutório na foz, em (m).

Para a bacia da PCH SU-118, o tempo de concentração pela fórmula de Kirpich é igual a 33 horas. Pelo valor calculado, pode-se considerar que a bacia do rio Sauê-Uiná, no ponto de interesse, possui hidrograma de cheia pouco acentuado, com pico sendo atingido mais lentamente.

6.1.8. Geologia

Conforme já constatado nos Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Juruena, a região na qual bacia do rio Sauê-Uiná insere-se está posicionada em terrenos predominantemente sedimentares, sendo formados por arenitos de alta porosidade e que constituem aquíferos de elevada capacidade de armazenamento, fazendo com que as descargas dos cursos d'água sejam pouco variáveis ao longo do ciclo anual.

Assim, a produção hídrica de superfície na região apresenta variabilidade espacial e sazonal fortemente associada ao regime das chuvas e às características dos solos e da vegetação presentes nas sub-bacias dos seus principais formadores. Na época das chuvas, a maior parcela da água que atinge a superfície do terreno se infiltra e sofre um movimento descendente, até atingir uma zona onde fica armazenada nos vazios, poros e fraturas, passando assim a integrar o lençol d'água subterrâneo e contribuindo para a elevação da superfície freática.

A característica fundamental dos arenitos, do ponto de vista hidrogeológico, é que eles constituem um aquífero em exudação permanente, em função de sua disposição fisiográfica. Nos períodos de estiagem, a superfície freática sofre um rebaixamento, quando então a água passa gradativamente à superfície, indo contribuir para a vazão de córregos e rios da região.

Este comportamento exerce um processo natural de regularização das vazões, reduzindo-se os picos na época de chuvas e aumentando-se as descargas do rio no período de estiagem. Em muitas das sub-bacias dessa área as vazões mínimas correspondem a cerca de 90% da média de longo período.

A Figura 6-2 mostra a geologia presente na bacia do rio Sauê-Uiná.

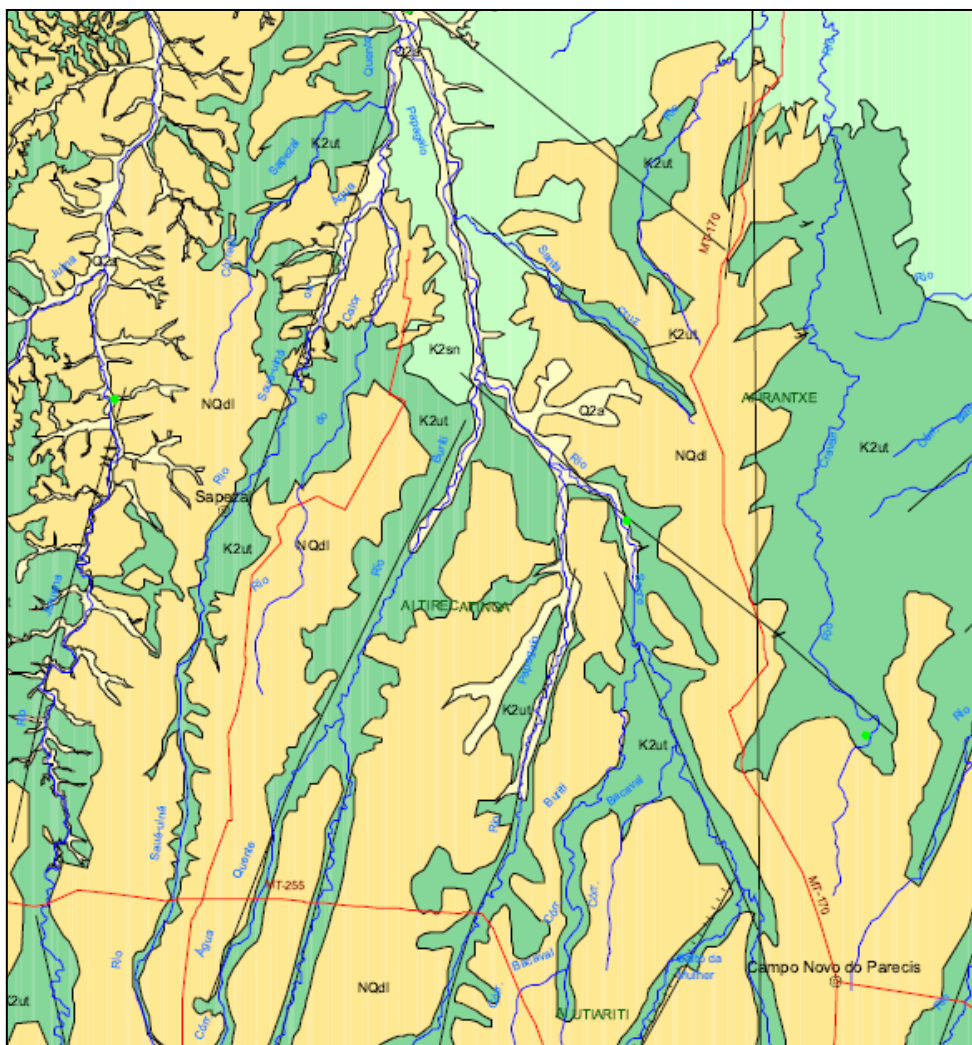
A seguir é apresentada a descrição das unidades geológicas predominantes encontradas na área de interesse.

- **Coberturas Detritos-Lateríticas Ferruginosas (NQdl):** laterita com concreções ferruginosas, níveis de cascalho e horizontes mosqueados;
- **Formação Utiriti (K2ut):** arenito fino a médio, de cores vermelha, amarela e branca, com estratificação cruzada de pequeno porte, localmente com seixos esparsos.

O rio em estudo corre paralelo ao rio Juruena e está inserido em uma região hidrogeológica bem homogênea.

O rio Sauê-Uiná drena áreas com predominância das litologias *K2ut* (na calha do rio) e *NQdl* (no restante da área drenada). A primeira litologia, Formação Utiriti do Grupo Parecis, representa um arenito conhecido por possuir alta capacidade de armazenamento de água, devido a sua elevada porosidade, o que resulta em um regime de vazões com alta capacidade de regularização natural, com elevada produção hídrica superficial, o que foi confirmado em medições de vazões realizadas na etapa de inventário, as quais indicaram vazões específicas da ordem de 28 l/s/km² no trecho a montante da foz do rio do Calor (Sauê-Uiná Montante – Régua 02). No trecho a jusante da foz do rio do Calor (Sauê-Uiná Jusante – Régua 01) foi verificada vazão específica da ordem de 23 l/s/km². Em ambos os trechos foi verificado um padrão de escoamento bem regularizado, cujo comportamento se assemelha às bacias do trecho alto.

É importante frisar que na porção mais ao norte da bacia do rio Arinos, onde se situa seu afluente Rio dos Peixes, e nas bacias dos contribuintes do baixo e do médio curso do rio Juruena, predominam os terrenos do embasamento cristalino, com baixa capacidade de retenção das águas precipitadas, dando origem a elevados escoamentos no período das chuvas e vazões de estiagem muito baixas.



FONTE: Mapa Geológico do Mato Grosso – CPRM – 2007

Figura 6-2: Geologia na bacia do rio Sauê-Uiná

6.1.9. Interpretação do Escoamento Fluvial

As características fisiográficas apresentadas nos itens anteriores, especialmente as geológicas, permitem concluir que a bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná apresenta elevada infiltração, havendo considerável participação do lençol freático para o escoamento fluvial nesta região, devido a presença de arenitos.

6.2. Caracterização Climatológica

Este item contém a análise dos fatores que determinam o clima na região em estudo, o qual influencia diretamente no comportamento das vazões.

Inicialmente analisa-se a circulação de grande e média escala, para possibilitar a compreensão da formação do clima regional e de sua inter-relação com os diversos parâmetros utilizados para caracterização climática.

A ausência de estações meteorológicas com observações de longo período impôs que a análise dos parâmetros climáticos locais fosse realizada a partir dos dados da estação Diamantino (código 83309),

operada pelo INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, sendo a estação mais próxima da bacia do rio Sauê-Uiná.

6.2.1. Aspectos Gerais da Climatologia

A disposição latitudinal e a localização geográfica da bacia do rio Sauê-Uiná lhe dão uma característica predominante de clima tropical de natureza continental de verão úmido e período de estiagem no inverno. Apresenta época sazonal seca e fria bem definida, que é equilibrada em suas necessidades hídricas, por meses chuvosos de uma época sazonal mais úmida e quente.

O grande afastamento em relação à borda ocidental do Oceano Atlântico reduz muito as influências marítimas na região Centro-Oeste.

A região Centro-Oeste como um todo, apresenta grande diversificação térmica, em função da disparidade entre suas vastas superfícies baixas, as extensas chapadas sedimentares e as elevadas superfícies cristalinas, somadas a uma grande extensão latitudinal.

Enquanto os fatores geográficos - relevo e altitude - levam à diversificação climática, o mecanismo atmosférico atua no sentido de criar uma uniformidade regional, determinando uma marcha estacional das chuvas, com máximas no verão e mínimas no inverno. Assim, através do setor oriental da região sopram, durante todo o ano, ventos geralmente de NE a E, oriundos do anticiclone subtropical semi-estacionário do Atlântico Sul.

Estes ventos são responsáveis pela manutenção do tempo estável, em virtude da movimentação vertical de subsidência superior, que é o movimento descendente de uma massa de ar na atmosfera, implicando geralmente a transferência de suas características para uma área mais ampla, trazendo como consequência a formação da inversão de temperatura na baixa atmosfera que ocorre durante os meses resultantes dos pequenos vórtices móveis dos núcleos de altas pressões destacadas no anticiclone subtropical.

A região Centro-Oeste como um todo apresenta grande diversificação térmica, em função da disparidade entre suas vastas superfícies baixas, das extensas chapadas sedimentares e das elevadas superfícies cristalinas, somadas a uma grande extensão latitudinal.

O aspecto meteorológico da bacia do rio Sauê-Uiná e da região que a envolve, pode, entretanto, ser considerado estável e homogêneo. Ele praticamente acompanha o próprio aspecto climatológico em suas características tropicais continentais, livre da ocorrência e dos efeitos de ventos ciclônicos, generalizados, intensos e persistentes.

Fenômenos meteorológicos de atividades generalizadas e de natureza migratória, que são originários de latitudes diferentes, cruzam e afetam diretamente a bacia do rio Sauê-Uiná, em escala sinótica. Eles são mostrados na Figura 6-3 e definidos a seguir:

- Sistemas de correntes perturbadas de Oeste, associado à formação das linhas de instabilidade tropicais (IT);
- Sistema de correntes perturbadas de Norte, formada pela presença da zona de convergência intertropical (CIT);
- Sistemas de correntes perturbadas do Sul, formadas pela presença do sistema anticiclônico e polar e da frente polar (FP).

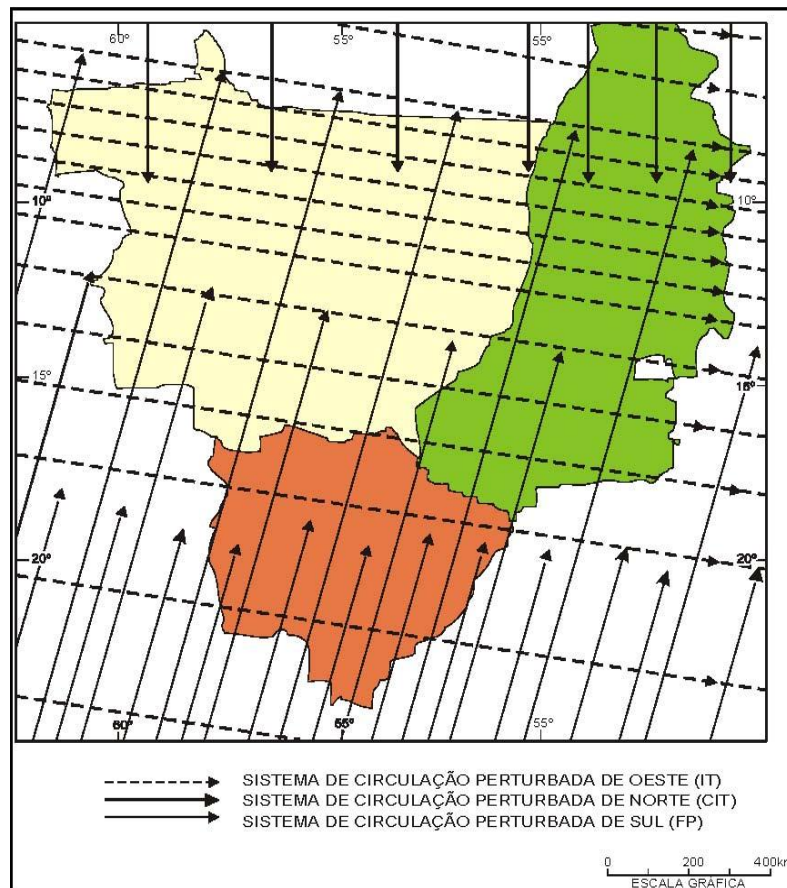


Figura 6-3: Sistema de circulação atmosférica na região Centro-Oeste

Entre o final da primavera e o início de outubro a região centro-oeste é constantemente invadida por ventos de W a NW trazidos por linhas de instabilidade tropicais (IT). Trata-se de alongadas depressões barométricas, induzidas em pequenas dorsais ou altas. Tais fenômenos, muito comuns no interior do Brasil, especialmente no verão, têm suas origens ligadas ao movimento ondulatório que se verifica na Frente Polar Atlântica (FPA) ao contato com o ar quente da zona tropical.

A partir dessas ondulações formam-se ao norte da FPA uma ou mais IT sobre o continente. Depois de formadas elas se propagam com extrema mobilidade e a medida que a FPA caminha para o equador as IT's se deslocam para leste, ou mais comumente para sudeste, anunciando, com nuvens e chuvas tropicais do tipo monção, e com antecedência de 24 horas, a chegada da FPA. Portanto o Sistema de Circulação Perturbada de Oeste, representado pela passagem das IT's, define não somente as situações de instabilidade do tempo no verão, mas também as características mais notáveis desta estação na região Centro-Oeste.

O sistema de correntes perturbadas de N acarreta, além das chuvas de verão, precipitações no inverno e outono, principalmente nessa última estação quando a CIT atinge sua penetração máxima no Hemisfério Sul. Na primavera, estando a CIT situada bem ao norte do Equador, sua influência é praticamente nula sobre a formação das chuvas na região.

O sistema de correntes perturbadas do Sul representado pela invasão do anticiclone polar possui comportamento bem distinto conforme seja verão ou inverno. Durante o verão, o aprofundamento e expansão do centro de baixa do interior do continente - Baixa do Chaco – não permitem que a FP vença a barreira imposta por ela, fazendo com que se dissipe ou recue, e só raramente conseguindo vencê-la. Deste

modo, no verão, as chuvas frontais ficam praticamente ausentes do centro e do norte da região Centro-Oeste.

No inverno, os anticiclones de origem polar, por serem mais poderosos, invadem com mais frequência a região, após se deslocarem sobre o Oceano Pacífico e transporem a Cordilheira dos Andes nas latitudes médias. Nessas situações a baixa do interior abandona a região do Chaco, deslocando – se para a Bolívia e Estado do Acre, e a FP pode atingir apenas o estado do Mato Grosso com orientação NO – SE. Com esta orientação ela avança para NE, provocando, com sua passagem chuvas frontais durante 1 a 3 dias, geralmente.

Após sua passagem, fica-se sob a ação direta do anticiclone polar, com céu limpo, pouca umidade específica e forte declínio de temperatura durante geralmente 2 dias. Finalmente retornam os ventos moderadamente quentes das massas de ar tropical.

A baixa do Chaco, embora não seja uma massa de ar caracteristicamente asseguradora de tempo bom, como são os centros anticiclônicos do Atlântico e do Pacífico, é, no entanto, um fator de resistência às invasões de sistemas frontogênicos causadores de tempo instável com chuva na região Centro-Oeste.

Deste modo, pode-se concluir que, apesar do setor setentrional da região Centro-Oeste ser atingido no verão, outono e inverno pelas chuvas acarretadas pelo sistema de corrente perturbada de norte (CIT), estas são pouco frequentes e não chegam a ter papel importante no regime térmico. Os sistemas de circulação que determinam as condições de tempo e de clima na região Centro-Oeste são as correntes perturbadas de W a NW das IT's e de S a SW da FPA, sucedida, geralmente, pelo anticiclone polar, com tempo bom, seco e temperaturas amenas a frias.

O clima reinante em toda a bacia é essencialmente homogêneo, porque persiste sempre com as mesmas características de temperatura, pressão e umidade, que variam pouco de um ano para outro ano. Essa homogeneidade climatológica impede, por outro lado, a incidência na bacia de fenômenos ciclônicos dinâmicos e intensos em escala sinótica

Fenômenos meteorológicos localizados, de curta duração a intensos, provocados pelo aquecimento e pela instabilidade da época quente e úmida, ocorrem também com bastante frequência.

Eles surgem generalizados na bacia e na região em torno. São as trovoadas convectivas e as orográfico convectivas, que concorrem de alguma forma para o maior índice pluviométrico da referida época quente, porque são responsáveis por índices elevados de precipitações pontuais.

Na bacia do rio Sauê-Uiná, as trovoadas são mais frequentes na época quente e úmida (novembro a março) e bem menos frequentes nos meses de transição e praticamente desaparecem na época fria e seca (junho a agosto). A frequência máxima diária ocorre nos dias de menor nebulosidade, logo após a dissipação de alguma frente fria ou então antecedendo a aproximação de uma linha de instabilidade.

O padrão circulatório em grande escala das massas de ar é o fator determinante para o estabelecimento, na região, da distribuição mais ou menos homogênea e regular das temperaturas, pressões e umidade, que predomina na bacia e na região em torno.

Esse padrão circulatório é caracterizado por ventos que variam de calmos a relativamente fracos. Não há condições geofísicas para a incidência de ventos generalizados, intensos a persistentes. Ventos de rajadas muito intensas, associados a trovoadas em geral, ocorrem, com relativa frequência, na época úmida a quente, mas são muito localizados e não são persistentes, atuando sobre áreas muito reduzidas.

A distribuição anual das temperaturas na bacia acompanha o deslocamento aparente do sol através das latitudes tropicais e equatoriais e também o da faixa do calor latente máximo de vaporização. As médias anuais de temperatura ocorrem, por isso, dentro de limites pouco significativos.

A época do ano considerada seca e fria na bacia predomina de maio até setembro. Ela é definida pela atividade de uma única massa de ar de natureza tropical continental, mais estável e menos aquecida devido às pressões sazonalmente mais elevadas, que predomina sobre todo o interior continental brasileiro.

A época do ano considerada úmida e mais quente tem o seu início meteorológico em outubro e se prolonga até março ou abril, dependendo do ano, com um ápice ocorrendo no período dezembro/janeiro. Ela é caracterizada pelo predomínio de uma única massa de ar de natureza equatorial continental, que tem como região de origem a vasta faixa equatorial amazônica. Essa massa de ar expande continuamente para o sul, impulsionada pela ocorrência do inverno do hemisfério norte. Essa expansão para o sul é facilitada, não só pelas pressões baixas e temperaturas normalmente elevadas do verão do hemisfério sul, como também pela descida da Zona de Convergência Intertropical (CIT). Esta é empurrada pelo inverno do hemisfério norte, e associada a uma convergência circulatória, que se processa no interior continental brasileiro, entre a circulação anticiclônica do Anticiclone Subtropical Semipermanente do Atlântico Sul e a circulação ciclônica da Baixa Termal do Chaco, intensificada sazonalmente no verão.

Na região predominam temperaturas elevadas na primavera e no verão. O inverno, embora sujeito a máximas diárias elevadas, é uma estação mais caracterizada por temperaturas amenas e frias, pelo efeito da latitude, altitude e maior participação de massa polar.

Os meses de abril e maio constituem os meses de transição na bacia para a época seca e fria. O mês de abril é mais chuvoso porque representa o fim meteorológico da época chuvosa. É nele que o sol começa a atingir a vertical das latitudes equatoriais do hemisfério norte, após ter cruzado o equador terrestre. O mês de maio é normalmente mais seco, porque representa o início meteorológico da época seca e fria.

Os meses de setembro e outubro fazem a transição para a época chuvosa. Outubro é mais chuvoso porque precede o início da época chuvosa, com o sol posicionado na vertical das latitudes equatoriais do hemisfério sul.

A distribuição anual das temperaturas na bacia acompanha o deslocamento aparente do sol através das latitudes tropicais e equatoriais e também o da faixa do calor latente máximo de vaporização. As médias anuais de temperatura ocorrem, por isso, dentro de limites pouco significativos.

A distribuição mais ou menos homogênea e regular das temperaturas, pressões e umidade, determina o padrão circulatório, predominante na bacia e na região em torno.

Esse padrão circulatório é caracterizado por ventos de calmos a relativamente fracos. Não há condições geofísicas para a incidência de ventos generalizados, intensos e persistentes. Ventos de rajadas muito intensas, associados a trovoadas em geral, ocorrem com relativa frequência na época úmida e quente, mas são muito localizados e não são persistentes, atuando sobre áreas muito reduzidas.

As características regionais descritas permitem classificar a região como pertencente ao clima tipo Aw, tropical chuvoso, caracterizado por apresentar inverno seco bem definido.

Nos climas do grupo "A", a temperatura do ar apresenta variações muito baixas, no tempo e no espaço. A amplitude anual é pequena, não se notando a existência de inverno, uma vez que a temperatura do mês mais frio é superior a 18°C e a oscilação anual de temperatura, de modo geral, é sempre inferior a 5°C. Trata-se de um clima quente, sem verão ou inverno sazonal.

No subtipo climático "w" (clima de monção), as precipitações são excessivas durante alguns meses, o que é compensado com um ou dois meses com precipitação mais amenas, o que permite a manutenção de florestas densas. O regime pluviométrico anual define uma estação relativamente seca e outra com maior intensidade de chuvas.

Em função dos valores totais anuais de precipitação, o clima tipo Aw é classificado de acordo com os totais anuais de chuva, onde são consideradas as seguintes subdivisões:

- Clima Tipo Aw1: precipitação média anual superior a 3.000 mm;
- Clima Tipo Aw2: precipitação média anual varia entre 2.500 mm e 3.000 mm;
- Clima Tipo Aw3: precipitação média anual varia entre 2.000 mm a 2.500 mm;
- Clima Tipo Aw4: precipitação média anual varia de 1500 mm a 2.000 mm.

Nestas condições, a bacia do rio Sauê-Uiná pode ser caracterizada como do subtipo climático Aw4.

6.2.2. Características Climatológicas Locais

Para subsidiar os estudos climatológicos, que consistiram da análise dos fenômenos responsáveis pela definição e comportamento dos diversos parâmetros climáticos, considerou-se a estação Diamantino (código INMET 83309), que se situa no estado do Mato Grosso, na área de interesse dos estudos, na latitude 14° 24' Sul, longitude 56° 27' Oeste, e altitude 287,00 m.

Os seus dados, a nível médio mensal, abrangendo o período de 1961 a 1990, constam das “Normais Climatológicas (1961-1990)”, publicadas em 1992 pelo INMET.

Os valores médios mensais registrados nessa estação constam na Tabela 6-2.

Tabela 6-2: Características climatológicas – Estação Diamantino

Mês	Temperatura (°C)					Evaporação (mm)	Umidade Relativa (%)	Inso-lação (horas)	Nebulosidade (0-10)	Pressão Atmosférica (hPa)
	Média	Máxima		Mínima						
		Média	Absoluta	Média	Absoluta					
Jan	24,0	32,3	37,8	20,4	18,8	64,3	80,3	147,3	7,0	976,6
Fev	27,0	31,6	38,0	21,2	17,8	59,7	83,0	142,2	8,0	978,2
Mar	24,3	31,4	36,4	20,4	14,4	64,7	79,9	164,1	7,5	979,2
Abr	27,7	33,6	36,8	20,4	11,6	73,4	80,1	187,6	6,6	979,4
Mai	24,4	31,5	36,7	19,1	6,2	89,9	77,5	217,0	5,8	981,0
Jun	25,4	32,1	37,5	15,1	4,4	120,7	70,1	223,9	4,3	992,5
Jul	24,5	32,8	36,3	16,4	4,0	146,7	67,8	263,5	3,2	982,7
Ago	24,7	34,9	41,0	19,1	1,2	180,5	60,7	218,6	3,5	981,1
Set	25,3	32,5	39,9	19,5	6,3	140,1	64,5	267,3	5,1	980,0
Out	24,5	32,2	40,0	20,8	14,2	111,8	69,0	189,6	6,6	977,7
Nov	25,0	32,9	38,9	21,8	14,2	91,2	74,2	152,6	7,3	977,9
Dez	25,5	32,9	38,7	19,9	7,6	70,8	72,2	137,2	7,6	977,6
Anual	25,2	32,5	41,0	19,5	1,2	1213,8	73,2	2310,9	6,0	976,1

O total pluviométrico anual fica em torno de 2.000 mm, conforme será demonstrado em item específico deste trabalho.

O índice evaporimétrico na região acompanha as variações da insolação. Os dados disponíveis permitem verificar que o referido índice é muito mais elevado no período de agosto até setembro e bem mais baixo na época chuvosa. A distribuição da umidade do ar na região acompanha a faixa do calor latente máximo de vaporização, sendo mais representativa na época quente e sem representatividade na época seca.

A umidade do ar na região começa a adquirir características significativas, a partir de novembro de cada ano, quando a umidade equatorial começa a chegar, dando início às chuvas sazonais. A nebulosidade vai aumentando pouco a pouco até formar uma cobertura máxima entre dezembro e fevereiro. Essa cobertura reduz proporcionalmente a radiação solar, que atinge o seu mínimo entre dezembro e janeiro.

O número médio anual de horas de insolação fica em torno de 2.300 horas, sendo que os meses de junho a setembro apresentam os maiores valores mensais, em decorrência da menor nebulosidade.

A distribuição das pressões na bacia mostra também uma grande homogeneidade nas massas de ar predominantes.

O ano hidrológico inicia em outubro de um ano e vai até setembro do ano seguinte.

6.3. Dados Básicos

A seguir são apresentados os dados básicos utilizados neste estudo, incluindo a análise e consistência.

6.3.1. Dados Pluviométricos

Os totais de chuva observados nos postos pluviométricos foram utilizados para a definição da chuva média na bacia do rio Sauê-Uiná.

A Tabela 6-3 apresenta os postos selecionados para realização dos estudos.

Tabela 6-3: Postos pluviométricos de interesse do rio Sauê-Uiná

Código	Nome	Município	Localização		Altitude (m)	Entidade	Período de Dados
			Latitude	Longitude			
01257000	Brasnorte	Brasnorte	12°06'59" S	58°00'01" W	321	ANA	09/84 – 01/19
01258001	Fazenda Floresta	Brasnorte	12°52'03" S	58°04'13" W	478	ANA	10/00 – 01/19
01358001	Bacaval	Campo Novo do Parecis	13°38'29" S	58°17'21" W	547	ANA	04/83 – 12/18
01358002	Fazenda Tucunaré	Sapezal	13°28'00" S	58°58'30" W	547	ANA	04/83 – 02/19
01358005	Speráfico	Sapezal	13°54'36" S	58°53'53" W	661	ANA	10/99 – 02/19

Dispõe-se de um período considerável de dados pluviométricos nos postos selecionados, que são suficientes para a caracterização da chuva média na bacia em estudo. Em função disso, não foram adotadas metodologias para a extensão e preenchimentos das séries.

As tabelas seguintes apresentam os totais pluviométricos (mm) observados em cada estação.

Tabela 6-4: Posto pluviométrico Brasnorte (01257000) – Totais pluviométricos (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1984									13,5	248,5	169,2	369,5	
1985	469,5	270,4	211,8	149,3	8,0	0,0	0,0	3,9	22,3	194,3	163,6	130,4	1.623,5
1986	440,2	246,6	251,6	107,4	88,2	0,0	0,0	47,4	95,9	137,2	299,1	317,3	2.030,9
1987	310,5	317,4	284,3	118,9	71,5	0,0	0,0	2,0	18,3	73,0	302,5	275,0	1.773,4
1988	367,5	400,8	194,6	189,8	76,5	0,0	0,0	0,0	33,4	88,8	246,8	393,4	1.991,6
1989	489,0	339,0	317,4	177,6	19,4	0,0	3,6	16,4	8,6	214,0	164,0	210,0	1.959,0
1990	282,4	165,2	237,0	129,4	19,4	0,0	0,0	27,0	132,0	173,8	158,2	355,0	1.679,4

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1991	377,4	297,4	665,7	166,6	125,0	0,0	0,0	0,0	69,0	134,0	190,0	188,0	2.213,1
1992	410,0	375,0	241,0	75,1	6,0	0,0	0,0	25,4	105,8	103,3	200,3	299,0	1.840,9
1993	161,0	346,0	172,0	127,0	3,5	5,6	7,4	6,1	39,0	185,5	236,5	355,6	1.645,2
1994	299,9	246,8	378,2	133,7	17,9	33,7	19,8	0,0	61,1	129,6	126,3	434,1	1.881,1
1995	342,7	678,3	250,2	315,7	68,7	0,0	0,0	0,0	26,0	144,4	317,2	317,0	2.460,2
1996	306,0	282,0	298,5	189,5	37,1	25,3	0,0	33,0	73,3	86,9	445,4	294,9	2.071,9
1997	534,0	291,1	373,0	202,6	16,0	34,2	0,0	0,0	22,6	107,2	132,0	196,7	1.909,4
1998	143,3	388,3	322,3	72,5	53,3	0,0	0,0	10,5	28,2	288,6	304,0	299,6	1.910,6
1999	269,9	213,9	292,2	126,2	36,9	0,0	1,1	0,0	68,5	53,5	305,3	387,8	1.755,3
2000	195,9	302,7	233,7	142,9	0,0	0,0	0,0	0,0	59,4	66,8	296,1	219,2	1.516,7
2001	203,3	169,3	213,9	105,7	75,7	4,2	0,0	0,0	61,8	140,5	207,7	327,6	1.509,7
2002	346,4	263,1	141,5	62,1	21,4	0,0	17,3	0,0	125,2	187,4	102,9	114,1	1.381,4
2003	194,6	169,4	493,4	167,2	38,0	0,0	0,0	2,5	23,7	307,6	131,0	182,2	1.709,6
2004	338,9	344,6	226,7	145,9	43,4	0,0	0,0	0,0	36,9	82,8	112,8	259,3	1.591,3
2005	368,5	242,9	266,6	77,5	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	147,5	217,9	344,1	1.667,0
2006	243,0	245,1	277,5	127,0	34,1	0,0	0,0	4,3	80,0	252,6	107,7	307,8	1.679,1
2007	418,3	345,8	251,7	122,3	44,6	0,0	5,0		46,7	163,2	196,7	417,8	
2008	441,8		233,6	116,8	17,3	0,0	0,0	0,0	30,8	154,2	271,2	467,0	
2009	373,9	229,4		97,0	79,7	10,5	0,0	18,8	53,5	139,7	188,7	242,3	
2010	493,4	306,8	353,1	88,0	10,2	0,0	22,5	0,0	0,7	105,9	253,4	391,3	2.025,3
2011	1056,5	1030,1	232,8	136,7	1,4	0,0	0,0	5,1	17,6	64,9	148,8	339,0	3.032,9
2012	378,5	200,4	317,3	69,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	66,8	130,3	212,2	1.375,4
2013	367,5	390,6	298,0	168,6	2,9	6,5	2,0		36,1	158,1	137,2	411,2	
2014	374,3	356,5	262,5	89,1	13,8	0,0	0,0	0,0	55,6	124,3	150,5	351,5	1.778,1
2015	209,4	274,9	194,9	150,5	139,8	8,6	3,2	13,0	0,0				
2016		272,5	267,6	40,0	10,3	3,4	0,0	9,7	56,3	149,5	129,4	354,9	
2017	211,3	437,9	200,9	121,5	58,0	0,0	0,0	0,0	10,4	84,6	213,4	264,9	1.602,9
2018	249,9	349,0	394,3	154,3	31,7	3,2	0,0	5,4	93,3	150,5	385,1	349,3	2.166,0
2019	244,3												
Média	350,4	326,9	283,3	131,3	37,3	4,0	2,4	7,2	45,9	144,4	210,0	305,3	1.849,3

Tabela 6-5: Posto pluviométrico Fazenda Floresta (01258001) – Totais pluviométricos (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2000										100,8	184,5	239,4	
2001	394,0	137,9	173,2	86,1	61,2	0,0	0,0	0,0	54,6	136,3	170,0	202,5	1.415,8
2002	275,3	417,3	131,2	37,1	30,8	0,0	1,5	0,0	82,9	205,4	88,3	334,3	1.604,1
2003	311,9	206,2	207,0	148,2	127,6	0,0	0,0	2,5	57,1	171,3	263,7	111,8	1.607,3
2004	391,2	334,6	320,3	180,3	0,0	0,0	0,0	17,3	25,7	147,8	254,5	295,8	1.967,5
2005	699,7	396,2	396,2	107,4	19,1	0,0	0,0	0,0	38,3	196,8	124,8	437,8	2.416,3

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2006	468,3	303,2	511,6	239,0	73,1	0,0	0,0	0,0	83,7	239,5	168,3	541,2	2.627,9
2007	453,0	275,6	321,7	152,2	56,2	0,0	0,0	4,0	51,9	165,4	194,3	304,7	1.979,0
2008		138,4	169,7	274,1	0,0	0,0	0,0	5,5		166,5	228,1		
2009	423,5	459,3	459,3	102,8	73,0	0,0	0,0	11,3	70,5	122,6	223,5	578,3	2.524,1
2010	456,9	285,9	340,6	43,6	21,8	10,0	0,0	0,0	12,9	134,7	134,1	158,3	1.598,8
2011	285,7	353,5	163,4	177,7	0,0	4,2	0,0	24,4	60,0	150,5	277,3	189,6	1.686,3
2012	271,1	415,5	145,5	96,6	57,4	3,9	0,0	0,0	29,8	98,7	291,0	318,3	1.727,8
2013	338,4	408,8	282,1	295,1	10,4	21,3	2,8	0,5	24,0	141,5	363,6	445,1	2.333,6
2014	283,9	307,0	485,8	95,2	128,5	14,5	0,0	8,7	96,8	111,2	233,3	267,4	2.032,3
2015	180,7	310,6	269,7	136,7	67,5	27,4	0,0	40,7	24,9				
2016		323,8	196,8	4,5	34,1	18,9	0,0	125,6	41,1	144,1	208,1	495,1	
2017	445,7	435,8	368,2	105,9	63,1	0,0	0,0	11,0	38,5	132,5	212,7	301,6	2.115,0
2018	221,3	362,4	273,8	411,1	0,0	3,5	0,0	0,0	57,4	180,5	388,3	312,1	2.210,4
2019	258,7												
Média	362,3	326,2	289,8	149,6	45,8	5,8	0,2	14,0	50,0	152,6	222,7	325,5	1.989,7

Tabela 6-6: Posto pluviométrico Bacaval (01358001) – Totais pluviométricos (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1983				132,5	40,7	12,4	0,0	0,0	27,5	332,9	254,6	320,7	
1984	388,4	248,3	268,3	172,4	86,1	0,0	0,0	67,4	89,6	393,5	240,7	255,5	2.210,2
1985	395,5	249,6	240,9	115,8	11,6	3,1	12,0	23,0	84,7	282,5	129,2	174,2	1.722,1
1986	340,5	112,3	267,6	83,9	78,0	1,4	0,0	32,6	72,2	149,4	106,5	232,6	1.477,0
1987	478,8	138,0	261,8	133,3	9,4	44,3	0,0	0,0	12,8	93,7	281,9	367,9	1.821,9
1988	297,0	449,8	465,1	332,8	3,0	0,0	0,0	0,0	36,8	122,8	124,3	324,3	2.155,9
1989	430,0	335,7	294,9	281,2	0,0	54,0	33,0	180,4	18,0	111,6	125,7	390,6	2.255,1
1990	291,5	206,3	221,0	91,0	70,0	0,0	0,0	21,0	214,9	168,5	128,0	150,1	1.562,3
1991	335,0												
1992	270,3	308,5	174,3	236,0	0,4	1,3	15,2	49,0	189,7	103,5	227,1	352,0	1.927,3
1993	245,0	424,0	225,0	135,0	23,4	76,0	0,0	12,3	30,3	147,8	222,0	367,2	1.908,0
1994	449,8	284,6	291,3	115,9	46,9	19,1	23,4	58,0	34,0	185,0	125,2	297,5	1.930,7
1995	374,2	252,5	242,1	125,3	100,6	0,0	0,0	67,1	34,9	162,6	190,7	349,7	1.899,7
1996	374,0	266,0	490,8	170,0	39,1	0,0	0,0	65,3	64,6	155,5	423,1	249,7	2.298,1
1997	420,3	193,1	456,6	271,0	62,1	44,3	0,0	0,0	56,9	125,8	195,4	337,7	2.163,2
1998	291,3	259,5	346,5	154,5	25,7	0,0	0,0	45,4	55,3	289,8	195,3	251,4	1.914,7
1999	227,2	225,8	256,8	73,6	51,3	13,9	0,0	0,0	67,9	97,9	171,5	324,8	1.510,7
2000	328,0	272,3	376,9	108,3	0,0	0,0	0,0	17,0	127,8	83,8	162,6	141,8	1.618,5
2001	281,9	197,5	234,5	122,5	52,7	0,0	6,3	18,5	87,3	123,6	267,8	263,5	1.656,1
2002	289,4	421,3	184,5	146,5	14,8	0,0	91,6	13,3	15,6	124,5	93,9	225,4	1.620,8
2003	361,8	261,1	249,6	235,3	29,8	0,0	0,0	21,8	56,0	82,5	142,4	249,9	1.690,2

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2004	259,9	288,9	180,7	82,2	33,0	0,0	31,6	0,0	53,5	79,8	282,4	263,6	1.555,6
2005	294,9	187,0	221,6	86,9	22,2	0,0	0,0	14,2	138,4	136,6	204,6	223,2	1.529,6
2006	261,2	291,0	304,8	334,8	36,2	0,0	0,0	24,2	39,5	205,3	76,6	175,1	1.748,7
2007	177,3	255,6	216,6	71,3	1,6	1,7	10,8	0,0	4,7	186,7	261,5	309,8	1.497,6
2008	467,2	277,6	232,4	192,7	6,5	0,0	0,0	0,0	19,7	154,0	235,2	225,2	1.810,5
2009	234,2	313,9	424,3	104,3	0,0	13,6	0,0	46,8	50,5	29,8	221,3	349,4	1.788,1
2010	381,2	242,1	278,6	54,9	17,6	0,7	0,0	0,1	2,1	165,7	153,4	238,6	1.535,0
2011	253,1	270,9	408,6	166,6	6,8	19,5	0,0	15,0	21,2	80,2	177,2	220,8	1.639,9
2012	319,3	225,3	190,5	113,3	44,2	47,5	0,0	0,0	75,9	48,5	263,8	181,2	1.509,5
2013	483,2	436,0	244,8	61,6	20,6	17,9	21,6	0,4	52,6	111,8	289,8	173,1	1.913,4
2014	287,8	337,0	235,9	62,4	153,8	42,7	2,3	0,0	47,2	65,6	254,6	287,4	1.776,7
2015	91,7	306,8	176,5	344,6	78,4	7,3	0,0	29,1	45,8	109,7	178,3	152,8	1.521,0
2016	350,3	207,0	347,1	140,9	87,7	1,0	0,0	62,9	86,0	115,6	323,8	399,0	2.121,3
2017	381,5	513,9	235,6	144,6	77,4	5,4	0,0	0,0	17,0	124,5	302,5	208,2	2.010,6
2018	372,5	535,4	373,1	160,2	29,2	0,0	0,0	9,6	36,6	229,7	234,3	140,8	2.121,4
Média	328,1	288,1	282,9	153,1	38,9	12,2	7,1	25,6	59,1	148,0	207,6	262,1	1.806,5

Tabela 6-7: Posto pluviométrico Fazenda Tucunará (01358002) – Totais pluviométricos (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1983				93,6	15,4	3,0	0,0	0,0	22,8	177,4	269,7	321,5	
1984	147,5	205,5	166,9	206,0	46,1	0,0	0,8	116,4	93,3	311,9	172,0	179,1	1.645,5
1985	347,4	188,1	242,3	82,1	42,4	8,1	8,5	7,0	90,0	270,0	291,0	187,0	1.763,9
1986	655,7	285,9	248,0	217,8	128,2	11,0	2,0	83,0	174,6	108,6	74,9	340,0	2.329,7
1987													
1988										127,1	183,6	288,1	
1989	282,9	362,7	526,1	430,4	0,0	112,9	26,6	100,9	33,6	218,8	82,7	396,7	2.574,3
1990	485,1	170,4	61,4	71,9	49,0	0,0	8,8	18,1	157,2	160,0	253,5	324,2	1.759,6
1991	416,6	340,5	347,6	120,9	81,2	0,0	0,0	0,0	35,4	244,5	149,8	277,8	2.014,3
1992	381,7	318,5	295,7	273,9	49,3	0,0	14,8	54,6	128,6	173,0	260,6	543,3	2.494,0
1993	215,6	237,6	222,0	305,7	70,2	13,7	3,5	16,1	91,3	174,3	101,5	463,0	1.914,5
1994	323,9	231,0	272,8	179,0	57,8	79,3	29,7	0,0	62,8	179,6	71,6	315,2	1.802,7
1995	413,9	502,6	280,1	220,0	158,6	4,2	0,0	16,6	31,9	79,6	238,6	292,6	2.238,7
1996	190,5	216,2	481,5	99,1	93,3	0,0	0,0	64,5	49,1	57,1	308,6	249,3	1.809,2
1997	327,2	191,6	585,3	105,3	101,9	15,0	0,0	0,0	75,0	211,0	138,2	224,3	1.974,8
1998	357,0	229,1	339,2	80,2	24,0	0,0	0,0	72,5	45,1	171,3	270,1	324,2	1.912,7
1999	387,1	182,3	213,0	83,5	4,4	29,1	2,2	0,0	77,7	73,4	238,2	343,6	1.634,5
2000	164,1	282,2	399,9	194,5	0,0	12,0	3,5	11,9	94,8	147,5	257,6	183,8	1.751,8
2001	350,4	335,5	201,1	142,5	67,0	16,6	34,6	0,0	133,8	167,0	288,7	215,7	1.952,9
2002	170,0	630,4	372,9	56,1	61,9	0,0	2,4	17,4	86,8	64,7	126,8	198,1	1.787,5

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2003	426,8	144,0	195,7	161,8	69,6	0,0	0,6	32,3	72,9	118,3	218,5	370,8	1.811,3
2004	656,3	470,0	241,9	199,1	24,3	0,0	24,9	13,6	61,1	183,6	280,8	348,8	2.504,4
2005	656,6	272,5	299,1	76,3	32,7	12,8	0,0	0,0	157,7	209,0	348,8	443,4	2.508,9
2006	387,3	504,7	265,3	449,3	90,7	18,5	0,0	29,2	58,1	246,3	273,6	474,6	2.797,6
2007	600,1	700,4	413,9	186,7	0,0	16,7	7,8	11,7	114,3	281,6	312,0	313,7	2.958,9
2008	671,8	578,1	546,1	226,3	93,4	0,0	0,0	54,1	107,3	314,7	286,9	404,5	3.283,2
2009	446,7	495,6	826,8	456,2	100,7	16,3	36,3	69,4	210,6	266,8	258,6	553,0	3.737,0
2010	470,7	666,9	145,4	297,5	46,6	0,0	0,0	0,0	51,0	221,0	464,0	294,4	2.657,5
2011	534,3	575,4	545,4	244,8	0,0	26,3	0,0	19,6	37,5	237,4	279,1	375,8	2.875,6
2012	428,5	414,0	271,5	288,7	119,7	21,6	0,0	21,0	91,9	80,2	299,9	220,5	2.257,5
2013	263,3	336,9	262,7	238,3	251,6	36,7	0,0	49,4	105,4	84,9	53,5	126,2	1.808,9
2014	200,3	312,3	757,8	116,2	537,2	38,3	0,0	0,0	100,6	70,5	38,6	134,2	2.306,0
2015	200,1	303,4	241,8	272,1	224,8	38,1	0,0	21,6	52,6	123,0	157,6	224,5	1.859,6
2016	357,7	206,3	293,8	158,5	136,4	27,5	0,0	48,0	98,9		74,9	177,0	
2017	365,7	594,0	95,9	130,8	90,7	63,3	0,0	32,9	0,0	104,5	178,2	323,7	1.979,7
2018	433,5	402,5	169,8	222,5	50,9	75,6	31,6		60,1	78,4	310,2	338,2	
2019	200,4	560,0											
Média	379,9	366,1	328,1	199,8	88,0	21,0	7,2	30,7	86,1	168,5	216,0	307,9	2.216,3

Tabela 6-8: Posto pluviométrico Speráfico (01358005) – Totais pluviométricos (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1999										103,3	273,1	356,4	
2000	205,3	245,2	402,7	89,3	0,0	0,0	28,8	12,8	112,9	164,0	147,5	128,9	1.537,4
2001	338,1	250,4	159,0	81,4	20,7	0,2	85,7	18,2	30,5	147,9	264,3	231,2	1.627,6
2002	97,7	370,5	158,5	82,3	23,8	0,0	20,7	27,2	34,0	56,1	98,3	474,5	1.443,6
2003	542,3	181,7	344,2	229,8	52,0	1,9	0,0	25,4	46,3	191,7	204,0	286,3	2.105,6
2004	333,9	412,1	64,7	111,3	143,9	13,7	0,0	45,5	92,0	114,0	151,5	252,0	1.734,6
2005	434,6	240,3	281,7	200,1	22,8	5,9	0,0	0,0	86,6	151,7	170,4	254,8	1.848,9
2006	205,8	324,5	255,4	223,4	52,9	0,0	0,0	0,0	89,4	191,3	99,1	205,0	1.646,8
2007	534,6	196,8	257,0	148,2	1,5	0,0	10,4	0,0	28,0	110,6	331,6	313,4	1.932,1
2008	379,4	270,2	435,6	130,6	31,8	4,0	9,8	0,0	37,2	58,7	71,8	160,0	1.589,1
2009	400,1	328,3	297,4	157,4	90,0	2,1	86,5	51,5	127,8	111,9	360,4	339,8	2.353,2
2010	479,1	715,4	464,0	68,0	15,4	0,0	0,0	0,0	20,4	198,1	208,7	168,1	2.337,2
2011	595,4	270,0	447,9	157,8	32,5	4,5	0,0	22,1	18,2	47,6	194,9	293,0	2.083,9
2012	444,9	399,8	384,7	121,5	53,9	36,1	0,0	0,0	40,5	78,4	266,2	244,9	2.070,9
2013	681,8	712,7	283,8	98,9	0,4	18,2	0,0	0,0	155,5	240,3	97,2	272,7	2.561,5
2014	296,6	416,7	456,3	142,8		0,0	23,0	3,5	19,8	112,2	191,5	495,4	
2015	241,6	288,1	166,9	338,2	140,2	28,7	0,0	31,4	55,0	93,6	205,4	215,6	1.804,7
2016		427,9	223,0	62,3	27,8	7,9	3,5	40,9	137,5		132,6	557,5	

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2017		440,3	323,3	147,1	22,4	0,0	0,0	63,1	1,5	151,6	180,3	327,5	
2018	328,6	477,3	355,2	179,5	49,5	8,5	0,0	11,5	121,1	280,4	359,1	280,3	2.451,0
2019	337,1	288,8											
Média	382,1	362,9	303,2	145,8	43,4	6,9	14,1	18,6	66,0	137,0	200,4	292,9	1.945,5

A Tabela 6-9 e a Figura 6-4 apresentam os totais mensais médios observados nas estações.

Tabela 6-9: Postos pluviométricos – Precipitações médias mensais

Código	Nome	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
01257000	Brasnorte	350,4	326,9	283,3	131,3	37,3	4,0	2,4	7,2	45,9	144,4	210,0	305,3	1.849
01258001	Fazenda Floresta	362,3	326,2	289,8	149,6	45,8	5,8	0,2	14,0	50,0	152,6	222,7	325,5	1.944
01358001	Bacaval	328,1	288,1	282,9	153,1	38,9	12,2	7,1	25,6	59,1	148,0	207,6	262,1	1.813
01358005	Speráfico	398,8	362,4	311,3	149,3	44,6	7,3	13,8	18,1	67,8	141,5	205,8	283,3	2.004
01358002	Fazenda Tucunaré	386,3	358,1	326,7	204,3	88,8	21,7	7,4	31,1	86,1	171,7	218,7	311,2	2.212

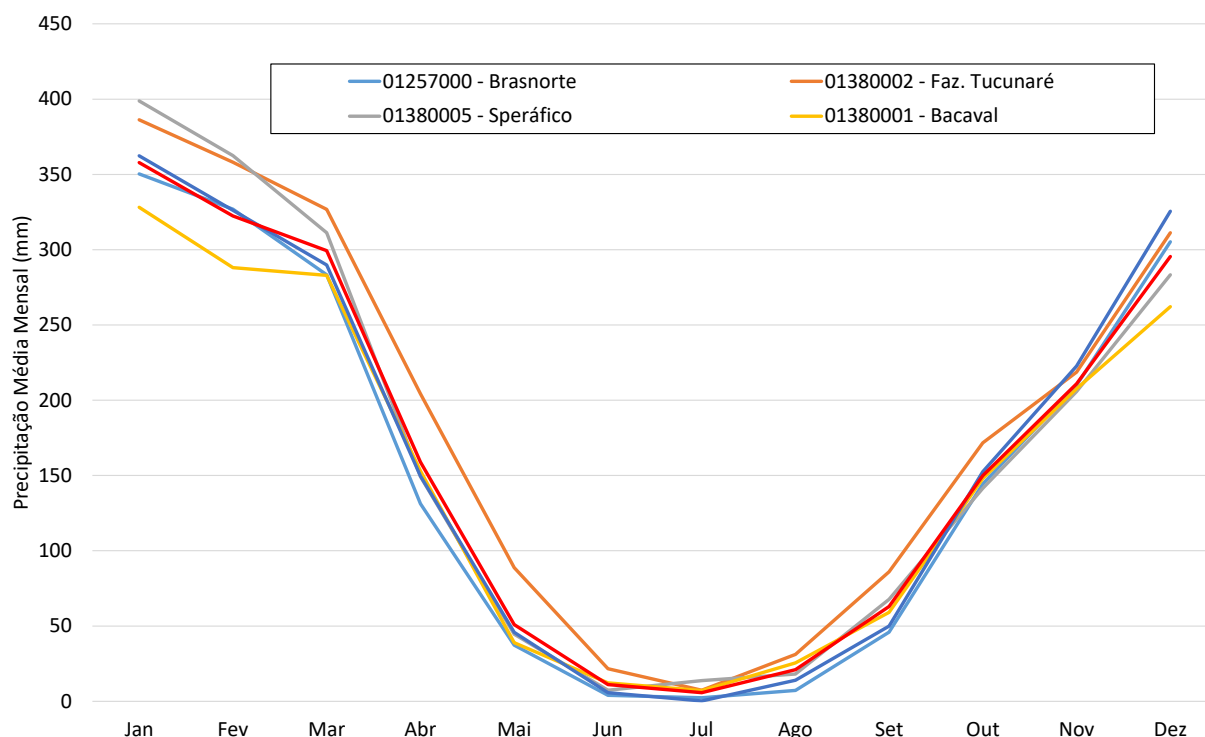


Figura 6-4: Precipitações médias mensais observadas nas estações pluviométricas selecionadas

Os valores observados no posto 01380002 – Fazenda Tucunaré são levemente superiores aos observados nas demais estações. No entanto, pode-se observar um comportamento característico na região, com volumes baixos de chuva entre os meses de maio e setembro. A precipitação média total anual é de 1.964 mm.

Tendo em vista a pequena variabilidade pluviométrica identificada nos postos pluviométricos nas bacias estudadas, utilizou-se como critério, para definição da chuva média na bacia, a média aritmética simples dos postos pluviométricos. Conforme apresentado, as séries pluviométricas apresentam diferentes períodos de disponibilidade de observações, com falhas pontuais. Apesar disso, há pelo menos em um dos postos dados disponíveis para cada mês do período de janeiro de 1984 a dezembro de 2018, possibilitando assim o cálculo de uma série ininterrupta de totais mensais, conforme apresentado na Tabela 6-10.

Tabela 6-10: Chuva média na bacia do Rio Sauê-Uiná – Totais pluviométricos (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1984	335,1	241,4	215,7	175,9	46,7	0,0	0,3	62,6	68,4	299,9	192,1	188,3	1.826,4
1985	394,4	228,1	244,9	101,8	47,4	3,7	6,8	25,8	90,2	229,9	239,8	226,2	1.839,0
1986	435,6	238,5	266,6	140,2	92,6	4,1	0,7	39,2	88,4	110,3	161,3	282,5	1.860,0
1987	423,1	269,4	228,2	161,6	42,9	22,1	0,0	0,0	23,1	91,3	264,3	380,6	1.906,7
1988	393,0	394,4	391,3	255,2	11,2	0,0	1,8	8,2	22,7	154,6	157,3	274,1	2.063,8
1989	331,8	287,9	352,7	280,3	6,5	55,6	19,9	102,8	61,2	168,1	122,2	380,8	2.169,6
1990	384,7	224,7	316,0	109,8	81,3	0,0	2,9	13,0	147,0	154,2	190,5	220,8	1.845,0
1991	387,2	357,8	294,3	98,0	43,6	0,0	0,0	12,7	70,6	173,9	175,1	288,4	1.901,5
1992	271,0	324,3	214,0	212,3	17,7	2,3	12,5	36,6	119,1	154,0	241,4	417,0	2.022,2
1993	253,5	302,8	275,1	191,5	37,2	41,1	7,8	9,5	60,9	150,6	149,9	421,4	1.901,2
1994	372,1	398,0	271,4	203,5	57,8	32,8	17,7	19,3	40,9	169,7	171,3	309,9	2.064,5
1995	364,7	345,7	273,6	178,3	98,8	9,8	0,0	38,9	46,7	109,7	291,6	312,4	2.070,1
1996	366,2	257,8	448,4	157,2	49,5	11,4	0,0	43,3	45,4	106,6	287,9	231,9	2.005,6
1997	296,9	257,7	454,7	149,6	72,4	19,8	0,0	3,5	53,4	208,5	212,5	287,2	2.016,2
1998	306,1	234,2	326,0	120,3	28,9	0,0	0,4	39,3	56,3	171,5	256,9	321,1	1.860,9
1999	270,1	236,9	234,5	100,0	18,6	14,3	0,7	0,0	68,3	85,4	244,7	311,0	1.584,5
2000	223,3	275,6	353,3	133,8	0,0	3,0	8,1	10,4	98,7	112,6	209,7	182,6	1.611,1
2001	313,5	218,1	196,3	107,6	55,5	4,2	25,3	7,3	73,6	143,1	239,7	248,1	1.632,4
2002	235,8	420,5	197,7	76,8	30,5	0,0	26,7	11,6	68,9	127,6	102,0	269,3	1.567,5
2003	367,5	192,5	298,0	188,5	63,4	0,4	0,1	16,9	51,2	174,3	191,9	240,2	1.784,8
2004	396,0	370,0	206,9	143,8	48,9	2,7	11,3	15,3	53,8	121,6	216,4	283,9	1.870,7
2005	490,9	267,8	293,0	109,6	19,4	3,7	0,0	2,8	84,6	168,3	213,3	340,7	1.994,1
2006	313,1	333,7	322,9	274,7	57,4	3,7	0,0	11,5	70,1	227,0	145,1	340,7	2.100,0
2007	436,7	354,8	292,2	136,1	20,8	3,7	6,8	3,9	49,1	181,5	259,2	331,9	2.076,7
2008	490,0	316,1	323,5	188,1	29,8	0,8	2,0	11,9	48,8	169,6	218,6	314,2	2.113,4
2009	375,7	365,3	501,9	183,5	68,7	8,5	24,6	39,6	102,6	134,2	250,5	412,6	2.467,6
2010	456,3	443,4	316,3	110,4	22,3	2,1	4,5	0,0	17,4	165,1	242,7	250,1	2.030,8
2011	545,0	500,0	359,6	176,7	8,1	10,9	0,0	17,2	30,9	116,1	215,5	283,6	2.263,7
2012	368,5	331,0	261,9	138,0	55,0	21,8	0,0	4,2	47,6	74,5	250,2	235,4	1.788,2
2013	426,8	457,0	274,3	172,5	57,2	20,1	5,3	12,6	74,7	147,3	188,3	285,7	2.121,7
2014	288,6	345,9	439,7	101,1	208,3	19,1	5,1	2,4	64,0	96,8	173,7	307,2	2.051,8
2015	184,7	296,8	210,0	248,4	130,1	22,0	0,6	27,2	35,7	108,8	180,4	197,6	1.642,3
2016	354,0	287,5	265,7	81,2	59,3	11,7	0,7	57,4	84,0	136,4	173,8	396,7	1.908,3
2017	351,1	484,4	244,8	130,0	62,3	13,7	0,0	21,4	13,5	119,5	217,4	285,2	1.943,3

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2018	321,2	425,3	313,2	225,5	32,3	18,2	6,3	6,6	73,7	183,9	335,4	284,1	2.225,7
Média	357,8	322,4	299,4	158,9	50,9	11,1	5,7	21,0	63,0	149,9	210,9	295,5	1.946,6

6.3.2. Dados Fluviométricos

O levantamento dos postos fluviométricos foi realizado no banco de dados da Agência Nacional de Águas – ANA, no portal Hidroweb.

Selecionou-se postos fluviométricos instalados na região, uma vez que o rio Sauê-Uiná não possui postos em sua calha principal. Tais postos possuem séries razoavelmente longas e com qualidade suficiente para caracterizar o regime fluvial na região, com dados disponíveis a partir do ano de 1973.

Tabela 6-11: Postos fluviométricos – Rio Sauê-Uiná

Código	Nome	Rio	Município	Área de Drenagem (km ²)	Localização		Entidade	Período de Dados
17091000	Fazenda Tucunaré	Rio Juruena	Sapezal	4.360	13°27'39"	59°00'28"	ANA	04/83 – 08/20
17092800	Aldeia Sacre II	Rio Sacre	Campo Novo Do Parecis	6.770	13°01'35"	58°11'07"	ANA	11/04 - 04/20
17093000	Fontanilhas	Rio Juruena	Juína	55.900	11°21'30"	58°20'34"	ANA	02/78 – 04/20
17120000	Porto dos Gaúchos	Rio Arinos	Porto Dos Gaúchos	37.100	11°32'12"	57°25'25"	ANA	10/73 – 04/20

Os postos fluviométricos 17092900 - Utariti, 17092950 - Fazenda Satélite, 17097000 - Gleba Agrosan, 17098000 - Fazenda Vale do Tucuna, 17100000 - Fazenda Tauá, 17124000 - Núcleo Ariel e 17125000 - Porto da Balsa não foram utilizados nesse estudo por estarem desativadas, além de também possuírem histórico disponível curto e com falhas.

Cabe ressaltar que o posto fluviométrico 17091000 - Fazenda Tucunaré, localizado no rio Juruena, foi utilizado como base para geração das séries de vazões na usina, tendo em conta sua proximidade e semelhança hidrogeológica com o rio Sauê-Uiná, conforme será demonstrado neste estudo. Cabe informar que as vazões deste posto foram geradas somente a partir de 01/1993, tendo em conta a inexistência de medições de vazões anteriores a este período para subsidiar a curva-chave.

Os demais postos constantes na tabela foram utilizados para análise do comportamento hidrológico da região a partir de regionalização vazões médias de longo termo, bem como preenchimento e extensão do posto base.

As áreas de drenagem utilizadas são as constantes na base de dados da ANA, que realizou recente revisão em toda sua rede hidrométrica. Para o local da PCH SU-118 obteve-se o valor de 1.400 km² no presente estudo.

6.3.2.1. Análise e Consistência de Cotas e Curvas-Chaves

No presente estudo todos os postos fluviométricos utilizados (postos base e postos usados na regionalização de vazões) tiveram seus dados consistidos.

Cotas Médias Diárias: As séries de cotas médias diárias dos postos fluviométricos passaram por uma análise visual, com a finalidade de determinar leituras absurdas, variações bruscas dos seus valores e erros de

“metro inteiro”. Foram efetuadas correções dos valores incoerentes e as falhas em curtos períodos preenchidas, quando necessário, respeitando a tendência do comportamento do fluviograma, resultando em séries finais consistidas e de maior confiabilidade. Os longos períodos contínuos em que há falhas de observações não tiveram seus dados preenchidos nesta fase inicial de consistência dos dados. O número de medições, bem como o intervalo de cotas em que elas ocorreram, são perfeitamente adequados para o estabelecimento das curvas-chaves dos postos fluviométricos.

Resumos de Medições: Foram realizadas consistências dos resumos de medições a partir de análise gráfica do comportamento das grandezas vazão-cota, área-cota, largura-cota, velocidade-cota e profundidade-cota, conjuntamente com os perfis transversais dos respectivos postos, de forma a se identificar padrões temporais e ocorrência de eventos, como modificação de níveis de referência, queda da régua, etc.

Curvas- Chaves: As curvas-chaves de cada posto fluviométrico foram obtidas a partir da plotagem dos resumos de medições respectivos, buscando-se o melhor ajuste possível no tramo inferior e superior (extrapolado) das curvas. Observou-se pequenos índices de extrapolações para as curvas-chaves, com valores máximos de 2 vezes (cotas extrapoladas em relação às cotas medidas).

Ressalta-se que os dados resultantes da análise e consistência realizadas neste estudo aproximaram-se bastante aos constantes na base de dados da ANA (Hidroweb).

Da Figura 6-5 à Figura 6-8 são apresentadas as curvas-chaves obtidas.

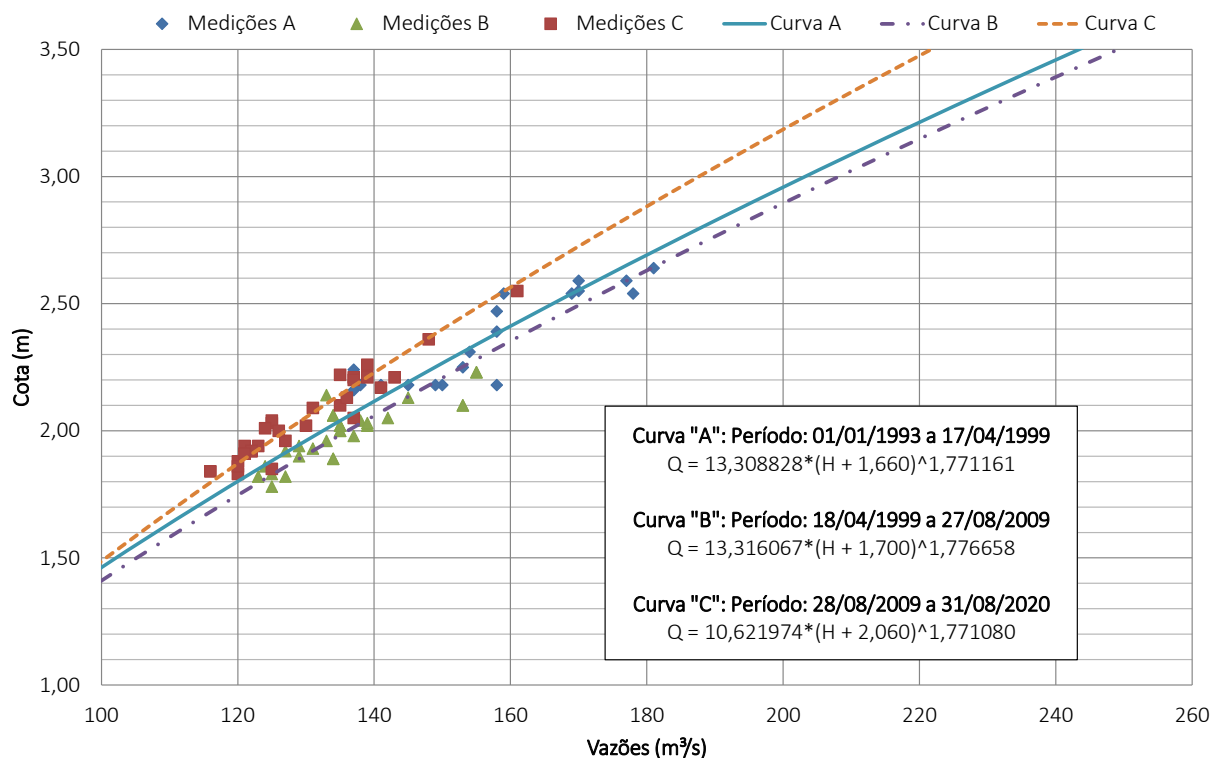


Figura 6-5: Curva-chave – Fazenda Tucunará (17091000)

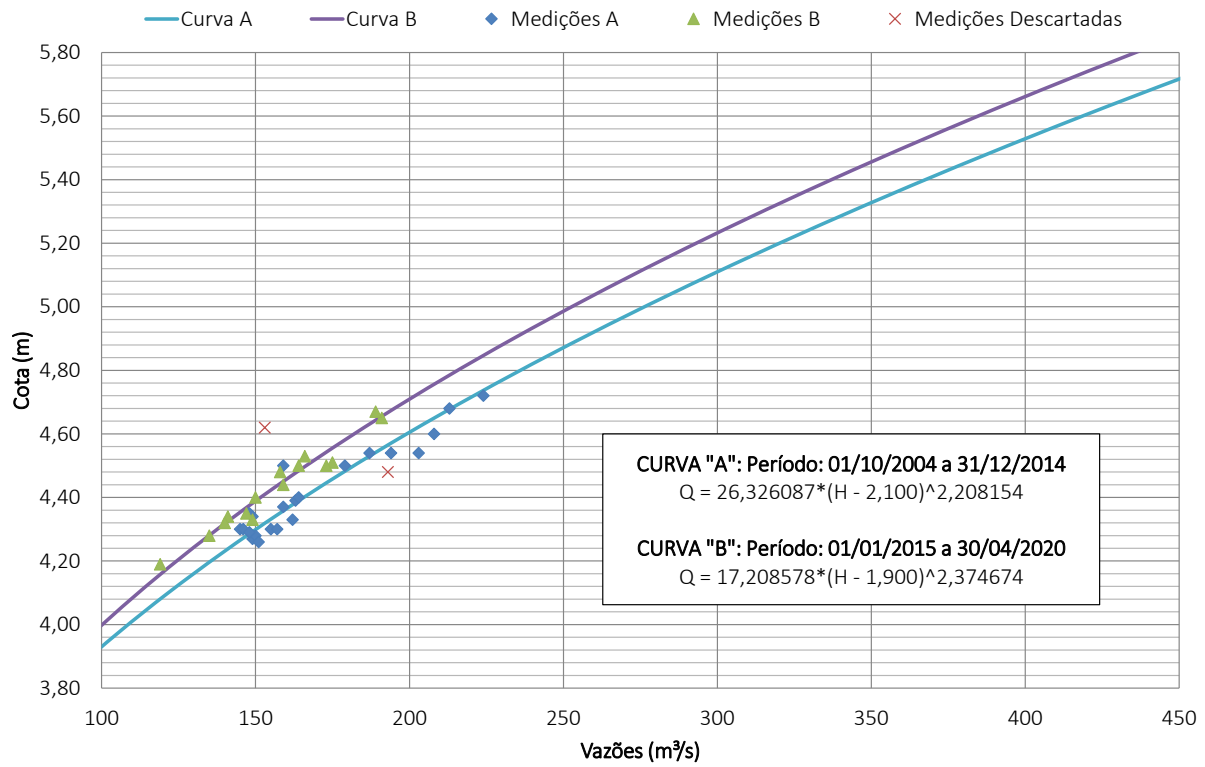


Figura 6-6: Curva-chave - Aldeia Sacre II (17092800)

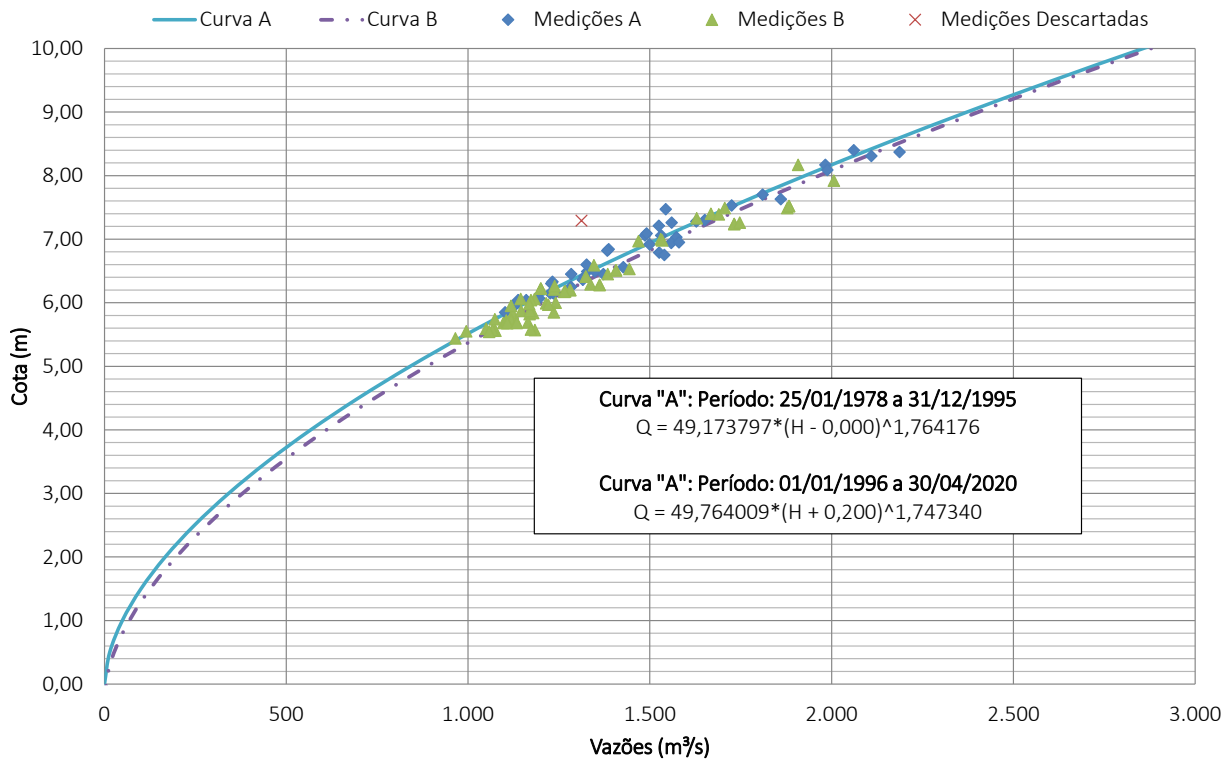


Figura 6-7: Curva-chave - Fontanilhas (17093000)

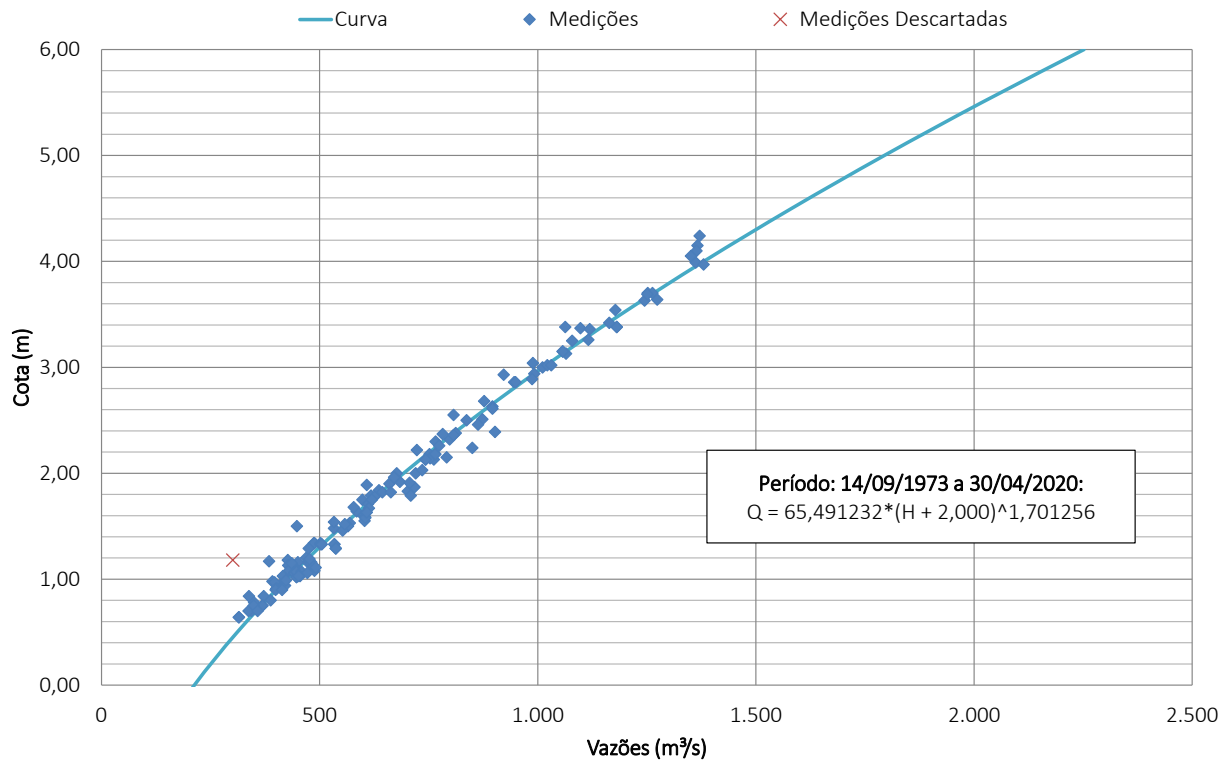


Figura 6-8: Curva-chave - Porto dos Gaúchos (17120000)

6.3.2.2. Séries Observadas nos Postos Fluviométricos

A partir das séries de cotas observadas nas estações e as respectivas curvas-chave, pode-se calcular as séries de vazões observadas nos postos fluviométricos selecionados, conforme apresentado nas tabelas seguintes.

Tabela 6-12: Série de vazões observadas – Fazenda Tucunaré (17091000)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1993	168,0	178,0	186,0	181,0	164,0	155,0	145,0	134,0	130,0	132,0	132,0	142,0	154,0
1994	166,0	183,0	185,0	186,0	155,0	143,0	136,0	128,0	122,0	124,0	126,0	142,0	150,0
1995	176,0	190,0	198,0	193,0	174,0	160,0	154,0	150,0	147,0	151,0	157,0	175,0	169,0
1996	167,0	164,0	177,0	170,0	160,0	152,0	147,0	147,0	143,0	146,0	158,0	152,0	157,0
1997	153,0	166,0	178,0	177,0	169,0	159,0	149,0	146,0	146,0	145,0	145,0	148,0	157,0
1998	151,0	165,0	174,0	168,0	154,0	149,0	143,0	141,0	138,0	144,0	152,0	151,0	153,0
1999	152,0	151,0	157,0	152,0	149,0	142,0	139,0	136,0	137,0	137,0	142,0	147,0	145,0
2000	143,0	150,0	168,0	161,0	149,0	142,0	138,0	136,0	135,0	137,0	143,0	141,0	145,0
2001	149,0	149,0	158,0	152,0	143,0	140,0	136,0	135,0	134,0	136,0	141,0	146,0	143,0
2002	144,0	156,0	153,0	147,0	141,0	135,0	132,0	130,0	130,0	129,0	131,0	136,0	139,0
2003	144,0	149,0	149,0	158,0	142,0	144,0	134,0	130,0	130,0	133,0	136,0	136,0	140,0
2004	143,0	149,0	148,0	143,0	139,0	133,0	130,0	126,0	126,0	129,0	132,0	131,0	136,0
2005	145,0	141,0	147,0	142,0	135,0	132,0	128,0	125,0	131,0	128,0	130,0	135,0	135,0

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
2006	143,0	146,0	148,0	153,0	140,0	135,0	132,0	128,0	128,0	137,0	132,0	143,0	139,0
2007	152,0	156,0	155,0	148,0	139,0	134,0	131,0	128,0	127,0	132,0	136,0	137,0	140,0
2008	139,0	147,0	148,0	148,0	139,0	134,0	130,0	127,0	126,0	129,0	133,0	140,0	137,0
2009	139,0	143,0	155,0	144,0	138,0	131,0	127,0	126,0	121,0	122,0	125,0	125,0	133,0
2010	131,0	146,0	136,0	126,0	122,0	125,0	123,0	121,0	121,0	123,0	123,0	130,0	127,0
2011	144,0	142,0	145,0	146,0	132,0	127,0	124,0	122,0	119,0	122,0	125,0	126,0	131,0
2012	133,0	139,0	144,0	136,0	127,0	127,0	125,0	118,0	121,0	127,0	123,0	130,0	129,0
2013	140,0	147,0	141,0	136,0	129,0	127,0	123,0	121,0	119,0	121,0	123,0	125,0	129,0
2014	129,0	143,0	158,0	156,0	163,0	147,0	132,0	127,0	127,0	128,0	134,0	135,0	140,0
2015	139,0	140,0	141,0	144,0	143,0	136,0	131,0	131,0	128,0	127,0	132,0	128,0	135,0
2016	134,0	144,0	146,0	146,0	135,0	128,0	122,0	121,0	123,0	121,0	122,0	133,0	131,0
2017	131,0	141,0	142,0	139,0	133,0	127,0	126,0	122,0	116,0	116,0	126,0	132,0	129,0
2018	138,0	144,0	146,0	149,0	142,0	133,0	129,0	127,0	126,0	131,0	136,0	142,0	137,0
2019	138,0	136,0	155,0	150,0	148,0	137,0	132,0	131,0	129,0	135,0	138,0	139,0	139,0
2020	139,0	154,0				129	126	122					
Média	145,4	152,1	157,0	153,7	144,6	138,0	133,0	129,9	128,9	131,2	134,6	138,8	140,7

Tabela 6-13: Série de vazões observadas – Aldeia Sacre II (17092800)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
2004											197,0	201,0	
2005	223,0	217,0	227,0	202,0	203,0	191,0	189,0	180,0	235,0	242,0	248,0	280,0	220,0
2006	297,0	327,0	336,0	362,0	319,0	318,0	318,0	251,0	186,0	178,0	170,0	195,0	271,0
2007	211,0	243,0	212,0	188,0	173,0	163,0	158,0	151,0	138,0	153,0	165,0	175,0	177,0
2008	201,0	226,0	219,0	193,0	172,0	161,0	151,0	146,0	145,0	151,0	159,0	170,0	174,0
2009	165,0	180,0	191,0	188,0	168,0	158,0	151,0	145,0	150,0	157,0	166,0	172,0	166,0
2010	205,0	200,0	188,0	183,0	163,0	155,0	149,0	145,0	145,0	149,0	160,0	160,0	167,0
2011	184,0	186,0	203,0	204,0	173,0	163,0	150,0	154,0	157,0	151,0	157,0	184,0	172,0
2012	199,0	195,0	193,0	189,0	179,0	173,0	151,0	143,0	141,0	144,0	160,0	156,0	169,0
2013	177,0	204,0	211,0	176,0	170,0	159,0	150,0	145,0	147,0	162,0	176,0	173,0	171,0
2014	184,0	210,0	242,0	213,0	186,0	167,0	161,0	158,0	154,0	160,0	164,0	187,0	182,0
2015	157,0	163,0	175,0	175,0	169,0	153,0	147,0	138,0	136,0	146,0	146,0	142,0	154,0
2016	158,0	155,0	173,0	150,0	142,0	132,0	125,0	126,0	132,0	138,0	143,0	172,0	146,0
2017	164,0	192,0	219,0	198,0	171,0	163,0	152,0	141,0	139,0	143,0	152,0	155,0	166,0
2018	169,0	198,0	190,0	197,0	172,0	162,0	153,0	140,0	139,0	149,0	180,0	184,0	169,0
2019	181,0	201,0	203,0	192,0	174,0	161,0	154,0	147,0	148,0	152,0	153,0	156,0	168,0
2020	160,0	167,0	165,0	166,0									
Média	189,7	204,0	209,2	198,5	182,3	171,9	163,9	154,0	152,8	158,3	168,5	178,9	178,1

Tabela 6-14: Série de vazões observadas – Fontanilhas (17093000)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1978		1.597	1.882	1.768	1.574	1.424	1.290	1.189	1.176	1.279	1.331	1.616	1.466
1979	1.857	1.989	2.144	2.024	1.696	1.534	1.405	1.319	1.356	1.293	1.444	1.448	1.626
1980	1.684	1.889	2.052	1.940	1.619	1.377		1.291	1.253	1.219	1.346	1.613	1.571
1981	1.777	1.855	1.921	1.912	1.547	1.364	1.271	1.206	1.161	1.278	1.512	1.550	1.530
1982	1.866	1.990	2.124	1.799	1.312	1.144	1.038	1.049	1.329	1.382	1.418	1.480	1.494
1983	1.700	1.761	1.863	1.749	1.562	1.442	1.298	1.227	1.186	1.271	1.358	1.705	1.510
1984	1.630	1.652	1.766	1.751	1.608	1.386	1.274	1.225	1.223	1.252	1.370	1.464	1.467
1985	1.672	1.653	1.778	1.749	1.552	1.358	1.284	1.229	1.225	1.291	1.392	1.422	1.467
1986	1.817	1.910	1.873	1.794	1.604	1.427	1.305	1.265	1.256	1.272	1.298	1.447	1.522
1987	1.516	1.684	1.686	1.555	1.414	1.272	1.189	1.119	1.102	1.132	1.353	1.511	1.378
1988	1.706	1.831	1.988	1.927	1.635	1.480	1.349	1.262	1.225	1.231	1.364	1.547	1.545
1989	1.764	2.060	2.085	1.914	1.768	1.521	1.432	1.361	1.286	1.311	1.336		1.622
1990	1.650	1.838	1.819	1.717	1.474	1.323	1.239	1.187					1.531
1991										1.264	1.357	1.426	1.349
1992	1.591	1.719	1.718	1.733	1.471	1.313	1.229	1.179	1.274	1.265	1.332	1.542	1.447
1993	1.535	1.794	1.741	1.694	1.490	1.354	1.270	1.167	1.154	1.156	1.174	1.284	1.401
1994	1.622	1.757	1.789	1.750	1.472	1.389	1.325	1.247	1.200	1.222	1.229	1.420	1.452
1995	1.712	1.878	1.858	1.847	1.620	1.403	1.301	1.229	1.177	1.234	1.338	1.764	1.530
1996	1.840	1.781	1.944	1.785	1.557	1.411	1.322	1.275	1.233	1.291	1.447	1.469	1.530
1997	1.653	1.770	1.952	1.990	1.714	1.532	1.367	1.282	1.240	1.270	1.322	1.383	1.540
1998	1.457	1.702	1.822	1.589	1.396	1.293	1.200	1.178	1.127	1.221	1.410	1.521	1.410
1999	1.589	1.494	1.697	1.464	1.359	1.219	1.180	1.096	1.110	1.103	1.302	1.443	1.338
2000	1.577	1.656	1.765	1.582	1.348	1.224	1.167	1.120	1.105	1.131	1.333	1.404	1.368
2001	1.578	1.599	1.774	1.562	1.387	1.265	1.175	1.097	1.103	1.165	1.281	1.567	1.379
2002	1.607	1.679	1.623	1.484	1.293	1.184	1.126	1.088	1.082	1.072	1.130	1.264	1.303
2003	1.464	1.593	1.573	1.789	1.417	1.276	1.165	1.104	1.098	1.141	1.228	1.261	1.342
2004	1.548	1.944	1.719	1.593	1.406	1.272	1.193	1.115	1.097	1.119	1.216	1.314	1.378
2005	1.515	1.581	1.797	1.557	1.333	1.208	1.129	1.068	1.066	1.117	1.160	1.474	1.334
2006	1.693	1.820	1.902	1.887	1.541	1.388	1.267	1.179	1.178	1.312	1.297	1.536	1.500
2007	1.648	1.933	1.693	1.518	1.347	1.234	1.165	1.099	1.073	1.143	1.260	1.400	1.376
2008	1.562	1.797	1.748	1.614	1.434	1.280	1.182	1.112	1.093	1.142	1.247	1.364	1.381
2009	1.397	1.575	1.596	1.610	1.364	1.230	1.148	1.087	1.083	1.114	1.232	1.378	1.318
2010	1.658	1.789	1.782	1.664	1.355	1.250	1.165	1.097	1.066	1.105	1.214	1.260	1.367
2011	1.509	1.676	1.816	1.794	1.407	1.266	1.175	1.104	1.070	1.148	1.231	1.416	1.384
2012	1.579	1.785	1.708	1.563	1.418	1.277	1.167	1.080	1.049	1.093	1.203	1.335	1.355
2013	1.526	1.893	1.752	1.699	1.435	1.314	1.214	1.115	1.107	1.211	1.341	1.456	1.422
2014	1.601	1.723	1.979	1.818	1.597	1.407	1.287	1.193	1.172	1.158	1.308	1.598	1.487
2015	1.430	1.632	1.814	1.748	1.661	1.404	1.274	1.173	1.122	1.142	1.198	1.190	1.399

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
2016	1.420	1.494	1.570	1.402	1.223	1.137	1.051	1.007	1.035	1.051	1.159	1.432	1.248
2017	1.543	1.789	1.774	1.659	1.454	1.307	1.180	1.121	1.061	1.122	1.271	1.396	1.390
2018	1.510	1.715	1.735	1.904	1.513	1.350	1.229	1.158	1.143	1.237	1.392	1.529	1.451
2019	1.655	1.820	1.888	1.804	1.551	1.355	1.252	1.172	1.130	1.239	1.300	1.440	1.467
2020	1.554	1.628	1.851	1.575									
Média	1.615	1.755	1.818	1.721	1.486	1.332	1.232	1.168	1.156	1.200	1.303	1.452	1.438

Tabela 6-15: Série de vazões observadas – Porto dos Gaúchos (17120000)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1973										594	945	1.160	900
1974	1.226	1.381	1.487	1.424	1.233	941	557	415	393	479	535	698	897
1975	912	1.169	1.011	1.067	781	489	460	404	371	389	527	765	695
1976	759	887	1.009	833	740	549	439	392	379	485	520	653	637
1977	916	1.106	940	891	774	667	503	434	449	549	708	891	736
1978	1.327	1.118	1.404	1.024	993			509	490			881	968
1979	1.319			1.591	1.335	992	630	575	542	577	663	705	893
1980	1.161	1.623	1.759	1.267	860	701	601	509	508	543	609	948	924
1981	1.364	1.351	1.398	1.291	864	694	567	497	453	529	802	814	885
1982	1.179	1.331		1.176	822	662	552	494	548	566	592	675	782
1983	948	1.098			626	555	446	410	395	511	696	827	651
1984	752	730	891	955	736	574	444	404	433	460	561	504	620
1985	975	1.072	1.183	1.052	792	563	484	423	427	503	574	634	724
1986	895	1.198	1.202	985	994	645	426	433	470	524	481	613	739
1987	786	845	872	844	626	476	409	375	354	357	534	865	612
1988	1.123	1.115	1.307	1.112	782	610	490	433	406	438	561	809	766
1989	514	599	1.117	1.123	926	651	573	499	425	491	596	950	705
1990	1.252	1.207	1.404	975	725	562	502	437	491	512	604	705	781
1991	1.051	1.266	1.364	1.442	966	632	539	466	490	560	694	771	853
1992	942	1.276	1.424	1.149	785	619	513	428	342	454	677	943	796
1993	1.001	1.099	1.094	932	639	504	458	401	369	465	599	727	691
1994	768	692	1.159	1.014	657	501	416	363	344	350	396	661	610
1995	1.241	1.480	1.454	1.175	891	619	525	460	428	496	561	850	848
1996	989	972	1.143	952	689	556	478	447	424	453	628	702	703
1997	1.144	1.296	1.136	1.102	781	631	502	443	422	426	512	658	754
1998	646	914	1.119	762	527	447	393	377	352	389	566	635	594
1999	1.109	946	1.074	694	564	442	405	354	361	360	531	726	631
2000	821	1.153	1.154	854	591	476	426	382	380	397	528	698	655
2001	755	773	911	723	539	458	400	349	343	433	533	836	588
2002	1.003	1.114	1.178	943	620	491	433	391	389	398	472	629	672

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
2003	1.030	1.031	1.226	1.337	784	579	483	419	425	473	568	699	755
2004	1.000	1.733	1.293	926	719	582	520	439	421	473	593	665	780
2005	960	1.035	1.181	880	640	508	444	392	390	430	472	765	675
2006	1.062	1.062	1.081	1.227	740	587	487	415	408	636	620	837	764
2007	947	1.465	1.034	847	673	538	439	403	378	445	600	799	714
2008	955	1.370	1.391	1.151	780	612	498	425	405	456	663	843	796
2009	868	989	1.037	1.027	696	573	467	410	422	446	557	812	692
2010	1.109	1.294	1.134	1.088	664	549	461	405	377	427	544	589	720
2011	995	1.064	1.195	1.164	682	547	467	410	372	476	574	748	725
2012	1.011	1.092	1.109	880	688	582	465	396	377	423	505	599	677
2013	809	1.196	1.126	1.095	692	573	476	407	393	476	696	958	741
2014	1.121	1.326	1.685	1.216	827	654	537	455	458	451	587	926	854
2015	763		1.064	964	833		490	419	390	404	458	487	627
2016	815	929	1.125	816	571	476	402	366	392	419	537	819	639
2017	927	1.300	1.287	1.100	799	602	481	424	371	417	551	846	759
2018	883	1.334	1.212	1.307	865	656	529	459	448	521	691	956	822
2019	984	1.199	1.272	1.188	870	638	528	455	414	556	592	716	784
2020	740	976	1.083	872									
Média	976	1.138	1.198	1.053	769	590	483	426	414	470	587	766	741

6.3.2.3. Levantamentos Hidrométricos Realizados pelo Empreendedor

No âmbito do desenvolvimento do projeto básico da PCH SU-118 (A.D.= 1.400 km²), foram realizadas no período de 30/03/2019 a 16/04/2021 medições de vazões, leituras horárias de régua (*datalogger*) e medições sedimentométricas. A estação está instalada em local próximo e é denominada Estação PCH Sauê-Uiná (1.700 km²).

No local de instalação das régua foram materializados os marcos topográficos georeferenciados próximos à margem, porém fora da influência das cheias, destinados ao nivelamento dos lances de régua e à amarração a RN's oficiais, o que permitiu a determinação da cota do "zero" da régua limnimétrica.

A Tabela 6-16 apresenta os dados deste local.

Tabela 6-16: Local das medições realizadas – Posto Sauê-Uiná

Local	Coordenadas		A. D. (km ²)	"Zero" da Régua (m)*	Tipo de Medição
	Coord. Norte	Coord. Este	(km ²)	(m)	(-)
Estação Sauê-Uiná	12° 43' 19,05" S	58° 37' 22,80" W	1.700	-	Leitura de cotas e medição de vazões

* Corresponde ao zero da régua para efeito de nivelamento topográfico. Não coincide com o "zero" da régua, obtido no ajuste da curva-chave.

A Tabela 6-17 apresenta o resumo das medições realizadas na Estação Sauê-Uiná.

Tabela 6-17: Medições de vazões realizadas – Estação Sauê-Uiná

Medição	Data	Início (hora)	Fim (hora)	Cota (cm)	Vazão (m³/s)	Área	Largura (m)	Prof.	Veloc.
						(m²)		(m)	(m³/s)
1	29/03/2019	15:20	16:15	200	45,56	41,03	27,30	1,50	1,110
2	18/04/2019	11:15	11:58	194	45,93	38,85	27,20	1,43	1,182
3	05/05/2019	16:10	17:01	192	47,83	37,91	26,40	1,44	1,262
4	19/06/2019	10:39	11:18	170	42,14	33,08	26,50	1,25	1,274
5	12/07/2019	11:02	11:50	165	39,84	32,36	26,30	1,23	1,231
6	11/08/2019	14:00	14:40	162	40,43	30,98	26,10	1,19	1,305
7	21/09/2019	10:08	10:55	159	40,59	30,55	26,10	1,17	1,329
8	24/10/2019	10:30	11:22	165	36,23	29,47	27,00	1,09	1,230
9	25/11/2019	17:12	17:49	159	38,59	31,55	26,30	1,20	1,223
10	22/12/2019	12:41	13:32	165	42,46	35,12	27,10	1,30	1,209
11	24/01/2020	13:48	14:41	161	36,27	32,36	26,40	1,23	1,121
12	11/02/2020	16:49	16:56	183	46,10	36,10	27,00	1,34	1,280
13	13/03/2020	15:47	16:35	195	42,16	40,02	27,70	1,44	1,053
14	16/04/2020	09:48	10:30	181	42,35	37,71	27,30	1,38	1,123
15	10/05/2020	13:16	14:00	171	38,89	33,50	27,30	1,23	1,161
16	12/06/2020	16:47	17:20	163	39,84	31,38	26,90	1,17	1,270
17	21/07/2020	15:30	16:00	152	34,25	27,62	26,40	1,05	1,240
18	23/08/2020	10:07	10:40	150	36,81	28,66	26,10	1,10	1,284
19	01/10/2020	09:55	10:30	145	36,20	29,93	26,90	1,11	1,210
20	15/10/2020	14:15	14:50	155	37,21	29,06	26,90	1,08	1,280
21	12/11/2020	17:17	17:56	152	34,69	31,33	26,80	1,17	1,107
22	05/12/2020	10:20	10:58	150	35,73	28,79	26,80	1,07	1,241
23	25/01/2021	11:38	12:20	154	39,03	30,00	27,00	1,11	1,301
24	19/02/2021	17:30	18:20	168	40,83	34,27	27,50	1,25	1,191
25	10/03/2021	17:16	17:50	191	48,68	40,66	27,50	1,48	1,197
26	16/04/2021	10:10	10:40	186	44,61	36,13	27,40	1,32	1,235

A Figura 6-9 segue a curva-chave obtida para a Estação Sauê-Uiná. Alguns pontos foram descartados para o cálculo da equação, porém sem comprometimento do resultado final.

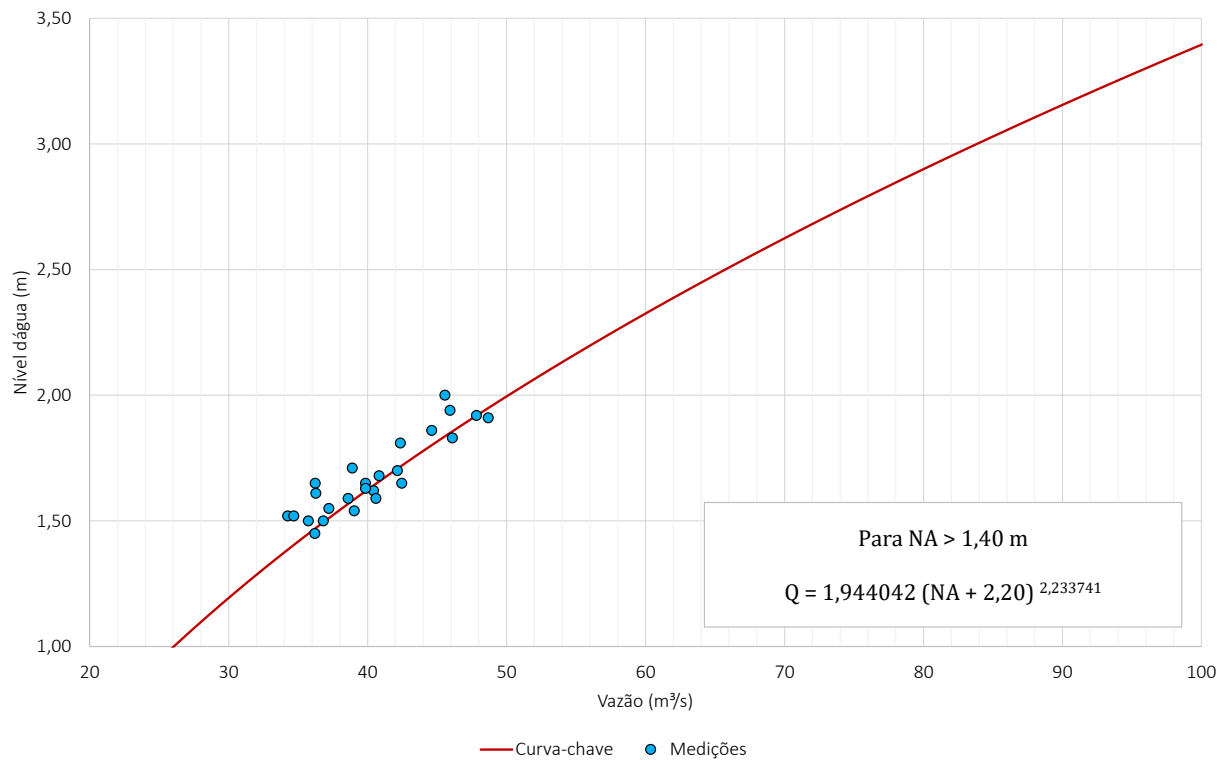


Figura 6-9: Curva-chave – Estação Sauê-Uiná

A partir da curva-chave elaborada para a seção da estação e as observações horárias armazenadas no *datalogger*, foram calculadas vazões médias diárias (Figura 6-10) e as vazões médias mensais, apresentadas na Tabela 6-18.

Tabela 6-18: Vazões médias mensais na Estação Sauê-Uiná

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2019				53,21	46,20	42,65	40,97	39,69	38,87	41,57	42,64	41,57
2020	41,77	48,05	50,07	44,14	41,92	39,20	37,89	36,72	36,15	37,43	37,47	38,43
2021	38,94	46,10	48,00	44,81								
Média	40,35	47,07	49,04	47,39	44,06	40,92	39,43	38,20	37,51	39,50	40,06	40,00

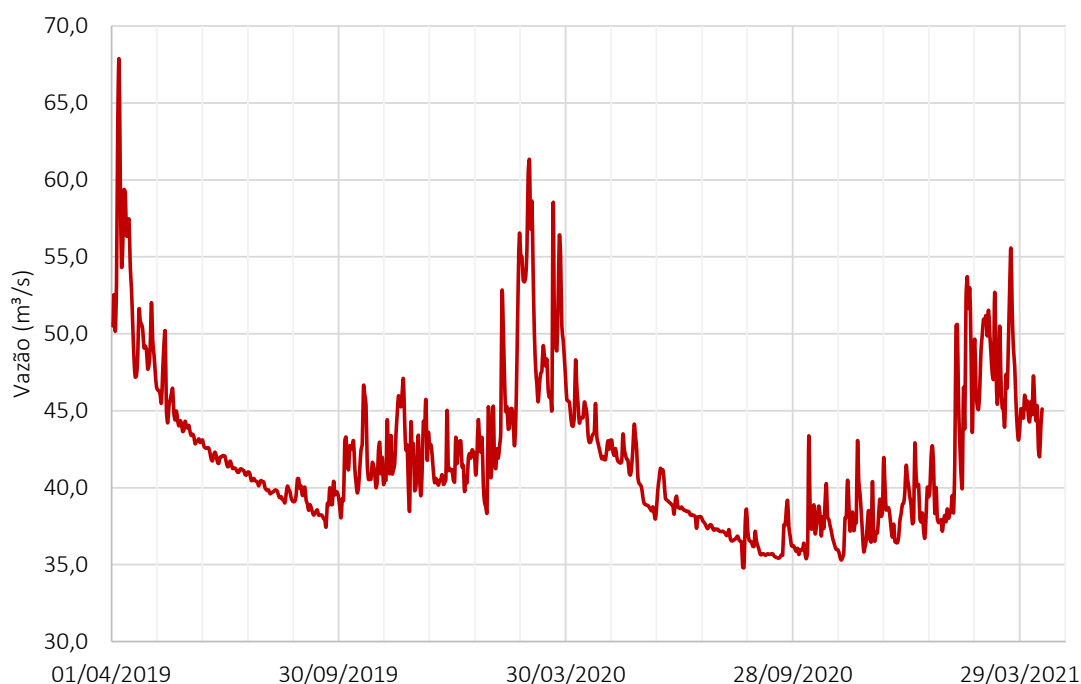


Figura 6-10: Hidrograma das vazões diárias na Estação Sauê-Uiná

6.3.2.4. Análise do Comportamento Hidrológico da Bacia

O regime fluvial da bacia do rio Sauê-Uiná acompanha o regime pluviométrico dominante na região, tendo um período de águas altas entre novembro e abril, e o período de estiagem compreendido entre maio e outubro.

Os estudos de vazões, médias mensais e máximas, foram conduzidos, desde a seleção das estações fluviométricas até a escolha da metodologia mais adequada para analisá-las, considerando as características fisiográficas e climáticas da bacia do rio Sauê-Uiná e de seu afluente, rio Calor, também objeto deste estudo.

Nos Estudos de Inventário Hidrelétrico, foi constatado que a região na qual bacia do rio Sauê-Uiná insere-se está posicionada em terrenos predominantemente sedimentares, sendo formados por arenitos de alta porosidade e que constituem aquíferos de elevada capacidade de armazenamento, fazendo com que as descargas dos cursos d'água sejam pouco variáveis ao longo do ciclo anual. As campanhas de medições de vazões líquidas realizados naquele momento indicaram vazões específicas de 28,5 l/s/km² no trecho a montante da foz do rio do Calor (Sauê-Uiná Montante – Régua 02), região onde se localiza a PCH SU-118, cabendo salientar que tal produção hídrica foi constatada com base em medições pontuais. Restou também evidenciado a semelhança hidrogeológica existente entre a bacia do rio Sauê-Uiná e o rio Juruena, tendo-se utilizado o posto 17091000 - Fazenda Tucunará como base para geração das séries de séries de vazões.

Nesta etapa de projeto, conforme demonstrado, a partir da leitura horária de régua (datalogger), obteve-se uma produção hídrica de 24,7 l/s/km², pouco inferior daquela obtida nos Estudos de Inventário.

O rio Sauê-Uiná não possui postos fluviométricos com séries suficientemente longas para caracterizar o regime de vazões na bacia. Assim, no presente estudo utilizou-se do processo de regionalização de vazões médias de longo termo para promover uma estimativa de vazões no local do eixo estudado.

A Tabela 6-19 mostra os postos existentes na região, com as respectivas áreas de drenagens, vazões médias e específicas, bem como das medições realizadas na presente etapa de Projeto Básico, que apresenta série contínua para 25 meses (30/03/2019 a 16/04/2021).

Tabela 6-19: Postos fluviométricos de interesse ao estudo de inventário do rio Sauê-Uiná

Código	Posto	Rio	A.D. (km ²)	Q _{MLT} (m ³ /s)	Q _{ESP} (l/s/km ²)
17091000	Fazenda Tucunaré	Juruena	4.360	140,7	32,3
17092800	Aldeia Sacre II	Sacre	6.770	178,1	26,3
17093000	Fontanilhas	Juruena	55.900	1.437,5	25,7
17120000	Porto dos Gaúchos	Arinos	37.100	741,1	20,0
	Estação Sauê-Uiná	Sauê-Uiná	1.700	42,0	24,7

A Tabela 6-20 apresenta as vazões médias mensais de longo termo dos postos da região.

Tabela 6-20: Postos fluviométricos – Vazões médias mensais

Posto	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd.
Fazenda Tucunaré	145	152	157	154	145	138	133	130	129	131	135	139	141
Aldeia Sacre II	190	204	209	199	182	172	164	154	153	158	169	179	178
Fontanilhas	1615	1755	1818	1721	1486	1332	1232	1168	1156	1200	1303	1452	1437
Porto dos Gaúchos	976	1138	1198	1053	769	590	483	426	413	470	587	766	741
Estação PCH Sauê-Uiná	40,4	47,1	49,0	47,4	44,1	40,9	39,4	38,2	37,5	39,5	40,1	40,0	42,0

A Figura 6-11 apresenta os hidrogramas comparativos de vazões médias mensais adimensionais (divididas pela média de longo termo) e curva de regionalização de vazões médias de longo termo e específicas em função da área de drenagem para a região.

Em termos de regime hidrológico, é possível constatar que as medições realizadas nesta etapa de Projeto Básico no rio Sauê-Uiná, apesar do curto período de 25 meses (04/2019 a 04/2021), apresentam semelhança com o comportamento do posto 17091000 - Fazenda Tucunaré no rio Juruena, o qual será utilizado com base no presente estudo.

No que toca à produção hídrica, a curva de regionalização estima uma vazão para o local da estação Sauê-Uiná, com 1.700 km², de 33 l/s/km², valor superior ao indicado nas medições ora realizadas, de 24,7 l/s/km², que será utilizado nesta oportunidade, em coerência aos Estudos de Inventário aprovados.

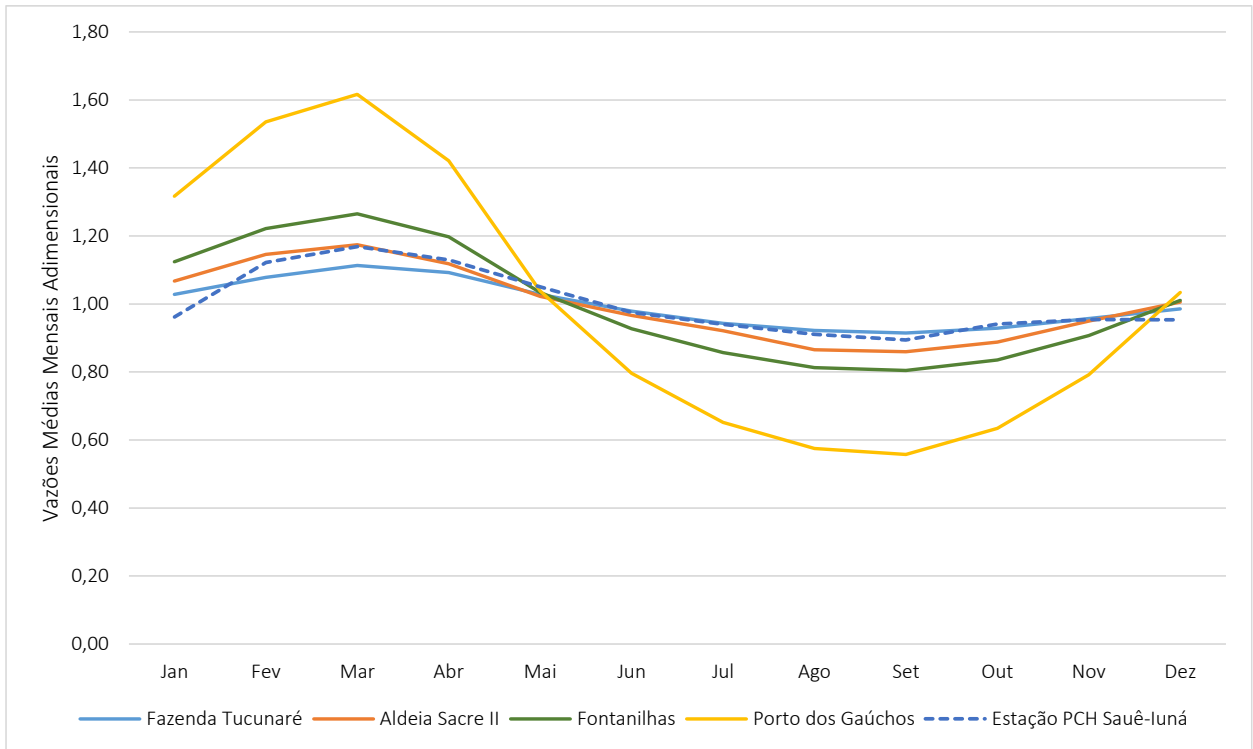


Figura 6-11: Hidrogramas médias mensais adimensionais

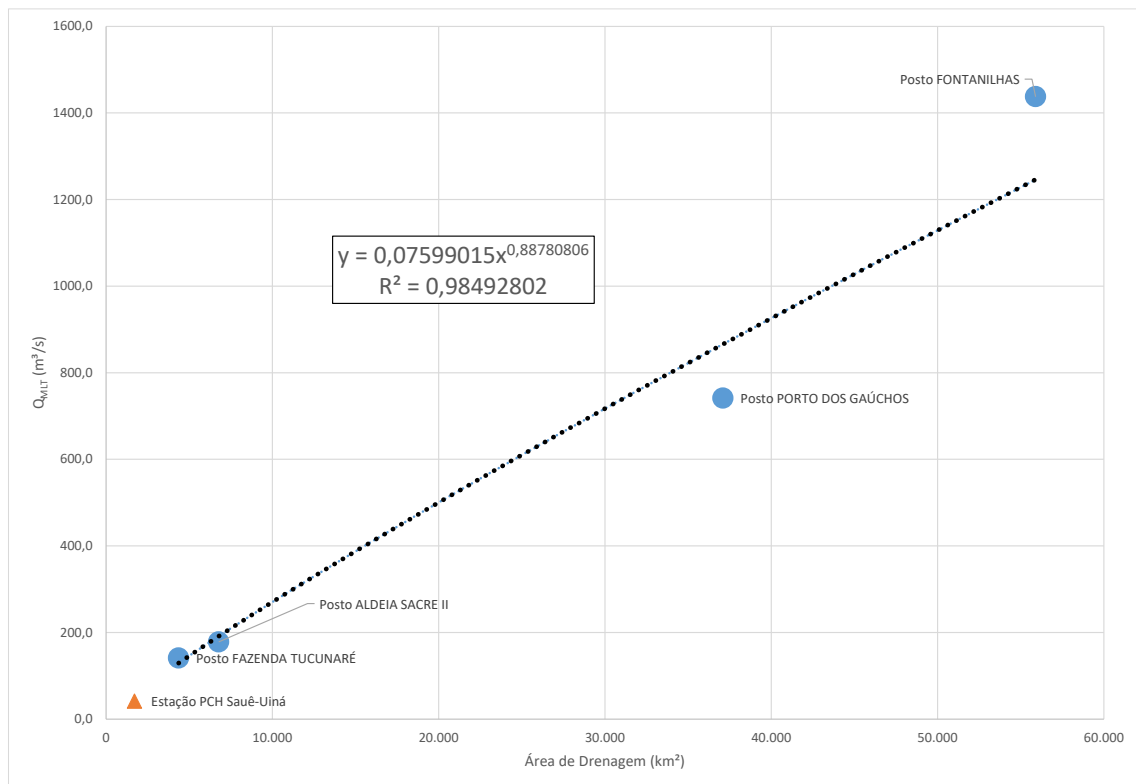


Figura 6-12: Curva de regionalização (Médias de Longo Termo)

6.3.2.5. Preenchimento das Séries dos Postos Fluviométricos

As falhas dos postos base 17091000 - Fazenda Tucunaré foram preenchidos com base nas correlações estatísticas apresentadas nas figuras seguintes.

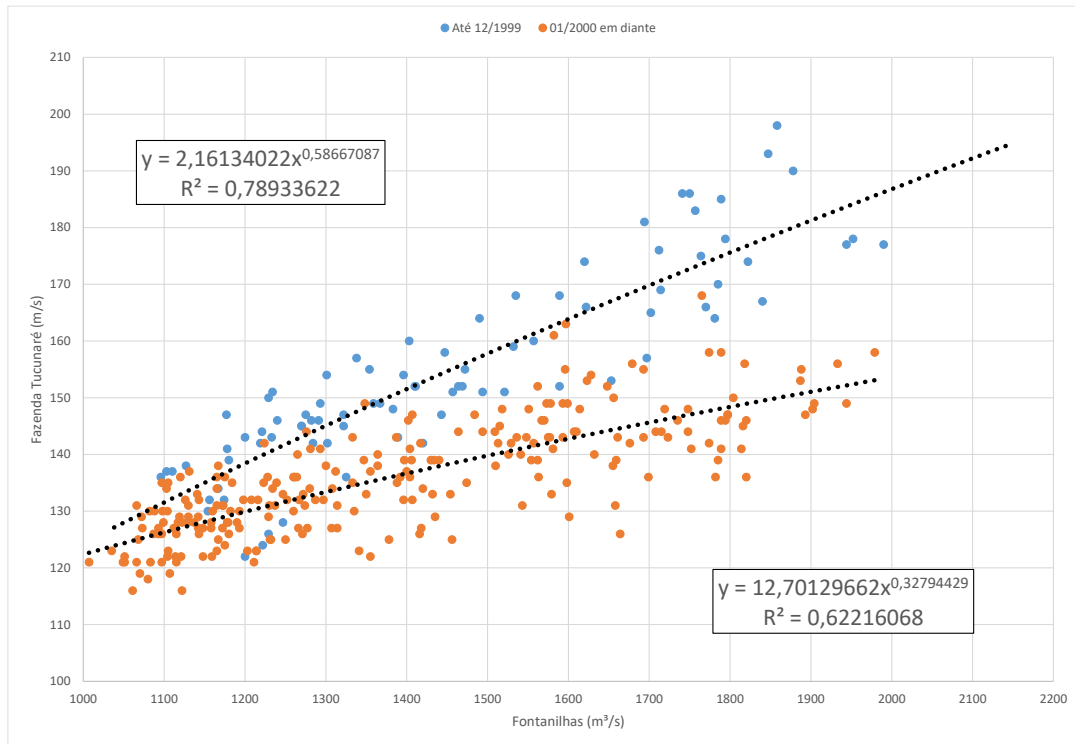


Figura 6-13: Correlação – Fontanilhas x Fazenda Tucunaré

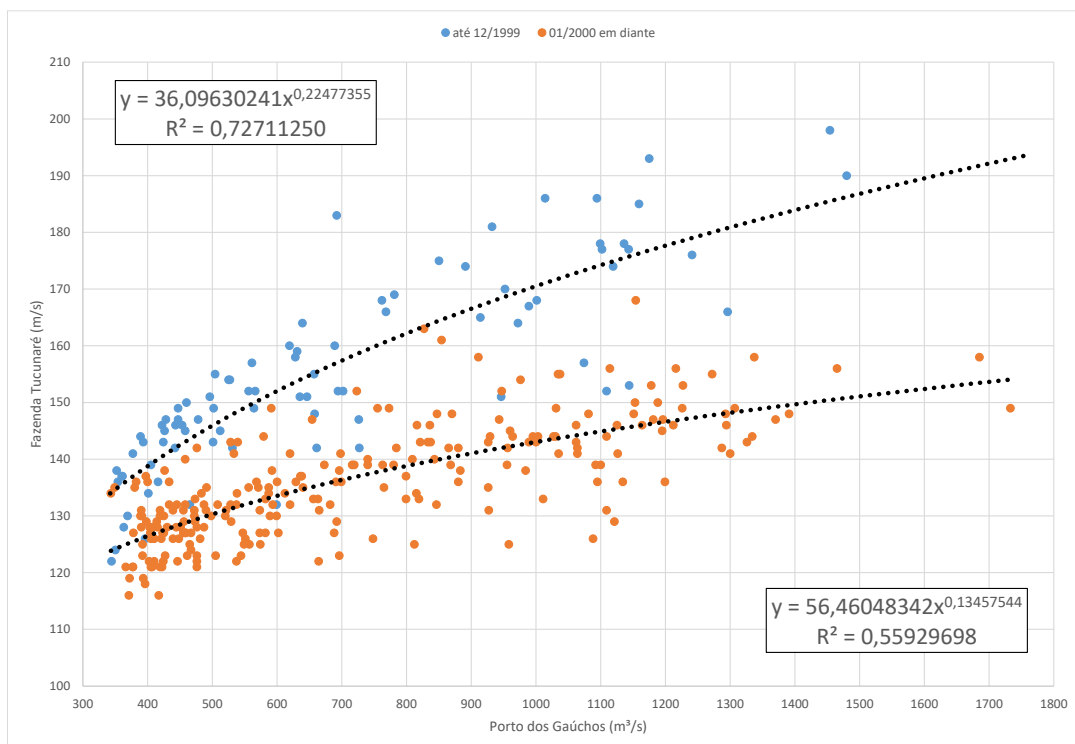


Figura 6-14: Correlação – Porto dos Gaúchos x Fazenda Tucunaré

A Tabela 6-21 apresenta a série preenchida para o posto base, sendo os dados em vermelho e azul preenchidos, respectivamente pelos postos 17093000 - Fontanilhas e 17120000 - Porto dos Gaúchos. Para o mês de maio de 2020 (destacado em verde) não se dispunha de informações nos postos selecionados. Por se tratar de uma falha pontual, esse mês foi preenchido com a média dos demais meses de maio da série.

Tabela 6-21: Série de Vazões Preenchida – Posto Fazenda Tucunaré (17091000) – m³/s

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1974	178,5	183,4	186,4	184,6	178,7	168,2	149,5	139,9	138,2	144,5	148,2	157,3	163,1
1975	167,0	176,6	170,9	173,0	161,3	145,2	143,2	139,1	136,5	137,9	147,7	160,6	154,9
1976	160,3	166,0	170,9	163,7	159,4	149,0	141,7	138,2	137,1	144,9	147,2	154,9	152,8
1977	167,2	174,4	168,2	166,2	161,0	155,7	146,1	141,4	142,4	149,0	157,8	166,2	158,0
1978	181,7	174,9	184,0	171,4	170,3	153,0	144,4	146,5	145,3	143,7	147,1	165,7	160,7
1979	178,8	186,2	194,6	188,1	169,6	159,9	151,8	146,3	148,7	144,6	154,3	154,5	164,8
1980	168,9	180,6	189,6	183,5	165,0	150,1	152,1	144,5	142,0	139,7	148,1	164,6	160,7
1981	174,3	178,7	182,4	181,9	160,7	149,2	143,2	138,8	135,8	143,6	158,5	160,8	159,0
1982	179,3	186,2	193,5	175,5	145,9	134,6	127,1	127,9	147,0	150,4	152,7	156,5	156,4
1983	169,8	173,3	179,2	172,7	161,6	154,2	144,9	140,2	137,5	143,2	148,8	170,1	158,0
1984	165,7	167,0	173,6	172,8	164,3	150,6	143,4	140,1	140,0	141,9	149,6	155,5	155,4
1985	168,2	167,0	174,3	172,7	161,0	148,8	144,0	140,4	140,1	144,5	151,0	152,9	155,4
1986	176,6	181,8	179,7	175,2	164,1	153,2	145,4	142,8	142,2	143,2	144,9	154,5	158,6
1987	158,8	168,9	169,0	161,1	152,4	143,2	137,7	132,9	131,7	133,8	148,5	158,5	149,7
1988	170,1	177,4	186,1	182,8	166,0	156,5	148,3	142,6	140,1	140,5	149,2	160,7	160,0
1989	173,5	190,1	191,4	182,0	173,8	159,1	153,5	149,0	144,2	145,8	147,4	168,6	164,9
1990	166,9	177,8	176,7	170,8	156,2	146,6	141,0	137,5	145,3	146,7	152,3	157,6	156,3
1991	172,4	179,8	182,8	185,1	169,2	153,8	148,4	143,6	145,3	142,7	148,8	153,2	160,4
1992	163,3	170,9	170,9	171,7	156,0	145,9	140,4	137,0	143,4	142,8	147,2	160,4	154,1
1993	168,0	178,0	186,0	181,0	164,0	155,0	145,0	134,0	130,0	132,0	132,0	142,0	153,9
1994	166,0	183,0	185,0	186,0	155,0	143,0	136,0	128,0	122,0	124,0	126,0	142,0	149,7
1995	176,0	190,0	198,0	193,0	174,0	160,0	154,0	150,0	147,0	151,0	157,0	175,0	168,8
1996	167,0	164,0	177,0	170,0	160,0	152,0	147,0	147,0	143,0	146,0	158,0	152,0	156,9
1997	153,0	166,0	178,0	177,0	169,0	159,0	149,0	146,0	146,0	145,0	145,0	148,0	156,8
1998	151,0	165,0	174,0	168,0	154,0	149,0	143,0	141,0	138,0	144,0	152,0	151,0	152,5
1999	152,0	151,0	157,0	152,0	149,0	142,0	139,0	136,0	137,0	137,0	142,0	147,0	145,1
2000	143,0	150,0	168,0	161,0	149,0	142,0	138,0	136,0	135,0	137,0	143,0	141,0	145,3
2001	149,0	149,0	158,0	152,0	143,0	140,0	136,0	135,0	134,0	136,0	141,0	146,0	143,3
2002	144,0	156,0	153,0	147,0	141,0	135,0	132,0	130,0	130,0	129,0	131,0	136,0	138,7
2003	144,0	149,0	149,0	158,0	142,0	144,0	134,0	130,0	130,0	133,0	136,0	136,0	140,4
2004	143,0	149,0	148,0	143,0	139,0	133,0	130,0	126,0	126,0	129,0	132,0	131,0	135,8
2005	145,0	141,0	147,0	142,0	135,0	132,0	128,0	125,0	131,0	128,0	130,0	135,0	134,9
2006	143,0	146,0	148,0	153,0	140,0	135,0	132,0	128,0	128,0	137,0	132,0	143,0	138,8
2007	152,0	156,0	155,0	148,0	139,0	134,0	131,0	128,0	127,0	132,0	136,0	137,0	139,6

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
2008	139,0	147,0	148,0	148,0	139,0	134,0	130,0	127,0	126,0	129,0	133,0	140,0	136,7
2009	139,0	143,0	155,0	144,0	138,0	131,0	127,0	126,0	121,0	122,0	125,0	125,0	133,0
2010	131,0	146,0	136,0	126,0	122,0	125,0	123,0	121,0	121,0	123,0	123,0	130,0	127,3
2011	144,0	142,0	145,0	146,0	132,0	127,0	124,0	122,0	119,0	122,0	125,0	126,0	131,2
2012	133,0	139,0	144,0	136,0	127,0	127,0	125,0	118,0	121,0	127,0	123,0	130,0	129,2
2013	140,0	147,0	141,0	136,0	129,0	127,0	123,0	121,0	119,0	121,0	123,0	125,0	129,3
2014	129,0	143,0	158,0	156,0	163,0	147,0	132,0	127,0	127,0	128,0	134,0	135,0	139,9
2015	139,0	140,0	141,0	144,0	143,0	136,0	131,0	131,0	128,0	127,0	132,0	128,0	135,0
2016	134,0	144,0	146,0	146,0	135,0	128,0	122,0	121,0	123,0	121,0	122,0	133,0	131,3
2017	131,0	141,0	142,0	139,0	133,0	127,0	126,0	122,0	116,0	116,0	126,0	132,0	129,3
2018	138,0	144,0	146,0	149,0	142,0	133,0	129,0	127,0	126,0	131,0	136,0	142,0	136,9
2019	138,0	136,0	155,0	150,0	148,0	137,0	132,0	131,0	129,0	135,0	138,0	139,0	139,0
2020	139,0	154,0	149,8	142,0	152,2	129,0	126,0	122,0					
Mínima	129,0	136,0	136,0	126,0	122,0	125,0	122,0	118,0	116,0	116,0	122,0	125,0	127,3
Média	155,6	162,1	166,2	162,3	152,2	143,4	137,7	134,1	134,0	136,2	140,9	147,4	147,9
Máxima	181,7	190,1	198,0	193,0	178,7	168,2	154,0	150,0	148,7	151,0	158,5	175,0	168,8

6.4. Cálculo das Vazões Médias Mensais na Usina

Este item apresenta a metodologia utilizada para o cálculo da série de vazões médias na PCH SU-118, bem como a série propriamente dita.

6.4.1. Metodologia de Geração da Série de Vazões

Para a geração das séries de vazões no local da PCH SU-118, o modelo de regionalização para o rio Sauê-Uiná (Figura 6-12) obtido no presente estudo não se mostrou adequado, uma vez que superestimou a produção hídrica local. Julgou-se então mais adequado calcular as vazões no sítio por meio de relação direta de área de drenagem com o posto base, com posterior aplicação de fator de correção das vazões específicas. Esta metodologia, apresentada a seguir e utilizada nos Estudos de Inventário, foi objeto de análise da equipe técnica da SCG/ANEEL, a qual se posicionou favorável à sua utilização para a estimativa das séries de vazões médias mensais na bacia do rio Sauê-Uiná, conforme Nota Técnica nº 398/2015-SCG/ANEEL.

Em relação à escolha do posto base, a análise do comportamento dos postos fluviométricos selecionados indicou que o posto 17095000 – Fazenda Tucunaré é o que apresenta variação sazonal mais parecida à observada na estação instalada no rio Sauê-Uiná. A série do posto base foi preenchida e apresentada em item anterior.

Conforme já apresentado anteriormente, na estação hidrométrica Sauê-Uiná foram realizadas medições de vazões que subsidiaram a elaboração da curva-chave da seção medidora. Com esta curva e as leituras horárias de cota realizadas no período de 30/03/2019 a 16/04/2021, foi possível calcular as vazões médias da estação Sauê-Uiná, apresentadas na Tabela 6-18.

Ao comparar as vazões médias mensais do período em que se dispõe de dados tanto no posto base quanto no posto instalado pelo empreendedor, notou-se que a vazão específica média observada no rio Sauê-Uiná é inferior à produção observada no posto base Fazenda Tucunaré, conforme apresentado na Tabela 6-22.

Tabela 6-22: Vazões médias mensais na estação hidrométrica Sauê-Uiná e no posto base Fazenda Tucunaré

Estação	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Qesp (l/s.km²)
Fazenda Tucunaré	2019				150	148	137	132	131	129	135	138	139	31,55
	2020	139	154	150	142	*	129	126	122					
Sauê-Uiná	2019				53,2	46,2	42,7	41,0	39,7	38,9	41,6	42,6	41,6	25,19
	2020	41,8	48,0	50,1	44,1	*	39,2	37,9	36,7					

* Mês de maio/2020 não considerado nas avaliações pois a série do posto base foi preenchida com a média histórica do mês de maio.

Portanto, a simples aplicação de relação direta por área de drenagem para o cálculo das vazões na PCH SU-118 resultaria em uma superestimativa do potencial hídrico, assim como foi observado no cálculo pela curva de regionalização da Figura 6-12.

Diante disso, além da relação direta pela área de drenagem, foi aplicado um fator de correção, representado pela relação entre as vazões específicas médias observadas nos postos apresentadas na Tabela 6-22.

$$\text{Fator de Correção (FC)} = \left(\frac{Q_{ESP. SAUE-UINA}}{Q_{ESP. POSTO BASE}} \right)$$

A equação de transferência para obtenção das séries é apresentada a seguir.

$$Q_{PCH} = \left(\frac{A_{PCH}}{A_{POSTO BASE}} \right) \times FC \times Q_{POSTO BASE}$$

$$Q_{PCH} = 0,256409 \times Q_{POSTO BASE}$$

Onde:

Q_{PCH} – vazão média mensal no eixo;

A_{PCH} – área de drenagem no eixo, igual à 1.400 km²;

$A_{POSTO BASE}$ – área de drenagem no posto base, igual a 4.360 km²;

$q_{ESP. ESTAÇÃO SAUÊ}$ – vazão específica observada na estação Sauê-Uiná – 25,19 l/s/km²;

$q_{ESPECÍFICA - POSTO BASE}$ – vazão específica observada no posto base (Fazenda Tucunaré – 31,55 l/s/km²);

$Q_{POSTO BASE}$ – série de vazões no posto base.

A título de validação, as vazões médias mensais da estação hidrométrica Sauê-Uiná foram levadas para o local do eixo da PCH por relação de área de drenagem. Posteriormente, essas vazões foram comparadas às vazões estimadas a partir da metodologia proposta para o cálculo da série histórica da usina. A Figura 6-15 ilustra essa comparação.

Verifica-se, também, grande aderência das medições mensais para o período concomitante com série (04/2019 a 08/2020), cujo coeficiente de correlação resultou em 0,848.

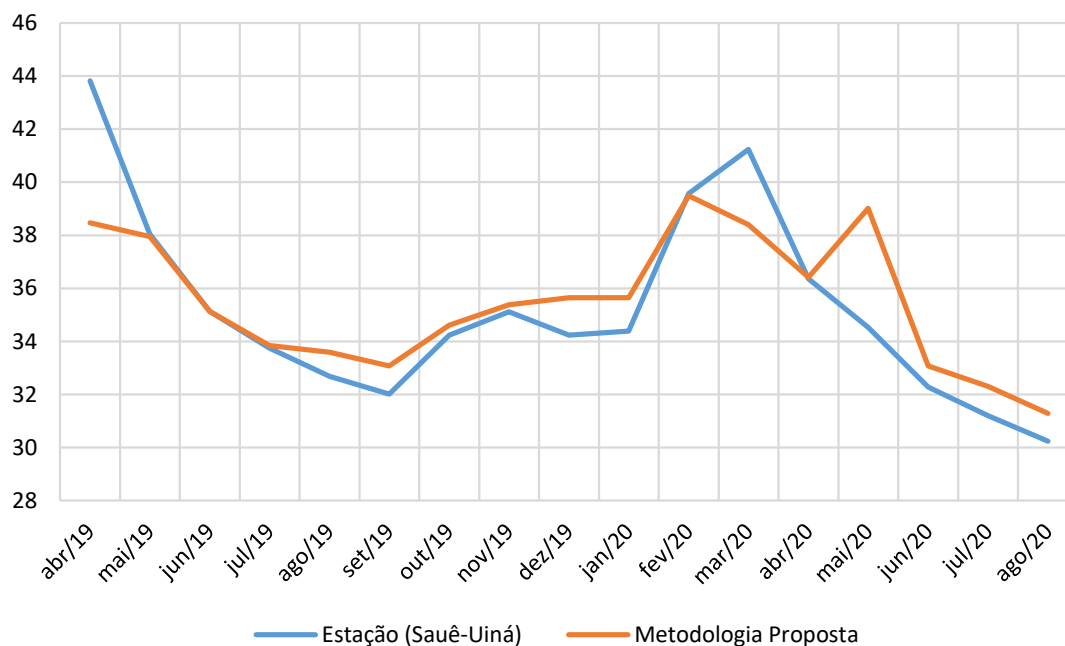


Figura 6-15: Comparação dos valores da série de vazões médias mensais com as medições mensais realizadas – PCH SU-118 (m³/s)

Para o período de 04/2019 a 12/2020, no qual se dispõe de dados da estação instalada no próprio rio Sauê-Uiná, foram adotadas as vazões médias mensais da estação hidrométrica Sauê-Uiná levadas para o local do eixo da PCH SU-118 por relação de área de drenagem.

6.4.2. Série de Vazões Médias Mensais na PCH SU-118

A Tabela 6-23 apresenta a série de vazões médias mensais da SU-118, calculada a partir da metodologia apresentada anteriormente.

Tabela 6-23: Série de vazões médias mensais – PCH SU-118 – A.D. = 1.400 km²

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1974	45,8	47,0	47,8	47,3	45,8	43,1	38,3	35,9	35,4	37,1	38,0	40,3	41,8
1975	42,8	45,3	43,8	44,4	41,4	37,2	36,7	35,7	35,0	35,4	37,9	41,2	39,7
1976	41,1	42,6	43,8	42,0	40,9	38,2	36,3	35,4	35,2	37,2	37,7	39,7	39,2
1977	42,9	44,7	43,1	42,6	41,3	39,9	37,5	36,2	36,5	38,2	40,5	42,6	40,5
1978	46,6	44,8	47,2	44,0	43,7	39,2	37,0	37,6	37,2	36,8	37,7	42,5	41,2
1979	45,9	47,7	49,9	48,2	43,5	41,0	38,9	37,5	38,1	37,1	39,6	39,6	42,3

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1980	43,3	46,3	48,6	47,0	42,3	38,5	39,0	37,0	36,4	35,8	38,0	42,2	41,2
1981	44,7	45,8	46,8	46,6	41,2	38,3	36,7	35,6	34,8	36,8	40,6	41,2	40,8
1982	46,0	47,8	49,6	45,0	37,4	34,5	32,6	32,8	37,7	38,6	39,1	40,1	40,1
1983	43,5	44,4	45,9	44,3	41,4	39,5	37,2	36,0	35,2	36,7	38,2	43,6	40,5
1984	42,5	42,8	44,5	44,3	42,1	38,6	36,8	35,9	35,9	36,4	38,4	39,9	39,8
1985	43,1	42,8	44,7	44,3	41,3	38,2	36,9	36,0	35,9	37,0	38,7	39,2	39,8
1986	45,3	46,6	46,1	44,9	42,1	39,3	37,3	36,6	36,5	36,7	37,2	39,6	40,7
1987	40,7	43,3	43,3	41,3	39,1	36,7	35,3	34,1	33,8	34,3	38,1	40,6	38,4
1988	43,6	45,5	47,7	46,9	42,6	40,1	38,0	36,6	35,9	36,0	38,3	41,2	41,0
1989	44,5	48,7	49,1	46,7	44,6	40,8	39,4	38,2	37,0	37,4	37,8	43,2	42,3
1990	42,8	45,6	45,3	43,8	40,0	37,6	36,2	35,3	37,3	37,6	39,0	40,4	40,1
1991	44,2	46,1	46,9	47,5	43,4	39,4	38,1	36,8	37,2	36,6	38,1	39,3	41,1
1992	41,9	43,8	43,8	44,0	40,0	37,4	36,0	35,1	36,8	36,6	37,7	41,1	39,5
1993	43,1	45,6	47,7	46,4	42,1	39,7	37,2	34,4	33,3	33,8	33,8	36,4	39,5
1994	42,6	46,9	47,4	47,7	39,7	36,7	34,9	32,8	31,3	31,8	32,3	36,4	38,4
1995	45,1	48,7	50,8	49,5	44,6	41,0	39,5	38,5	37,7	38,7	40,3	44,9	43,3
1996	42,8	42,1	45,4	43,6	41,0	39,0	37,7	37,7	36,7	37,4	40,5	39,0	40,2
1997	39,2	42,6	45,6	45,4	43,3	40,8	38,2	37,4	37,4	37,2	37,2	37,9	40,2
1998	38,7	42,3	44,6	43,1	39,5	38,2	36,7	36,2	35,4	36,9	39,0	38,7	39,1
1999	39,0	38,7	40,3	39,0	38,2	36,4	35,6	34,9	35,1	35,1	36,4	37,7	37,2
2000	36,7	38,5	43,1	41,3	38,2	36,4	35,4	34,9	34,6	35,1	36,7	36,2	37,2
2001	38,2	38,2	40,5	39,0	36,7	35,9	34,9	34,6	34,4	34,9	36,2	37,4	36,7
2002	36,9	40,0	39,2	37,7	36,2	34,6	33,8	33,3	33,3	33,1	33,6	34,9	35,6
2003	36,9	38,2	38,2	40,5	36,4	36,9	34,4	33,3	33,3	34,1	34,9	34,9	36,0
2004	36,7	38,2	37,9	36,7	35,6	34,1	33,3	32,3	32,3	33,1	33,8	33,6	34,8
2005	37,2	36,2	37,7	36,4	34,6	33,8	32,8	32,1	33,6	32,8	33,3	34,6	34,6
2006	36,7	37,4	37,9	39,2	35,9	34,6	33,8	32,8	32,8	35,1	33,8	36,7	35,6
2007	39,0	40,0	39,7	37,9	35,6	34,4	33,6	32,8	32,6	33,8	34,9	35,1	35,8
2008	35,6	37,7	37,9	37,9	35,6	34,4	33,3	32,6	32,3	33,1	34,1	35,9	35,0
2009	35,6	36,7	39,7	36,9	35,4	33,6	32,6	32,3	31,0	31,3	32,1	32,1	34,1
2010	33,6	37,4	34,9	32,3	31,3	32,1	31,5	31,0	31,0	31,5	31,5	33,3	32,6
2011	36,9	36,4	37,2	37,4	33,8	32,6	31,8	31,3	30,5	31,3	32,1	32,3	33,6
2012	34,1	35,6	36,9	34,9	32,6	32,6	32,1	30,3	31,0	32,6	31,5	33,3	33,1
2013	35,9	37,7	36,2	34,9	33,1	32,6	31,5	31,0	30,5	31,0	31,5	32,1	33,2
2014	33,1	36,7	40,5	40,0	41,8	37,7	33,8	32,6	32,6	32,8	34,4	34,6	35,9
2015	35,6	35,9	36,2	36,9	36,7	34,9	33,6	33,6	32,8	32,6	33,8	32,8	34,6
2016	34,4	36,9	37,4	37,4	34,6	32,8	31,3	31,0	31,5	31,0	31,3	34,1	33,7
2017	33,6	36,2	36,4	35,6	34,1	32,6	32,3	31,3	29,7	29,7	32,3	33,8	33,1
2018	35,4	36,9	37,4	38,2	36,4	34,1	33,1	32,6	32,3	33,6	34,9	36,4	35,1

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
2019	35,4	34,9	39,7	43,8	38,0	35,1	33,7	32,7	32,0	34,2	35,1	34,2	35,8
2020	34,4	39,6	41,2	36,4	34,5	32,3	31,2	30,2	29,8	30,8	30,9	31,6	33,6
Mínima	33,1	34,9	34,9	32,3	31,3	32,1	31,2	30,2	29,7	29,7	30,9	31,6	32,6
Média	39,9	41,6	42,7	41,7	38,9	36,8	35,3	34,4	34,2	34,8	36,0	37,6	37,8
Máxima	46,6	48,7	50,8	49,5	45,8	43,1	39,5	38,5	38,1	38,7	40,6	44,9	43,3

6.5. Permanências das Vazões Médias Mensais

A curva de permanência ou de duração representa a porcentagem de tempo em que as vazões médias mensais no local da seção fluvial permaneceram com valores maiores ou iguais aos indicados no gráfico respectivo. Ela representa o complemento da função distribuição acumulativa de probabilidade de vazões ou a probabilidade de excedência das vazões.

Para a determinação da curva de permanência, a série é disposta em ordem decrescente e a probabilidade de ocorrência de cada vazão $P(X \geq x)$ calculada por:

$$P(X \geq x) = \frac{i}{n}$$

onde i é a ordem da vazão, e n o número total de vazões.

Na Tabela 6-24 e na Figura 6-16 apresenta-se a curva de permanências de vazões médias mensais para o local da PCH SU-118, em formato de tabela e gráfico, respectivamente.

Tabela 6-24: Permanência de vazões médias mensais – PCH SU-118 (m^3/s)

Permanência	Vazão (m^3/s)	Permanência	Vazão (m^3/s)
0%	50,8	50%	37,1
1%	48,7	55%	36,7
5%	46,6	60%	36,4
10%	44,6	65%	35,7
15%	43,3	70%	35,1
20%	42,1	75%	34,5
25%	40,5	80%	33,8
30%	39,5	85%	33,1
35%	38,6	90%	32,6
40%	38,0	95%	31,5
45%	37,5	100%	29,7

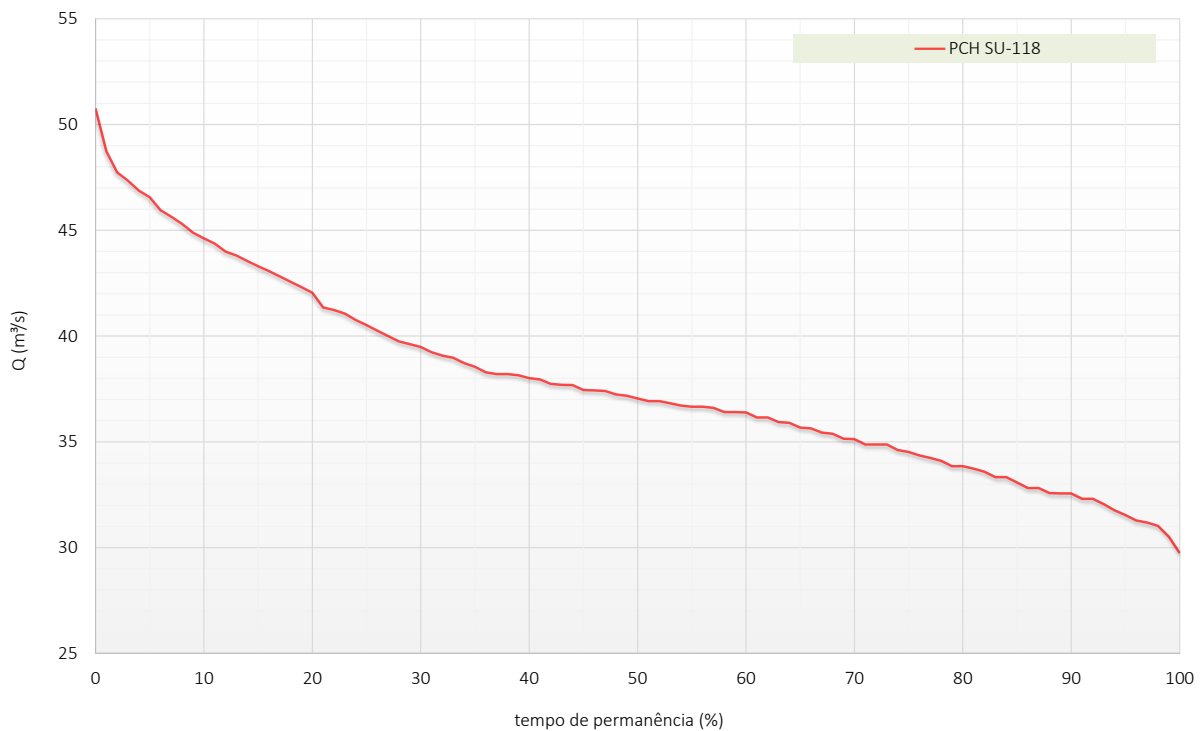


Figura 6-16: Curva de permanência – Vazões médias mensais – PCH SU-118 (m³/s)

6.6. Validação da Série de Vazões da Usina

A partir das medições e observações realizadas na estação hidrométrica, para o período de 30/03/2019 a 31/08/2020, pode-se constatar a aderência do modelo proposto às medições realizadas, utilizando-se como base o posto Base Fazenda Tucunaré (17091000), no rio Juruena.

A Figura 6-17 apresenta a plotagem das medições realizadas comparativamente com as envoltórias (mínimas, médias e máximas) da série obtida, bem como os valores mensais das medições e da série obtida.

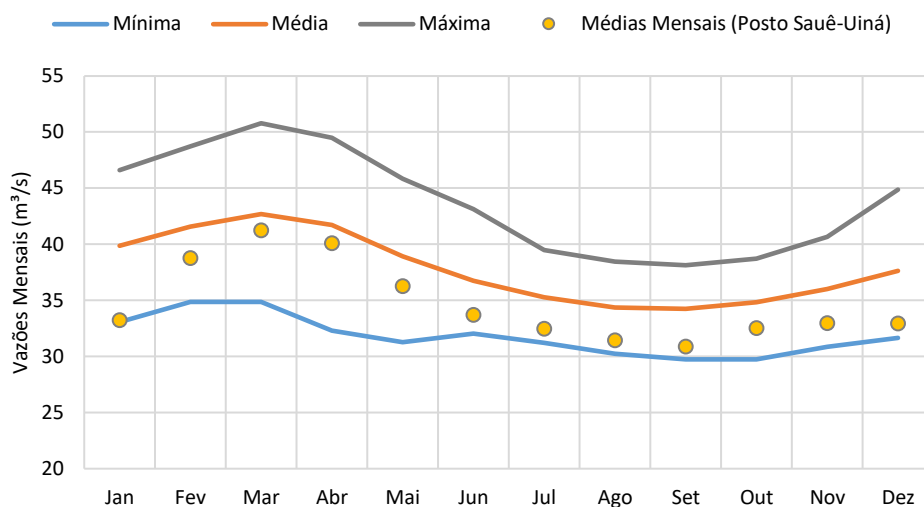


Figura 6-17: Envoltória da série de vazões médias mensais com as medições mensais realizadas – PCH SU-118 (m³/s)

Observa-se que a estimativa desta série representa adequadamente o comportamento hidrológico do rio, tendo as medições situadas dentro da envoltória da série, que acompanha o regime anual de vazões.

6.7. Vazões Extremas

As séries dos postos da região apresentam alto grau de regularização natural. Disso resulta uma oscilação moderada ao longo do ano. Nesses casos, apesar de haver períodos seco e chuvoso bem definidos, não se verifica diferença significativa na aplicação das distribuições para cheias anuais e cheias na estiagem. Em alguns casos, verifica-se que os valores das cheias na estiagem superam os valores das cheias anuais para períodos de recorrência mais baixos.

Assim, nos estudos de vazões máximas considerou-se apenas as cheias anuais para definição das vazões de dimensionamento dos órgãos extravasores, bem como para o dimensionamento das estruturas de desvio do rio no local da usina. O ano hidrológico na região inicia-se em outubro e vai até setembro.

Para realização dos estudos de cheias foi utilizada metodologia de regionalização das vazões máximas diárias anuais em função das áreas de drenagens dos seguintes postos fluviométricos selecionados para os estudos. Vale ressaltar que os postos utilizados apresentam séries com mais de 35 anos completos de medição, o que agrega confiabilidade ao estudo.

6.7.1. Dados Básicos

As séries observadas de vazões máximas diárias para cheias anuais são apresentadas na Tabela 6-25.

Tabela 6-25: Vazões máximas observadas anuais – Ano hidrológico (m^3/s)

Ano	Fazenda Tucunaré (17091000)	Porto dos Gaúchos (17092000)	Fazenda Tombador (17095000)	Fontanilhas (17093000)
1973 - 1974	-	-	1661	-
1975 - 1976	-	-	1239	-
1976 - 1977	-	-	1205	-
1977 - 1978	-	-	1315	-
1978 - 1979	-	-	-	-
1979 - 1980	-	-	-	2349
1980 - 1981	-	-	2195	2149
1981 - 1982	-	-	1768	2096
1982 - 1983	-	-	-	2190
1983 - 1984	-	-	-	2022
1984 - 1985	-	-	1054	1885
1985 - 1986	-	-	1338	1910
1986 - 1987	-	-	1303	1996
1987 - 1988	-	-	1114	1919
1988 - 1989	-	-	1400	2136
1989 - 1990	-	-	1373	2321
1990 - 1991	-	-	1569	-
1991 - 1992	-	-	1632	-
1992 - 1993	-	-	1524	1802

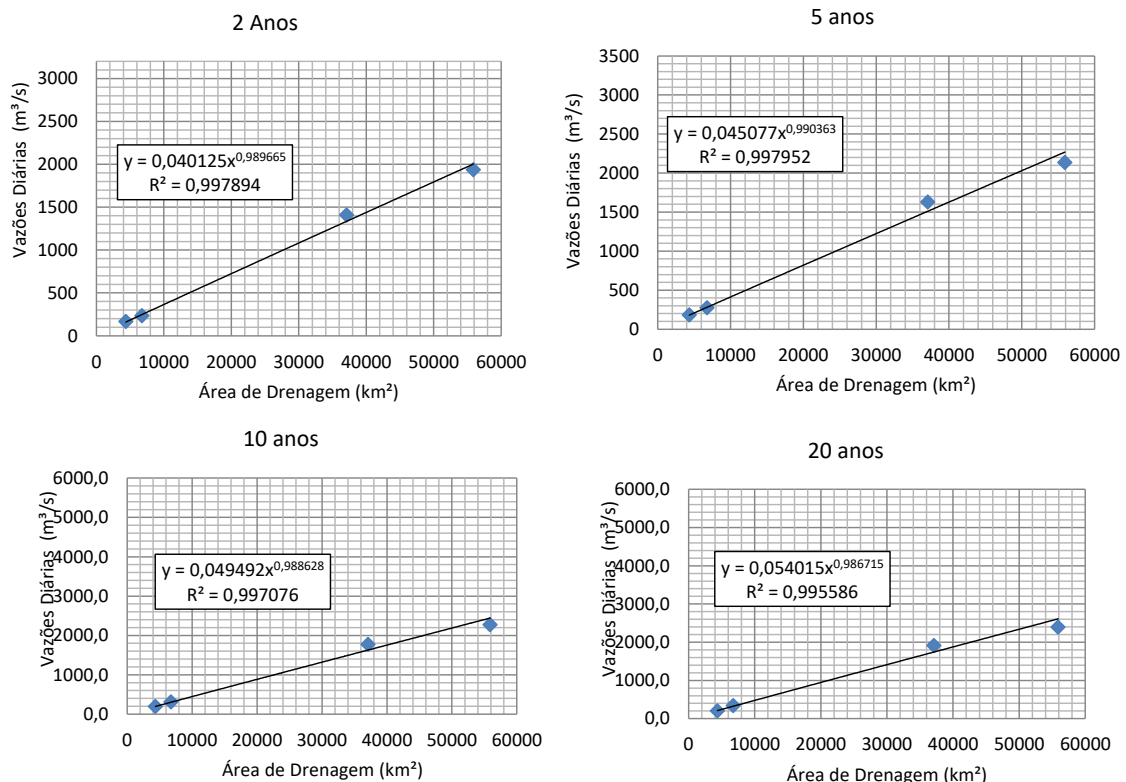
Ano	Fazenda Tucunaré (17091000)	Porto dos Gaúchos (17092000)	Fazenda Tombador (17095000)	Fontanilhas (17093000)
1993 - 1994	-	-	1165	2022
1994 - 1995	197	-	1369	1889
1995 - 1996	219	-	1586	2092
1996 - 1997	194	-	1273	2107
1997 - 1998	187	-	1500	2141
1998 - 1999	184	-	1373	1971
1999 - 2000	173	-	1295	1802
2000 - 2001	176	-	1392	1867
2001 - 2002	165	-	1061	1962
2002 - 2003	165	-	1326	1838
2003 - 2004	172	-	1569	1962
2004 - 2005	165	-	2092	2094
2005 - 2006	154	272	1284	1954
2006 - 2007	165	395	1420	2111
2007 - 2008	173	260	1623	2034
2008 - 2009	162	238	1537	1883
2009 - 2010	161	221	1295	1754
2010 - 2011	175	242	1607	1933
2011 - 2012	171	248	1432	2055
2012 - 2013	148	234	1250	1954
2013 - 2014	160	236	1380	2042
2014 - 2015	173	262	2018	2128
2015 - 2016	148	203	-	1738
2016 - 2017	153	192	1330	-
2017 - 2018	149	247	1545	-
2018 - 2019	164	234	1573	947
Nº de Anos	26	15	41	36
Mínima	148	192	1054	947
Media	170	247	1449	1974
Máxima	219	395	2195	2349
Desvio Pad.	16,3	46,1	248,8	226,6
Assimetria	1,14	2,50	1,18	-2,57

Para obtenção das cheias máximas anuais, foram aplicadas às vazões máximas diárias distribuições de probabilidades. Para seleção da distribuição de probabilidades a ser empregada seguiu-se a recomendação da ELETROBRÁS, constante no “Guia Para Cálculo de Cheia de Projeto de Vertedores” (1987), que preconiza a utilização da distribuição de Gumbel para séries com assimetria inferior a 1,5, e distribuição exponencial para assimetrias superiores a 1,5. A Tabela 6-26 apresenta os valores obtidos para cada um dos postos.

Tabela 6-26: Vazões máximas diárias anuais – Postos fluviométricos (m^3/s)

Recorrência (anos)	Fazenda Tucunaré (4.360 km ²)	Aldeia Sacre II (6.770 km ²)	Porto dos Gaúchos (37.100 km ²)	Fontanilhas (55.900 km ²)
2	167	233	1.408	1.937
5	182	275	1.628	2.137
10	191	307	1.774	2.269
20	201	339	1.914	2.397
25	203	349	1.958	2.437
50	212	381	2.094	2.561
100	221	413	2.230	2.685
200	230	445	2.365	2.808
500	242	487	2.543	2.970
1.000	250	519	2.678	3.093
5.000	271	593	2.990	3.377
10.000	280	625	3.125	3.500

Foram regionalizadas as vazões máximas diárias em função das áreas de drenagens, para os postos fluviométricos. Na Figura 6-18 são apresentadas as curvas de regionalização obtidas para diversos tempos de recorrência.



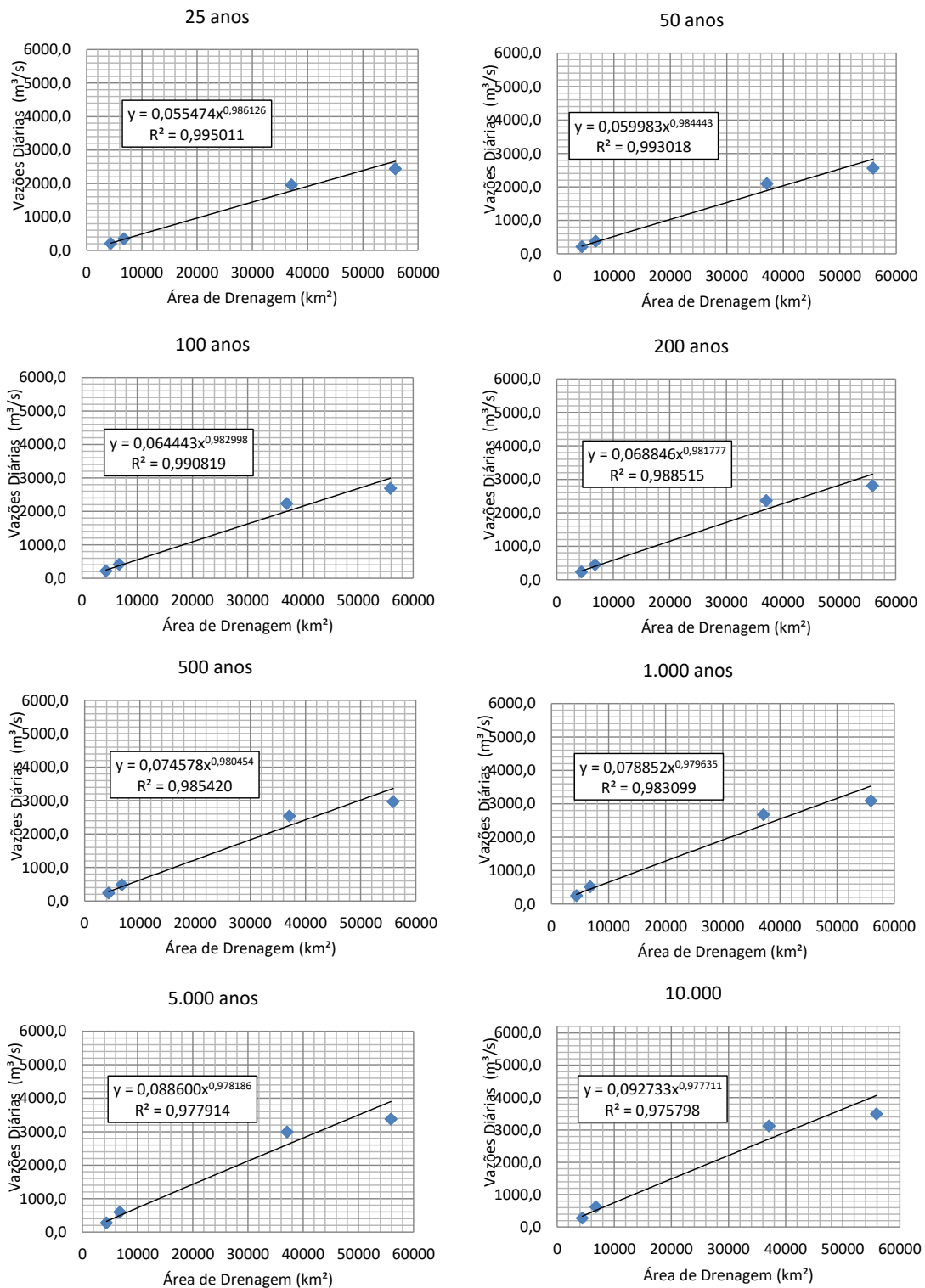


Figura 6-18: Regionalização de vazões máximas diárias – Ano hidrológico normal

Aos valores calculados aplicou-se o coeficiente de Füller, para considerar a ocorrência de cheia em horário do dia em que não há medição de nível d'água no rio, transformando as vazões máximas diárias em vazões instantâneas. O coeficiente é definido pela equação que se segue.

$$Füller = 1 + 2,66 \times A_{arenagem}^{-0,3}$$

A Tabela 6-27 mostra as vazões máximas instantâneas para o local da PCH SU-118.

Tabela 6-27: Vazões máximas diárias e instantâneas anuais – PCH SU-118

Recorrência (anos)	SU-118 (1.400 km ²)	
	Diária	Instantânea
2	52	68
5	59	77
10	64	83
20	69	89
25	70	91
50	75	98
100	80	104
200	84	110
500	90	118
1.000	95	124
5.000	106	138
10.000	110	144

6.8. Estudo de Vazões Mínimas

O conhecimento das vazões mínimas tem importância para fixação da descarga remanescente em trechos ensecados, quando a adução ocorre através de canal lateral, e no momento de enchimento do reservatório.

A Secretaria de Estado do Meio Ambiente de Mato Grosso (SEMA/MT) definiu como vazão mínima em trechos de vazão reduzida o equivalente a 10% da vazão média de longo termo de cada mês, o que resulta em um vetor de vazões mínimas a serem mantidas para jusante em cada mês.

Essa vazão também pode ser utilizada como descarga mínima para enchimento dos reservatórios.

Ante ao exposto, julgou-se desnecessário realizar estudos de vazões mínimas a partir de outra metodologia, como a $Q_{7,10}$, por exemplo, por não ser aplicada no Estado do Mato Grosso.

Os valores das vazões mínimas são apresentados na Tabela 6-28.

Tabela 6-28: Vazões mínimas para jusante (m³/s), segundo critério definido pela SEMA/MT (10% da Q_{mit} mensal)

Vazão	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Q_{RES} (m ³ /s)	3,99	4,16	4,27	4,17	3,89	3,68	3,53	3,44	3,42	3,48	3,60	3,76

6.9. Curva-chave no Canal de Fuga

Na etapa dos Estudos de Inventário do rio Sauê-Uiná, foi proposta uma curva-chave para a PCH SU-118, desenvolvida com base em modelagens hidráulicas de escoamento. Para isso, na época foram utilizadas,

com o subsídio de levantamentos de campo e características inferidas de seções do rio, ferramentas computacionais como o software HEC-RAS 5.0.6, cuja fundamentação é brevemente descrita a seguir.

6.9.1. Fundamentação Teórica

O HEC-RAS é um modelo unidimensional (1D) e bidimensional (2D), de fundo fixo, capaz de efetuar os cálculos dos perfis de superfície da água em escoamento permanente e não permanente, em canais com superfície livre.

Esses perfis podem ser calculados em regimes subcríticos, supercrítico e misto, onde poderão ocorrer mudanças do regime supercrítico para subcrítico ou de subcrítico para supercrítico, tanto em regime permanente quanto transitórios.

Este modelo baseia-se no método iterativo denominado “Standard Step Method” que determina as mudanças no nível da linha d’água, de uma seção transversal para a outra, a partir da equação de conservação de energia.

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

Onde:

Y_1 e Y_2 são profundidades das seções transversais, em metro;

Z_1 e Z_2 são cotas do fundo do canal, em metro;

V_1 e V_2 são velocidades médias, em metro por segundo;

α_1 e α_2 são coeficientes adimensionais de velocidade;

g é a aceleração da gravidade, em metro por segundo ao quadrado e

h_e é a perda de energia entre as seções, em metro.

Essa metodologia pressupõe ainda as seguintes premissas simplificadoras: o regime de escoamento é permanente; o fluxo é unidimensional e o escoamento é gradualmente variado, com declividade constante da linha de energia, entre duas seções, exceto em estruturas como pontes, bueiros e vertedouros, onde o regime pode ser bruscamente variado e são utilizadas as equações do momento hidráulico e outras equações para o cálculo da linha d’água.

Ressalta-se que estas premissas simplificadoras são perfeitamente adequadas e compatíveis com a natureza de escoamento em canais naturais ou artificiais.

6.9.2. Resultados Obtidos

Para a PCH SU-118, foram obtidos os seguintes resultados da simulação hidráulica, enquanto a Figura 6-19 apresenta a curva-chave proposta.

Tabela 6-29: Resultados – Saídas HEC-RAS

Q (m³/s)	NA (m)
10	325,84
20	326,41
30	326,89

Q (m³/s)	NA (m)
40	327,30
50	327,61
80	328,38
100	328,79
130	329,31

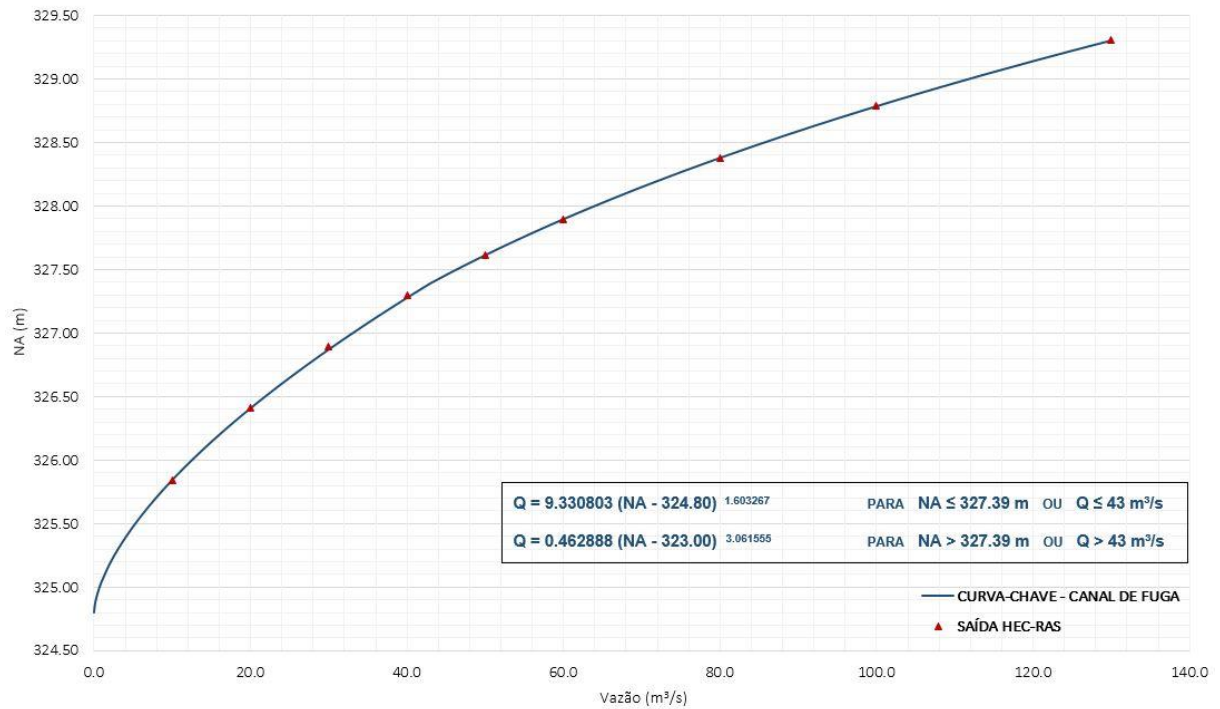


Figura 6-19: Curva-chave no canal de fuga do PCH SU-118

A curva-chave proposta apresenta-se coerente ao nível d'água observado na seção topobatimétrica (STB-07) que foi levantada na região próxima ao canal de fuga da usina.

Como as variações de níveis são muito pequenas ao longo do ano, em função da elevada regularização natural, a curva-chave foi validada.

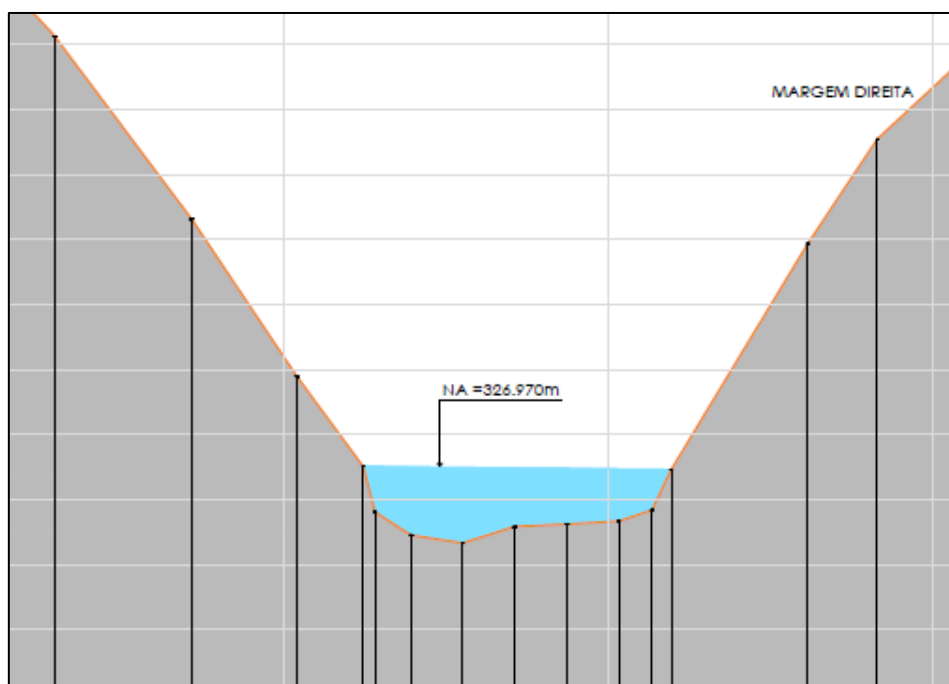


Figura 6-20: Seção topobatimétrica próxima ao canal de fuga da PCH SU-118

6.10. Curvas Cota x Área x Volume

Para a caracterização do reservatório da PCH SU-118 foram determinadas as curvas cota x área, a partir das áreas sob as curvas de nível de 1 em 1 m, estabelecidas a partir do levantamento cartográfico realizado por meio de perfilamento a laser, referenciadas no item respectivo. As áreas em cada cota foram calculadas por medição automática, usando o software AutoCad.

A variação do volume ΔV entre duas cotas consecutivas, cuja diferença é ΔH , foi calculada por:

$$\Delta V = \frac{1}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2}) \Delta H$$

sendo A_i a área correspondente à cota i e ΔH a variação de cota.

Os valores calculados são apresentados na Tabela 6-30.

Tabela 6-30: Pontos da curva cota x área e curva cota x volume

Cota (m)	Área (km ²)	Volume Acumulado (hm ³)
347,00	0,00	0,00
348,00	0,02	0,01
349,00	0,05	0,04
350,00	0,08	0,10
351,00	0,08	0,19
352,00	0,18	0,32
353,00	0,29	0,55
354,00	0,40	0,89
355,00	0,50	1,34

Aos valores das áreas e volumes foram ajustados polinômios, para possibilitar a interpolação, apresentados na Figura 6-21 e na Figura 6-22.

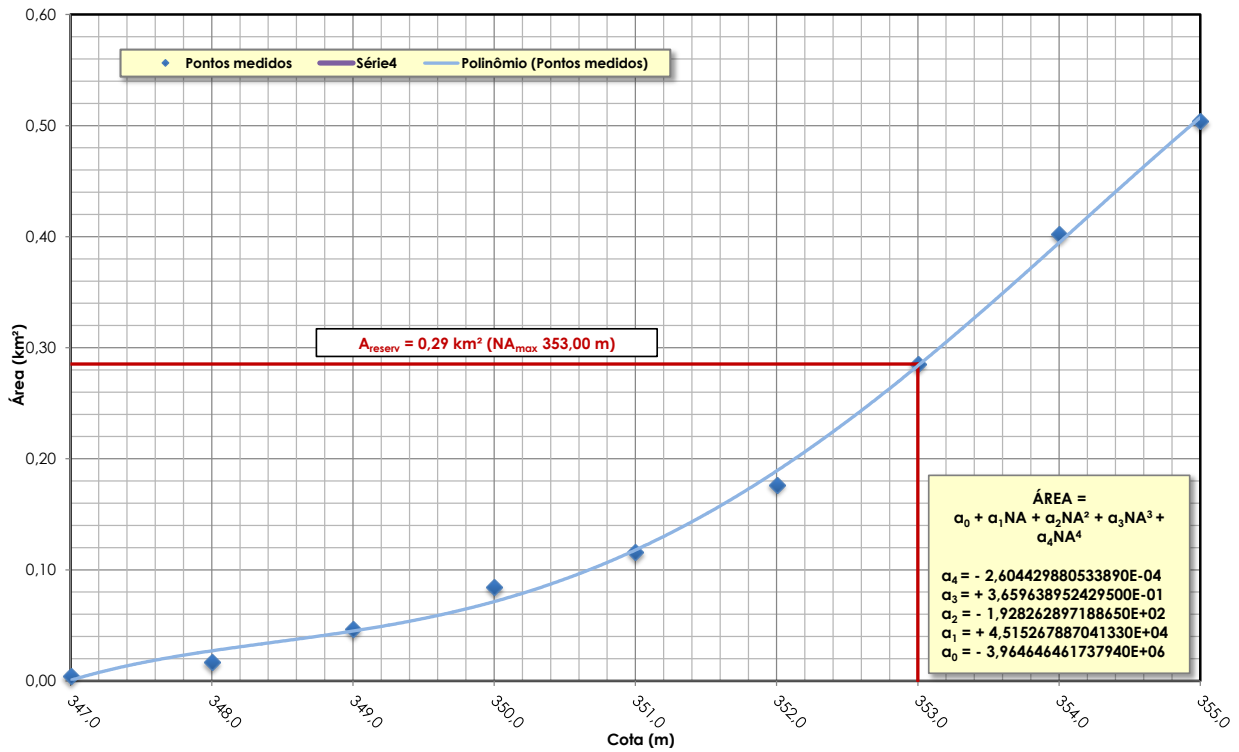


Figura 6-21: Curva cota x área do reservatório da PCH SU-118

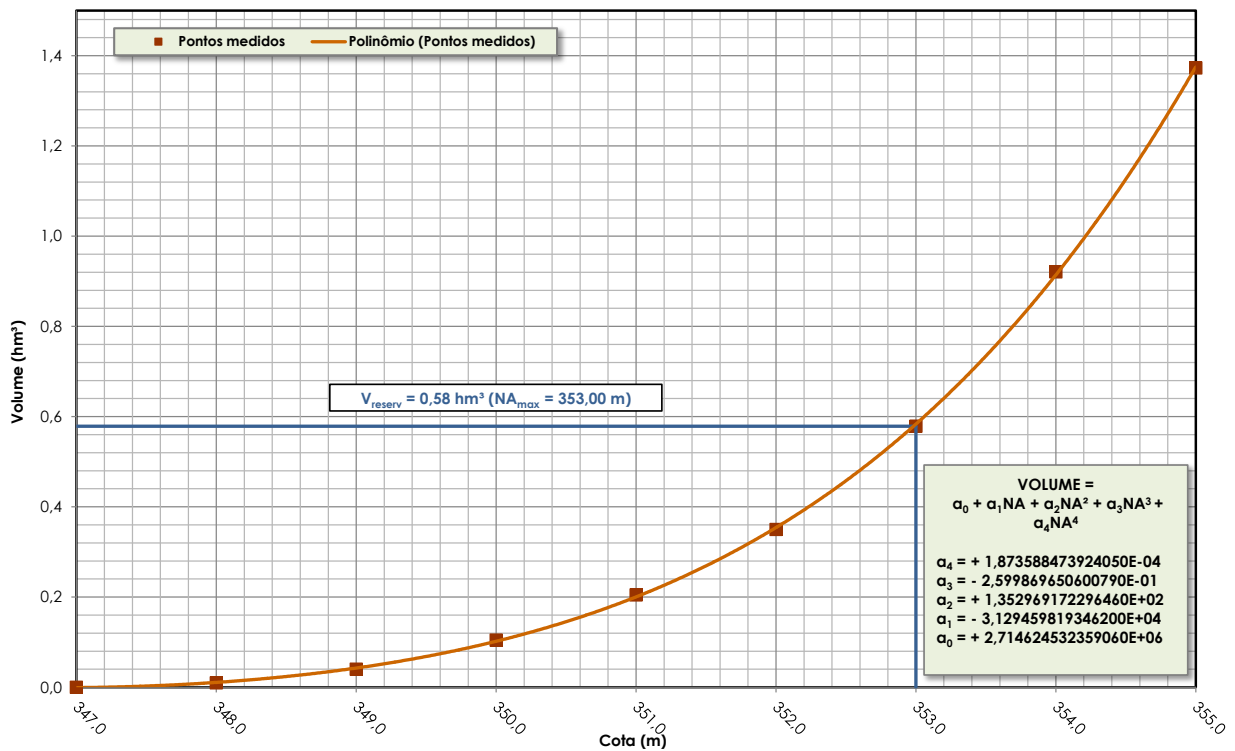


Figura 6-22: Curva cota x volume do reservatório da PCH SU-118

Como ilustrado nas figuras, tem-se para o reservatório da PCH SU-118, fixado na cota 353,00 metros, área igual a 0,29 km² e volume 0,58 hm³.

6.11. Enchimento do Reservatório

O estudo de enchimento do reservatório da PCH SU-118 foi realizado utilizando-se a série de vazões médias mensais, considerando o período de 01/1974 a 12/2020 e as curvas cota-volume apresentadas acima.

O tempo de enchimento corresponde ao tempo necessário para o reservatório atingir os níveis máximo de operação (NA máximo normal = 353,00 m).

Para o estudo de enchimento do reservatório, foram considerados as seguintes premissas:

- Vazões com 5% do tempo de permanência, médias mensais e com 95% do tempo de permanência;
- Início do enchimento em qualquer um dos doze meses do ano;
- Volume do reservatório no NA Máximo Normal, a partir do qual se admite que tenha início a geração, e o fluxo para jusante é restabelecido.
- Considerou-se, também, como vazão mínima a ser mantida para jusante, os valores definidos neste estudo, os quais foram descontados para efeito de enchimento;
- A vazão líquida armazenada no reservatório calculada por:

$$\text{Vazão Líquida} = Q_{\text{AFLUENTE}} - Q_{\text{REMANESCENTE}}$$

A Tabela 6-31 apresenta os tempos necessários para o enchimento do reservatório da PCH SU-118.

Tabela 6-31: Tempos de enchimento dos reservatórios – PCH SU-118

Mês	Vazões de enchimento (m ³ /s)			Tempo (h)		
	Q _{5%}	Q _{MLT}	Q _{95%}	Q _{5%}	Q _{MLT}	Q _{95%}
Janeiro	41,84	35,87	30,39	3,9	4,5	5,3
Fevereiro	43,59	37,41	32,15	3,7	4,3	5,0
Março	45,18	38,41	32,81	3,6	4,2	4,9
Abril	43,45	37,55	32,21	3,7	4,3	5,0
Maio	40,39	35,03	30,46	4,0	4,6	5,3
Junho	37,25	33,08	28,89	4,3	4,9	5,6
Julho	35,45	31,75	28,42	4,5	5,1	5,7
Agosto	34,22	30,92	27,74	4,7	5,2	5,8
Setembro	34,19	30,81	27,60	4,7	5,2	5,8
Outubro	34,55	31,35	27,80	4,7	5,1	5,8
Novembro	36,80	32,41	28,24	4,4	5,0	5,7
Dezembro	39,27	33,87	29,36	4,1	4,8	5,5

Os resultados mostram que o tempo para enchimento do reservatório da PCH SU-118 é extremamente curto e da ordem de 5 horas. Em função da alta regularidade sazonal do rio Sauê-Uiná, não são observadas grandes diferenças nos tempos de enchimento em diferentes meses do ano.

Diante do curto espaço de tempo para que o reservatório atinja o seu nível d'água máximo normal, na época do seu enchimento deverá ser realizada uma comparação das vazões prováveis de ocorrer naquela

época, com o valor da vazão a ser mantida para jusante, para que seja tomada uma decisão quanto a este parâmetro.

6.12. Tempo de Residência

O tempo de residência no reservatório é o número de dias que a água leva para sair do mesmo, contado desde o momento em que ela adentra no corpo d'água. Um reservatório tem regiões em que a velocidade do escoamento é maior, sendo os trechos ao longo dos talwegues aqueles em que o fluxo é preferencial. A massa de água que percorre estes trechos tem um tempo de residência sensivelmente menor do que a água que escoar pelas áreas marginais do reservatório.

A determinação do mapa bidimensional dos vetores de velocidade do fluxo no reservatório possibilita a determinação, com precisão, dos tempos de residência em cada compartimento do reservatório. Ela é feita por modelos matemáticos que resolvem as equações diferenciais de fluxo a superfície livre de Saint-Venant, através do processo de diferenças finitas. A aplicação desta metodologia é desejável quando o reservatório é grande, e há interesse em modelar as suas condições limnológicas, a fim de verificar a possibilidade de sua eutrofização. Mas, para determinar se é necessária a sua realização, faz-se inicialmente a determinação do tempo de residência em termos médios. O tempo de residência médio é, então, calculado por:

$$\text{Tempo de Residência} = \frac{\text{Volume do Reservatório}}{\text{Vazão Média}}$$

Para o reservatório da PCH SU-118, foi determinado o tempo médio de residência da água, usando a vazão média de longo termo da série de vazões afluentes, para o período 01/1974 a 12/2020. Os resultados são mostrados na Tabela 6-32.

Tabela 6-32: Tempo de residência – PCH SU-118

Local	Q _{MLT}	Volume	Tempo de Residência
	(m ³ /s)	(hm ³)	(horas)
PCH SU-118	37,8	0,58	4,3

Assim, o tempo de residência é de apenas 4,3 horas, o que sinaliza a inexistência de qualquer problema de degradação da qualidade da água no reservatório, o que minimiza os impactos ambientais do empreendimento.

6.13. Evaporação Líquida no Reservatório

A avaliação das perdas de água, a título da evaporação, nos reservatórios de usinas hidrelétricas, tem papel fundamental, tanto nos estudos de planejamento como na operação dos sistemas existentes. Nos estudos de planejamento da operação e da expansão energética, os dados de evaporação são utilizados de duas formas principais: nos estudos de simulação de operação de reservatórios e nos estudos para obtenção das séries de vazões naturais nos locais de aproveitamentos hidrelétricos. Nestes processos, referentes à quantificação do valor perdido por evaporação e evapotranspiração nos reservatórios dos aproveitamentos hidrelétricos, este montante se traduz de forma linear em perda energética nas usinas hidrelétricas.

Antes do enchimento do reservatório ocorre, na sua área, a evapotranspiração, a qual já está computada nas vazões observadas e geradas. Após o início da operação do empreendimento essa evapotranspiração

será substituída pela evaporação da superfície de água, alterando as vazões naturais afluentes ao barramento.

A evaporação líquida é a diferença entre a evaporação real do reservatório e a evapotranspiração real da bacia hidrográfica no local do reservatório antes da sua implantação. Ela é necessária para a reconstituição das séries de vazões naturais dos aproveitamentos hidrelétricos e para uso nas simulações energéticas. Isto significa que as séries de vazões devem, então, ser recalculadas, levando em conta esta evaporação líquida, de modo a se obter uma nova série.

Neste item apresentam-se os estudos realizados para a determinação da evaporação líquida no reservatório da PCH.

6.13.1. Metodologia de Cálculo

Os cálculos foram realizados usando metodologia e sistema desenvolvidos pelo CEHPAR - Centro de Hidráulica e Hidrologia Prof. Parigot de Souza, para o ONS, com o objetivo principal de calcular as grandezas evaporação de lago, evapotranspiração real e a evaporação líquida para as usinas que compõem o Sistema Interligado Nacional. O sistema utilizado é SISEVEVAPO, versão 1.0, utilizado no âmbito do Setor Elétrico Brasileiro para o cálculo de evaporações líquidas nos aproveitamentos hidrelétricos.

O método consiste em obter superfícies interpoladoras das grandezas temperatura média mensal, umidade relativa média mensal, número de horas de insolação mensal e da precipitação anual, necessárias na determinação das grandezas evaporação e evapotranspiração.

No trabalho do CEHPAR foi utilizado o método da interpolação multiquadrática para obtenção dos mapas de isolinhas das grandezas meteorológicas. Dos métodos de interpolação espacial, a interpolação quadrática é bastante utilizada por ser bastante eficiente e por apresentar uma formulação matemática bastante simples. É utilizado o método de Morton (CRAE e CRLE,) a partir dos dados meteorológicos das Normais Climatológicas de 1961-1990, publicados pelo INMET.

6.13.2. Critérios de Cálculo

O principal parâmetro para o cálculo da evaporação líquida é a série de dados contendo os parâmetros meteorológicos. Neste estudo utilizou-se as normais climatológicas regionais do período 1961-1990, padrão hoje utilizado no planejamento do setor elétrico.

Para o cálculo da evaporação líquida utilizou-se dados de localização do reservatório, definidos pelas suas coordenadas geográficas, latitude e longitude, dos níveis d'água máximo normal, mínimo e médio, e das suas profundidades características. A Tabela 6-33 apresenta os dados dos pontos de interesse.

Tabela 6-33: Dados de entrada do SISEVAPO

AHE	NA Máx. (m)	Área (km ²)	Volume (hm ³)	Prof. Média (m)
PCH SU-118	353,0	0,29	0,58	2,0

6.13.3. Resultados

Para o local da usina, os valores de evaporação e de evapotranspiração potencial e real, e de evaporação líquida, a qual é a diferença entre as duas anteriores, calculados pelo SISEVAPO são apresentados na Tabela 6-34.

Tabela 6-34: Evaporação líquida (mm) – SU km 118

Dados	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Evaporação Potencial	137	120	141	135	128	108	129	148	151	156	157	151	1662
Evaporação Real	132	118	130	127	119	99	107	123	124	138	147	144	1509
Evapotranspiração Potencial	132	115	136	131	119	106	130	140	144	161	155	136	1606
Evapotranspiração Real	129	115	119	121	105	92	90	87	90	133	143	125	1348
Evaporação Líquida	3	3	11	6	14	7	17	36	34	5	4	19	161

6.14. Assoreamento e Vida Útil do Reservatório

O objetivo deste item consiste em avaliar o aporte de sedimentos ao reservatório da PCH SU-118, visando estimar a sua vida útil e, também, estabelecer as ações preventivas a serem consideradas no controle de sedimentos.

A descarga sólida anual foi estabelecida com base em medições da produção de sedimentos realizadas na presente etapa de projeto, a partir das quais foi estimada a vida útil do reservatório.

Vale informar que foram realizadas 15 medições de descargas de sedimentos no rio Sauê-Uiná, conforme apresentado no **Volume 3** deste relatório.

6.14.1. Produção de Sedimentos na Região Estudada

No presente estudo, utilizou-se as medições realizadas na estação Sauê-Uiná, cujas principais características foram apresentadas no item 6.3.2.3. Além das medições de descarga líquida, também foram realizadas campanhas de monitoramento de descarga sólida na estação.

A coleta e o cálculo da descarga sólida total foram realizados pela empresa Hydroconsult – Consultoria em Recursos Hídricos, pelo método Simplificado de Colby¹.

Na Tabela 6-35 são apresentadas as medições realizadas.

Tabela 6-35: Descarga sólida em suspensão e total pelo Método Simplificado de Colby, (1957)

Méd. (Nr.)	Data	Cota (cm)	Descarga líquida (m³/s)	Temperatura (°C)		Concent. Sedimentos (mg/l)	Concent. Relativa	Desc. sól. em suspensão (t/d)	Desc. sól. não medida (t/d)	Descarga sólida total (t/d)
				Ar	Água					
1	29/03/2019	200	45,56	29	26	6,22	882,68	24,48	166,25	190,74
2	19/06/2019	170	42,14	29	25	9,58	1.310,80	34,88	262,14	297,02
3	12/07/2019	165	39,84	30	24	3,92	1.230,65	13,49	155,51	169,01
4	11/08/2019	162	40,43	29	26	6,71	1.415,77	23,44	227,62	251,06
5	21/09/2019	159	40,59	28	26	8,42	1.484,03	29,53	263,95	293,47

¹ Colby, 1957, conforme apresentado por Newton de Oliveira Carvalho, no livro Hidrossedimentologia Prática, nas páginas 201 a 205. O programa de computador utilizado encontra-se indicado nas páginas 369 a 371 do citado livro e foi desenvolvido por Jorge Henrique Alves Prodanoff.

Méd. (Nr.)	Data	Cota (cm)	Descarga líquida (m³/s)	Temperatura (°C)		Concent. Sedimentos (mg/l)	Concent. Relativa	Desc. sól. em suspensão (t/d)	Desc. sól. não medida (t/d)	Descarga sólida total (t/d)
				Ar	Água					
6	22/12/2019	165	42,46	28	26	2,41	1.148,85	8,84	123,38	132,23
7	24/01/2020	161	36,27	28	24	2,54	1.011,56	7,96	101,38	109,34
8	10/05/2020	171	38,89	29	26	3,71	1.088,64	12,47	136,7	149,16
9	12/06/2020	163	39,84	29	25	4,66	1350,2	16,04	183,75	199,79
10	21/07/2020	152	34,25	29	25	3,57	1364,12	10,56	145,63	156,19
11	01/10/2020	145	36,2	28	25	10,65	1433,75	34,24	272,49	306,72
12	12/11/2020	152	34,69	36	25	4,46	1014,48	13,37	128,99	142,35
13	19/02/2021	168	40,83	28	25	4,48	1137,98	15,8	160,9	176,7
14	10/03/2021	191	48,68	28	25	6,82	1045,81	28,68	208,46	237,14
15	16/04/2021	186	44,61	28	25	4,15	1191,45	16	170,98	186,98

Cabe destacar que as medições desta etapa de Projeto Básico mostram-se bem superiores àquelas obtidas nos Estudos de Inventário do rio Sauê-Uiná, o que decorre do avanço da agropecuária no trecho alto do rio.

Com isso, a partir das medições realizadas pode-se obter uma descarga sólida total média para o local da estação, estabelecendo-se uma produção específica de sedimentos para o rio Sauê-Uiná, conforme apresentado na Tabela 6-36.

Tabela 6-36: Produção específica de sedimentos – Estação Sauê-Uiná

Estação	A.D. (km²)	DST (ton/dia)	DST (ton/ano)	Produção Específica (ton/ano/km²)
Sauê-Uiná Jusante	1.700	199,9	72.950	42,9

Verifica-se a adequação da produção de sedimentos obtidas na citada estação, a qual será adotada como base no presente estudo, devendo-se aplicar coeficiente de majoração de 50% para compensar o efeito da expansão agropecuária nos próximos anos.

6.14.2. Estimativa da Vida Útil do Reservatório

Na presente análise, foi realizada a estimativa de vida útil apenas para o volume total do reservatório em seu nível operacional normal, uma vez que a entrada do circuito de geração já está sob influência do aporte de sedimentos desde o início da operação da usina. Para a cota normal operacional do reservatório (353,00 m), o volume disponível é de 0,58 hm³.

Para o Peso Específico Aparente do sedimento (ϕ_{AP}), adotou-se ϕ_{AP} igual a 1,554 ton/m³, considerando as características dos solos da região (100% areia), tendo em vista a ausência de medições granulométricas, tornando esta análise bastante conservadora.

Para determinação da Eficiência de Retenção (E_r) dos Sedimentos, devido à grande variação na magnitude dos volumes do reservatório, adotou-se a Curva de Churchill para volumes inferiores a 10,0 hm³,

apresentada por *Annandale* em 1987, recomendada pelo Guia de Avaliação de Assoreamento de Reservatórios (ANEEL/2000) para pequenos reservatórios. Para volumes superiores a 10,0 hm³, utilizou-se a Curva de *Gunnar Brune*, desenvolvido a partir de levantamentos sedimentométricos de vários reservatórios nos EUA, empregadas para reservatórios médios.

Para utilização da Curva de Churchill é necessário calcular o Índice de Sedimentação (IS) do reservatório. Este índice é calculado da seguinte forma:

$$IS = g \cdot (V^2 / (Q^2 * L))$$

Onde:

- $IS = g \cdot (V_{RES}^2 / (Q_{MLT}^2 * L))$;
- IS é o índice de sedimentação;
- V_{RES} é o volume em determinada cota, em m³;
- Q_{MLT} é a vazão média de longo termo do aproveitamento;
- L é o comprimento total do reservatório em determinada cota, em m;
- g é a aceleração da gravidade, 9,81 m/s².

A partir dos critérios estabelecidos acima foi calculada a estimativa de vida útil do reservatório da PCH SU-118. Como o reservatório da usina em estudo possui um volume pequeno, foi empregado o método de Churchill para o cálculo da eficiência de retenção. No entanto, como o índice de sedimentação é baixo, o método retorna eficiência de retenção nula para o reservatório da PCH, indicando que todo o sedimento afluyente passaria pelo reservatório sem que se deposite neste. A título de curiosidade, a metodologia de Brune também resulta em uma eficiência de retenção nula para o reservatório da PCH SU-118.

A Tabela 6-37 apresenta os principais parâmetros utilizados para o cálculo da vida útil da usina, com destaque para os índices de sedimentação calculados, sem qualquer intervenção para a mitigação dos efeitos de assoreamento.

Tabela 6-37: Estimativa de vida útil – PCH SU-118 (A.D.= 1.400 km²)

Dados	Volume no NA máx. normal
Comprimento do reservatório (m)	4.430
Vazão média de longo termo (m ³ /s)	37,8
Volume do reservatório - (m ³)	58.000
Área da seção transversal média (m ²)	13
DST estimada para o local do AHE (t/ano)	90.160
Área de drenagem (km ²)	1.400
Período de retenção (segundos)	1.534
Velocidade média do reservatório (m/s)	2,887
Curva de cálculo utilizada	Churchill
IS - Índice de sedimentação - CHURCHILL	5,31E+02
ISg - gravidade - CHURCHILL	5,21E+03

Dados	Volume no NA máx. normal
Er - Sedimentos retidos no reservatório (%) - CHURCHILL	0
Sedimentos retidos no reservatório (m ³ /ano)	0
Tempo de Assoreamento (anos)	>50

Por mais que os resultados indiquem que não haverá problemas quanto ao depósito de sedimentos no reservatório, durante a fase operacional do empreendimento deverá ser realizado periodicamente o monitoramento de um eventual avanço do volume depositado no pé do barramento e na entrada do canal. Quando necessário, deverão ser realizadas intervenções para retirada do sedimento acumulado.

Cabe enfatizar que esta estimativa é excessivamente conservadora, uma vez que, além do método não indicar o depósito de sedimentos no reservatório, a capacidade de retenção de sedimentos vai diminuindo com o tempo, na medida em que seu volume vai sendo comprometido com o sedimento depositado. Antes que o reservatório seja completamente tomado de sedimento, é estabelecido um regime de equilíbrio no qual não mais ocorre deposição, sendo todo o volume de sedimento afluente transferido para jusante.

7. ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

Neste capítulo são apresentados os estudos e os resultados dos levantamentos de campo (viagens de reconhecimento e investigações diretas), no que se refere à Geologia e Geotecnia, com objetivo de subsidiar o desenvolvimento do Projeto Básico da PCH SU-118. A numeração adotada para identificação do sítio do barramento significa a distância entre o eixo e a foz do rio Sauê-Uiná.

Os estudos regionais permitiram o reconhecimento dos aspectos geológicos e geomorfológicos da bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná, enquanto os estudos locais permitiram a definição das características das fundações para implantação das obras de terra e das estruturas de concreto, componentes do arranjo geral da futura usina.

7.1. Introdução

Para caracterização da área dos estudos foi realizada uma extensa pesquisa bibliográfica, com o intuito de obter a maior quantidade possível de dados técnicos, que compreendem mapas temáticos, cartas topográficas e imagens de satélite. Essa coletânea de informações técnicas permitiu a compreensão das características regionais da bacia no tocante à geologia, geomorfologia, ocorrência de recursos minerais, sismicidade regional e outros aspectos de interesse dos estudos ora apresentados.

Também foi realizado um levantamento geológico-geotécnico a partir de consultas aos arquivos e bibliotecas dos principais órgãos públicos da área de geologia e geomorfologia, em especial a Agência Nacional de Mineração – ANM (antigo DNPM), Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais – CPRM (Serviço Geológico do Brasil) e Projeto RADAMBRASIL.

Os estudos no sítio da PCH Sauê-Uiná consistiram no levantamento em campo de informações geológico-geotécnicas, com o objetivo de identificar e caracterizar os solos e o maciço rochoso.

As análises dos dados pesquisados, as interpretações das investigações em campo e os mapeamentos de superfície permitiram a caracterização da geologia regional e local na área prevista para implantação da PCH, bem como as características geológico-geotécnicas das fundações para as obras de terra e estruturas de concreto.

Com base nos dados obtidos foram produzidos os mapas geológico e geomorfológico regionais, as seções geológico-geotécnicas pelas fundações das principais estruturas e os demais documentos relativos às escavações e tratamentos de fundação.

A bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná está localizada na porção oeste do estado do Mato Grosso, situando-se, aproximadamente, entre os paralelos 12° e 14° Sul e entre os meridianos 58° e 59° Oeste.

Está localizada entre os municípios de Campos de Júlio e Sapezal, estando mais próximo deste último, sendo cortada pela rodovia federal BR-364, uma das principais vias de ligação do estado, em seu trecho alto.

A bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná limita-se ao norte com a bacia hidrográfica do rio Papagaio, do qual é afluente. Ao Sul está limitada pela bacia hidrográfica do rio Buriti. Ao Leste é limítrofe com a bacia hidrográfica do rio Buriti (trecho alto) e com a bacia hidrográfica do rio Papagaio (trecho baixo). A oeste limita-se com a bacia hidrográfica do rio Juruena.

O rio Sauê-Uiná pertence à bacia hidrográfica do rio Amazonas, bacia 1, sub-bacia 17, “*área de drenagem do rio Amazonas, compreendida entre a confluência do rio Trombetas, exclusive, e a confluência com o rio Tapajós, inclusive*”, de acordo com a classificação usual utilizada no Setor Elétrico Brasileiro (Inventário – Estações Fluviométricas, ANEEL, 2001).

Seu curso desenvolve-se no eixo sul-norte, com pequeno desvio para a direção Noroeste. Apresenta-se predominantemente com forma alongada em todo o seu percurso.

O rio Sauê-Uiná nasce em uma altitude próxima da cota 570 m, na Chapada dos Parecis, e deságua no rio Papagaio em uma altitude próxima da cota 250 m. Seu curso tem extensão total de aproximadamente 260 km e pela margem direita o seu principal afluente é o rio do Calor com uma extensão aproximada de 120 km. Pela margem esquerda o principal afluente é o Córrego Sapezal com aproximadamente 65 km de extensão. Os demais afluentes constituem pequenas drenagens e totalizam aproximadamente 80 km de extensão.

As terras da bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná pertencem ao município de Sapezal e são utilizadas predominante para plantações mecanizadas de elevado nível tecnológico (principalmente soja, milho e cana-de-açúcar).

7.2. Geologia regional

O rio Sauê-Uiná nasce nos limites da Chapada do Parecis e corre no sentido geral sul-norte, por aproximadamente 260 km, até sua foz, na margem esquerda do rio Papagaio. Sua bacia tem forma predominantemente alongada e uma área de drenagem de aproximadamente 3.400 km², em região de domínio do Planalto dos Parecis.

Do ponto de vista geológico a área da bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná é dividida em três unidades: Formação Salto das Nuvens e Formação Utariti, pertencentes ao Grupo Parecis de idade Cretácea; e Cobertura Detrito Laterítica de idade Terciário-Quaternária, conforme descrição das unidades apresentadas na Figura 7-1.

A região em que a bacia do rio Sauê-Uiná está inserida é constituída predominantemente por rochas sedimentares caracterizadas como arenitos de alta porosidade e boa permeabilidade. Essas rochas constituem aquíferos de elevada capacidade de armazenamento, que tornam as vazões dos cursos d'água bastante regulares ao longo do ciclo anual.

A característica fundamental dos arenitos da região, do ponto de vista hidrogeológico, é que constituem aquífero em exsudação permanente. Este comportamento exerce um processo natural de regularização das vazões das drenagens, reduzindo os picos na época de chuvas e aumentando as descargas do rio no período de estiagem. Em muitas das sub-bacias dessa área as vazões mínimas correspondem a cerca de 90% da média de longo período.

Tabela 7-1: Coluna Estratigráfica Regional (CPRM 2004)

ERA	UNIDADE GEOLÓGICA		SIMB.	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA
QUATERNÁRIO	Cobertura Detrito-Laterítica		TQdl	Areias, siltes, argilas e cascalhos com concreções limoníticas.
CRETÁCEO	Grupo Parecis	Formação Utiariti	K2ut	Arenitos ortoquartzitos parcialmente feldspáticos, cores variegadas, granulação fina a média com seixos esparsos, maciços e localmente silicificados
		Formação Salto das Nuvens	K2sn	Seção Média e Topo: intercalações de conglomerados petromíticos, matriz arcoseana, arcóseos e arenitos feldspáticos, com estratificação cruzada de grande porte em forma de cunha, presença de bolas de argila, diques de areias e conglomerados oligomíticos com seixos de quartzo, sílex e arenitos. Seção Basal: conglomerados petromíticos, matriz arcoseana, intercalados com arcóseos, argilitos e trapés basálticos

a) Grupo Parecis (Fm Salto das Nuvens K2sn e Fm Utiariti K2ut)

O Grupo Parecis é caracterizado por arenitos avermelhados ou amarelados, que ocorrem no planalto homônimo e regiões circunvizinhas, excetuando a fácies de origem eólica e considerada como Formação Botucatu.

O litotipo predominante é arenito maciço de coloração esbranquiçada, róseo-avermelhada, arroxeadada ou amarelada; granulação fina a média, por vezes grosseira, classificação boa e grãos arredondados de composição quartzo feldspática. O cimento, em geral, é constituído por óxidos de ferro e sílica ou acha-se caulinizado.

Exibe níveis conglomeráticos locais e lentes de argilitos e ou siltitos de cores arroxeadas. Eventualmente, nos estratos basais da unidade, ocorre conglomerado com matriz abundante, bem estratificado, intercalado com níveis de arenitos brancos ou rosados, friáveis, regularmente selecionados, com grãos arredondados de boa esfericidade e fracamente feldspáticos.

O Grupo Parecis é constituído por dois membros: um inferior denominado Formação Salto das Nuvens e um superior denominado Formação Utiariti.

Esta unidade ocupa grande área da região do rio Sauê-Uiná, se estendendo para o estado de Mato Grosso a partir da margem esquerda do rio Araguaia. Constitui a porção basal da litologia presente na área estudada.

b) Formação Salto das Nuvens K2sn

Membro inferior do Grupo Parecis, a Formação Salto das Nuvens apresenta arenito médio a fino, quase sem matriz, coloração cinza-avermelhada ou esbranquiçada e estratificações eólicas de dimensões decimétricas. A fração fina é predominante com grãos quartzosos bem arredondados e bem selecionados.

c) Formação Utiariti K2ut

Membro superior do Grupo Parecis, a Formação Utiariti é constituída por arenito rosa a vermelho, muito maduro, com grãos de quartzo de tamanho médio, bem arredondados e contato flutuante. A matriz é constituída por areia quartzosa fina e argila. Pode apresentar estratificações eólicas de dimensões decimétricas.

d) Cobertura Detrito-Laterítica

A Cobertura Detrito-Laterítica é formada por areias, siltes, argilas de cores variadas, concreções limoníticas (espessas lateritas ferruginosas concrecionárias) e solos ferruginosos sobre as rochas do Grupo Parecis.

7.3. Arcabouço Geotectônico do Noroeste do Mato Grosso

O contexto geotectônico da área estudada, a partir do ciclo Brasileiro, é caracterizado pelo transporte tectônico da Faixa Paraguai (Almeida, 1964) sobre o Sul-Sudeste do Cráton Amazônico, evidenciado por falhas de empurrão e dobra em “Chevron”, com vergência e aumentando da amplitude das dobras em direção ao cráton localizado a norte-nordeste (Weska e Sviseron, 2001).

Almeida (1983, 1986) definiu a Reativação Wealdeniana como o conjunto de processos tectônicos, magmáticos, sedimentares e morfológicos que incidiram na área continental brasileira com reflexos da abertura do Atlântico e da deriva entre América do Sul e África, caracterizando-a em quatro estágios, pré-rift, rift, oceanização e cratonização, que originaram vários sistemas de grábens e horstes, associados a arcos. No estado do Mato Grosso, nos domínios do Grupo Parecis, destacam-se os arcos do Alto Xingu e da Serra Formosa.

As regiões que compreendem os principais rios da região estão inseridas num controle estrutural cuja direção é N30°E, mudando para N40°W a jusante, onde a orientação dos lineamentos estruturais segue este padrão. Embora as rochas se apresentem pouco fraturadas, são observadas com nitidez as duas direções principais de fraturamento, coincidentes com os grandes lineamentos regionais, N30°-45°W, N15°-30°E.

As vertentes são retilíneas e longas, terminando junto aos rios e formando pequenas rupturas no relevo, condicionado pela presença dos arenitos da Formação Utiariti, que aflora nas margens. A análise das paleocorrentes deste pacote indica um “trend” bidirecional que varia ente 225° e 340°.

7.4. Geomorfologia Regional

A compartimentação geomorfológica do estado o Mato Grosso ressalta as várias unidades de relevo, cujas feições apresentam filiações genéticas comuns. Seus atributos mais frequentes resultam de peculiaridades internas que permitem distingui-las. Portanto, de acordo com a morfologia e os processos genéticos evolutivos dos modelados, foi possível distinguir os vários compartimentos geomorfológicos.

A bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná está inserida na unidade geomorfológica denominada Planalto dos Parecis. Limita-se a oeste com a Depressão do Guaporé; ao sul com as Depressões Cuiabana, do Alto

Paraguai e Interplanáltica de Paranatinga; ao norte com litologias do Complexo Xingu; e ao leste com sedimentos das Bacias do Paraná e Araguaia.

Esta bacia é compartimentada em três subunidades:

- Chapada dos Parecis;
- Planalto Dissecado dos Parecis;
- Planície Fluvial.

a) Chapada dos Parecis

A Chapada dos Parecis (AP1) compõe a subunidade mais elevada, com cotas altimétricas acima da elevação 550 m. Constitui-se, litologicamente, de arenitos do Grupo Parecis, que apresentam acamamento plano-paralelo, caracterizando a homogeneidade do relevo desta subunidade. Nos patamares mais elevados desta subunidade, recobrando parcialmente o Grupo Parecis, encontra-se uma camada de sedimentos finos, associada à material concrecionário, sotoposto a um solo argilo-arenoso, vermelho-escuro, correspondente ao período Terciário – Quaternário. Esta cobertura é responsável pela manutenção do relevo superior essencialmente plano, apresentando-se fracamente entalhada por uma rede de drenagem de padrão subparalelo e unidirecional. Os limites laterais desta subunidade são demarcados por escarpas erosivas contínuas, resultantes da fusão de diversos anfiteatros, e correspondem à transição da superfície mais alta e conservada, para um nível mais baixo e dissecado, denominado de subunidade do Planalto Dissecado dos Parecis.

b) Planalto Dissecado dos Parecis

O Planalto Dissecado dos Parecis (AP2) constitui a subunidade mais extensa e expressiva do Planalto dos Parecis. Trata-se de um bloco topograficamente intermediário, relativamente homogêneo do ponto de vista altimétrico, com cotas topográficas que apresentam pouca variação (350 a 400 m). A principal característica desta subunidade é sua relativa homogeneidade topográfica, com predominância de formas dissecadas tabulares. Verifica-se que a intensidade de dissecação é determinada, principalmente, pela presença de conjuntos litológicos distintos na região de sua abrangência.

Esta subunidade caracteriza-se como um extenso compartimento elaborado em litologias areníticas do Grupo Parecis, constituído pelas Formações Salto das Nuvens e Utiariti. Apresenta predominantemente relevo plano e vertentes de baixa declividade. Secundariamente, ocorrem as áreas de escarpas abruptas, onde predominam as altas declividades e paredões verticais. As vertentes são retilíneas e longas, terminando junto ao rio Sauê-Uiná, formando pequenas rupturas no relevo, condicionado pela presença dos arenitos da Formação Salto das Nuvens, que afloram nas margens do rio.

c) Planície fluvial

As margens e leitos dos principais rios da região formam planícies fluviais com altitudes inferiores à elevação 300 m e concentram-se nas áreas de inundação. São áreas formadas por sedimentos arenosos inconsolidados, denominadas de Planície Fluvial, com idade Quaternária,

7.5. Recursos minerais

Foi realizada uma pesquisa no website da Agência Nacional de Mineração (ANM) em julho de 2021, para identificar a presença e as principais características dos processos minerários na área da bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná.

No total foram identificados quatro processos minerários na área da bacia hidrográfica. A Figura 7-2 apresenta a disposição espacial dos processos minerários identificados. A Tabela 7-2 lista as informações básicas de cada processo.

O tipo e a validade dos títulos minerários variam devido à aprovação ou não das etapas aos quais os títulos estão sujeitos. Portanto, essa pesquisa deverá ser refeita na época de implantação do empreendimento.



Figura 7-2: Títulos minerários na bacia hidrográfica do rio Sauê-Uiná

Tabela 7-2: Processos minerários em ativos na bacia (Fonte: ANM/SIGMINE)

Ano	Processo	Área (ha)	Fase	Titular	Substância	Último Evento	Data Último Evento
2017	867129	40,63	Licenciamento	Paulo Ricardo Fenner	Cascalho (brita)	Licenciamento autorizado	08/03/2019
2013	867040	49,39	Licenciamento	Paulo Ricardo Fenner	Cascalho (brita)	Licença ambiental protocolizada	22/11/2017
2013	867039	48,47	Licenciamento	Paulo Ricardo Fenner	Cascalho (brita)	Licença ambiental protocolizada	22/11/2017
2018	866356	5,00	Registro de Extração	Prefeitura Municipal de Sapezal	Cascalho (brita)	Registro de extração validado por 03 anos	04/10/2018

7.6. Sismicidade natural e induzida

Eventos sísmicos recentes foram registrados no contorno das estruturas que delineiam o cinturão Paraguai-Uruguai, constituído por uma faixa de dobramentos relacionados ao Ciclo Tectônico Brasileiro e que contorna a Plataforma Amazônica.

Na área estudada não são esperados sismos de grande intensidade, visto que as bordas de placas tectônicas se encontram localizadas a grandes distâncias da bacia hidrográfica em questão.

Nas regiões internas das placas tectônicas é bastante difícil relacionar a sismicidade natural e a sua geotectônica devido ao baixo índice da atividade sísmica ali identificada.

Na interpretação da sismicidade das regiões interiores das placas tectônicas são considerados os seguintes aspectos:

- Alívios de tensões responsáveis pelos sismos devem estar relacionados às descontinuidades e outras feições geológicas;
- Descontinuidades representadas por grandes falhas;
- Tensões atuantes numa crosta anisotrópica devem estar redistribuídas com maior intensidade nas zonas de fraqueza crustal;
- Tensões primárias devem estar vinculadas ao movimento das placas tectônicas litosféricas.

De modo geral, pode-se dizer que os sismos registrados em território brasileiro são gerados por uma acomodação de antigas estruturas do embasamento, que constituem cicatrizes dos diversos processos tectônicos acontecidos ao longo do tempo geológico.

A Figura 7-3 indica os sismos de ocorrência no Brasil, conforme registrado na Rede Sismográfica Brasileira (RSBR – www.rsbr.gov.br), bem como os sismos históricos.

Embora facilmente identificáveis por instrumentos específicos, a constatação dos danos em superfície torna-se difícil, sobretudo pela energia extremamente dissipada, incapaz de produzir efeitos passíveis de mensuração e evidentemente desprezíveis no que concerne às estruturas de barragens.

Sismos induzidos foram constatados por monitoramento sismológico em vários reservatórios de usinas hidrelétricas de grande porte. Tais eventos resultam de energia liberada pela acomodação das estruturas de superfície, quando submetidas ao repentino acréscimo de peso promovido pela formação de reservatórios.

A intensidade desses eventos é baixa, raramente atingindo valores de intensidade 3 e, tendo em conta as pequenas dimensões dos lagos formados pelas usinas, esses sismos induzidos não devem ser esperados.

No entanto, tem sido praxe nos projetos de grandes barragens brasileiras a adoção do valor de 0,005 g (para $g = 9,81 \text{ m/s}^2$) como parâmetro sísmico de segurança.

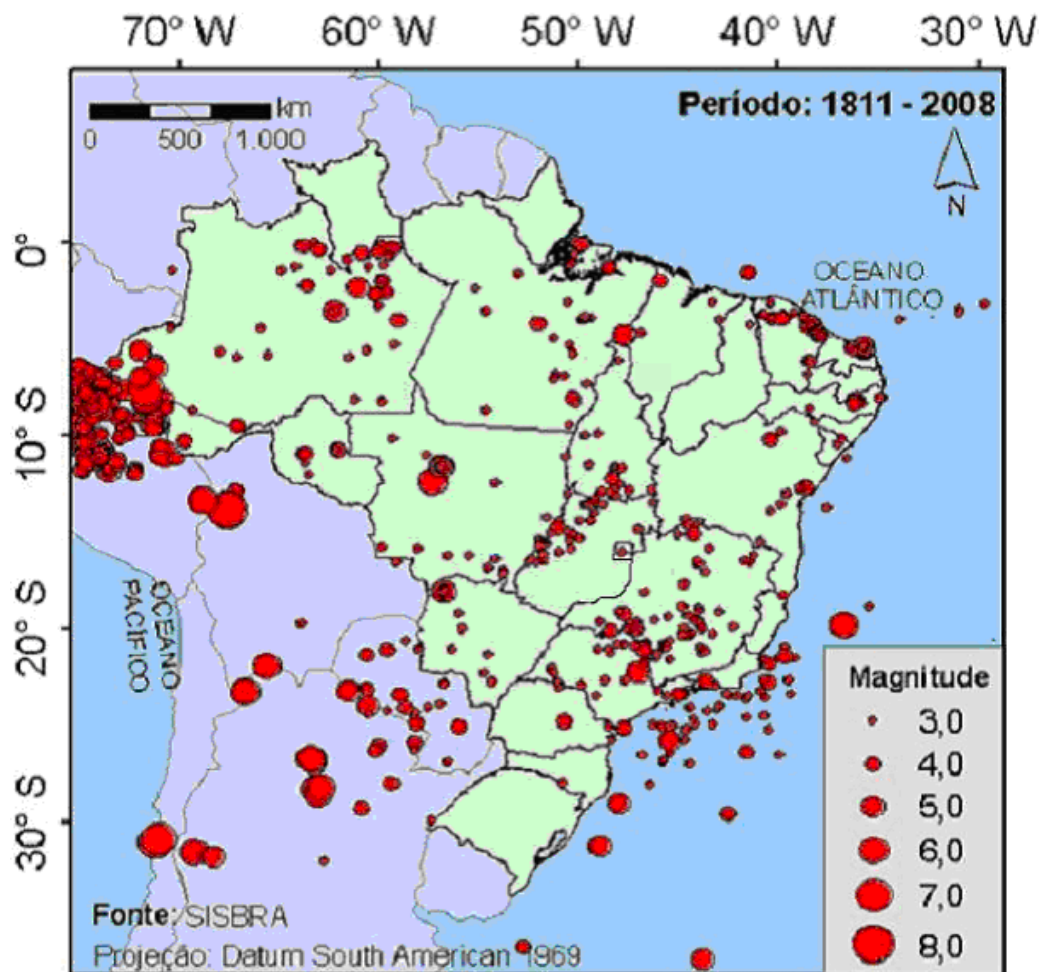


Figura 7-3: Mapa de localização de sismos em território brasileiro

7.7. Estanqueidade do reservatório

Pelos resultados das sondagens não foi constatada a presença de descontinuidades e outras estruturas geológicas que pudessem indicar a presença de cavidades no maciço rochoso, nem mesmo corpos de sedimentos de cobertura com permeabilidade alta, tais como terraços aluviais. Além disso os resultados dos ensaios de infiltração nas sondagens mostraram permeabilidades modestas para os arenitos locais.

No entanto, como as sondagens foram concentradas no sítio do barramento recomenda-se complementar essa avaliação durante a etapa final de projeto.

7.8. Estabilidade das encostas

Foi realizada uma avaliação integrada da área do entorno do reservatório, com o intuito de avaliar a estabilidade das encostas naturais mais imediatas ao mesmo.

A avaliação foi feita com base nas considerações regionais descritas nos capítulos anteriores, complementada pela interpretação de fotos aéreas, imagens de satélite e observações "in loco", tomadas durante a etapa de campo dos estudos desenvolvidos. Foram consideradas as feições do relevo, as características do solo, a ocupação e uso atual da área.

Em geral as encostas apresentam declividades baixas, ocorrendo pontualmente alguns locais com maior declividade que podem gerar alguma instabilidade localizada de pequeno volume.

7.9. Geologia local

A geologia local foi definida tomando por base as visitas ao campo e as campanhas de investigações geológico-geotécnicas realizadas na área estudada.

Cabe ressaltar que, de modo geral, não ocorrem afloramentos de rocha às margens do rio Sauê-Uiná, com exceção de algumas corredeiras localizadas.

Os estudos foram conduzidos por meio de trabalhos de campo e de escritório, realizados em etapas distintas e voltados para a identificação e compreensão dos aspectos geológico-geotécnicos de interesse no sítio estudado.

O sítio SU-118 apresenta como singularidade um forte controle estrutural em duas direções praticamente perpendiculares entre si, como pode ser visto na Figura 7-4. Os lineamentos estruturais identificados forçam o rio a correr em duas direções distintas, uma principal N20°W e outra aproximadamente N70°E.

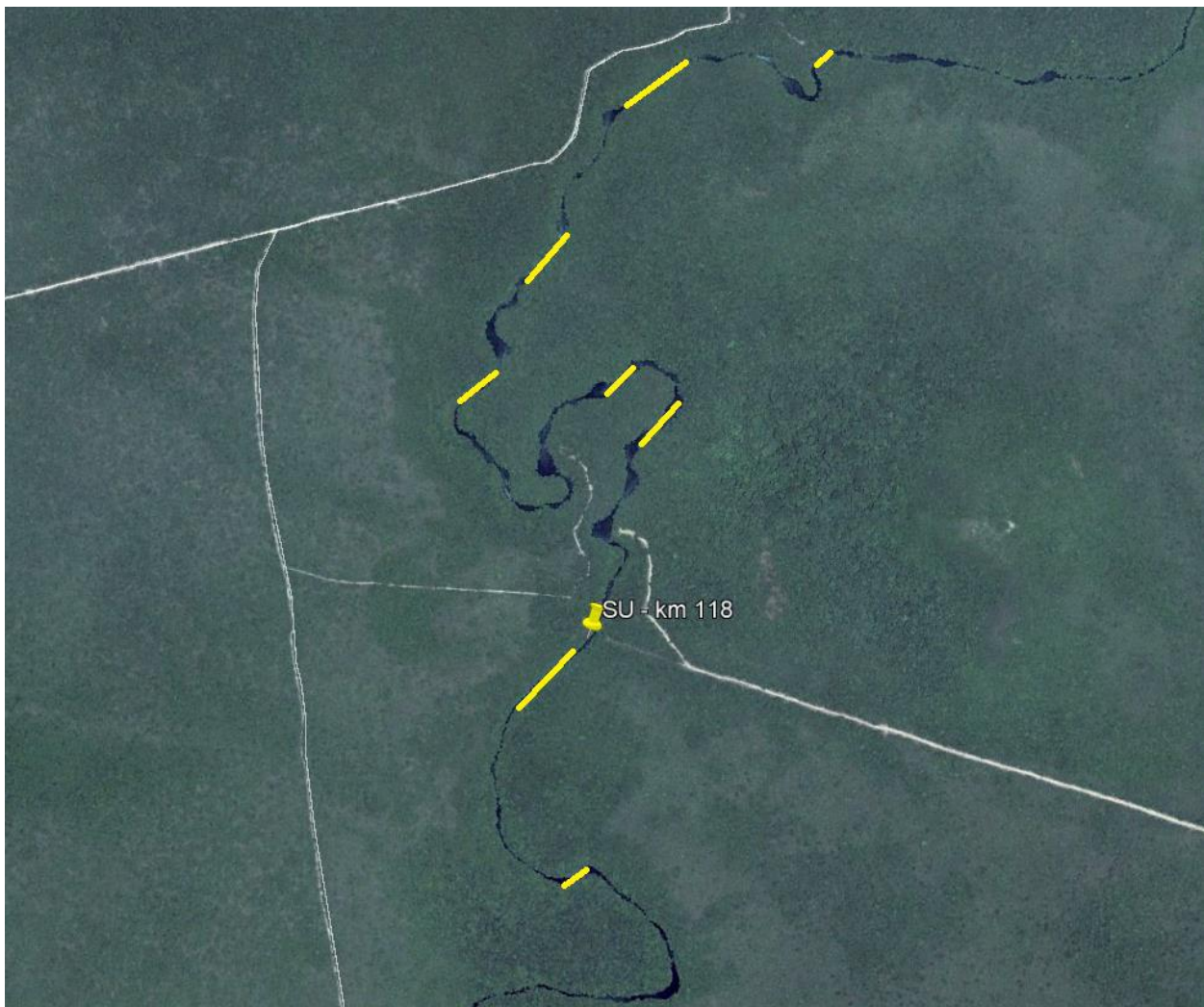


Figura 7-4: Visão geral do sítio SU-118

A litologia no sítio do barramento é constituída por arenitos das Formações Utiariti e Salto das Nuvens. Tais rochas, quando intemperizadas, geram solos arenosos predominantemente finos de cor cinza escura, superficialmente.

A espessura dos solos varia entre 2 e 10 metros e a permeabilidade se mostra média a baixa.

Os arenitos são geralmente finos e friáveis, tanto que as recuperações de testemunhos são baixas. No entanto a capacidade de suporte é suficiente para as estruturas dos empreendimentos em vista, desde que confinados para evitar erosões.

As ombreiras possuem inclinação relativamente suave e exibem algum grau de simetria. Em todo o sítio SU-118 não há afloramentos rochosos no leito do rio e nem tampouco em suas margens.

7.9.1. Investigações geológico-geotécnicas

As sondagens e ensaios in situ foram executados pela empresa NACON Sondagens (Relatório NE045-21_PCH SU-118_rev00) entre os meses de fevereiro e março de 2021.

Para os estudos foram executadas 08 sondagens mistas com 57,08m; 10 sondagens à percussão com 227,55 m; e 18 ensaios de infiltração.

Estas investigações caracterizaram a presença de arenitos finos de coloração variável entre rosa avermelhado e tons de bege a marrom, medianamente a pouco permeáveis e medianamente a pouco fraturados. O maciço rochoso de arenito subjacente apresenta-se extremamente friável, com índices de coerência C4 e recuperação muito baixa, mesmo em profundidade.

Os solos residuais são constituídos por areia fina a média, siltosa e apresenta índices de SPT variando de 3 a >30 golpes/30 cm finais de penetração, mostrando um solo com grande variação de resistência, passando de fofo a compacto.

Nas sondagens mistas executadas foi encontrado arenito fino/médio, pouco coeso e com porcentagem de recuperação abaixo de 25%. Nestas condições, deve-se direcionar atenção especial ao sistema de controle de percolação pela fundação com a drenagem interna da barragem e eventualmente soluções de proteção no pé das estruturas a fim de evitar gradientes hidráulicos elevados no pé das estruturas de concreto componentes do barramento.

7.10. Disponibilidade dos materiais naturais de construção

7.10.1. Material terroso

Foram observados depósitos de solo coluvionar e de alteração na região, com características predominantemente areno-siltosas, contendo porcentagens variadas de silte e areia. As quantidades necessárias a serem utilizadas no empreendimento serão obtidas das escavações obrigatórias e de eventuais áreas de empréstimo a serem pesquisadas nos sítios dos empreendimentos.

7.10.2. Material granular

Depósitos aluvionares constituídos de material arenoso são comuns na região devido principalmente à composição das rochas por onde o rio passa. Depósitos aluvionares de areia e cascalho podem ser encontrados ao longo do rio, porém os volumes disponíveis deverão ser melhor avaliados para a utilização nas obras. Nesse caso, poderão ser obtidos materiais artificiais em cidades próximas, como Sapezal.

7.10.3. Material pétreo

O material pétreo a ser obtido das escavações obrigatórias provavelmente não poderá ser utilizado como enrocamento de proteção dos taludes de escavação, devido às características do maciço rochoso a ser escavado. Caso não sejam obtidos blocos íntegros suficientes, os enrocamentos para lançamento das ensecadeiras deverão ser obtidos de pedreiras próximas.

7.11. Balanço de materiais simplificado

Para o balanço de materiais, devem ser considerados alguns aspectos e fenômenos que ocorrem com solos e rochas quando estes são escavados e transportados.

Solos, quando escavados, perdem a compactação natural oriunda de seu próprio processo de formação. Esse processo de expansão volumétrica é chamado de empolamento, processo que pode ser bastante considerável em alguns casos. Já o processo contrário, que acontece quando o solo é aplicado no aterro da barragem, é chamado de contração. Com isso, após o desmonte, o solo assume um volume maior do que aquele em que se encontrava em seu estado natural e após aplicação na barragem, o volume assumido é menor do que o volume escavado.

Para este estudo, foi considerado um grau de empolamento de 5%, ou 1,05 entre a escavação e o aterro de bota-espera. Já o fator de conversão para utilização do volume de aterro do bota-espera para aplicação na barragem é de 0,8, pois o grau de compactação do aterro da barragem é superior ao do aterro de bota-espera. Estes valores são apresentados na Tabela 7-3, já com as perdas contabilizadas.

Ressalta-se que o material aproveitável das escavações obrigatórias só poderá ser utilizado nos espaldares da barragem de terra, não sendo adequados para a zona interna de vedação. Esta, por sua vez, deverá ser composta por material argiloso proveniente das áreas de empréstimo já comentadas nesta Seção.

O material rochoso obtido nas escavações obrigatórias provavelmente não servirá para utilização nas ensecadeiras, pois não deverão ser obtidos blocos íntegros com diâmetros suficientes para lançamento das ensecadeiras. Portanto, todo o material a ser utilizado nas ensecadeiras de primeira e segunda fase deverão ser obtidos de pedreiras ativas na região. O fator de empolamento até o bota-fora considerado foi de 20%

Areia e brita para concreto deverão ser extraídas de pedreiras próximas.

Tabela 7-3: Balanço de materiais com graus de empolamento de solo e compactação de rocha

ESCAVAÇÃO SOLO		
Escavação em solo arenoso (m³)	Grau de Empolamento (m³)	Volume Disponível Bota-Espera (m³)
475.120	1,05	498.880
ROCHA		
Escavação em rocha (m³)	Grau de Empolamento (m³)	Volume Disponível Bota-Espera (m³)
60.385	1,20	72.460
ATERROS		
Aterro em Solo Arenoso (m³)	Grau de Empolamento (m³)	Volume Necessário Bota-Espera (m³)
45.785	1,30	59.520
Aterro Solo Argiloso na Seção da Ensecadeira e da Barragem (m³)	Grau de Empolamento (m³)	Volume Necessário (m³)
8.355	1,25	10.450
Aterro Rocha na Seção da Ensecadeira e da Barragem (m³)	Grau de Empolamento	Volume final aterro rocha que poderá ser utilizado das escavações obrigatórias (m³)
2.715	1,05	2.850

BALANÇO DE MATERIAIS		
Volume total Bota-Fora (solo + rocha) (m ³)	Volume resultante Solo argiloso proveniente de jazida (m ³)	Volume resultante Rocha proveniente de pedreira (m ³)
511.820	-10.450	-2.850
Obs. Se positivo, vai para área de bota-fora, se negativo, vem das Áreas de Empréstimo/Pedreiras.		

Como pode ser observado, após a aplicação de todos os parâmetros já citados, o volume de solo arenoso produzido durante as escavações obrigatórias supera as necessidades para aterro, sendo necessária área de bota-fora para este material. Todo o material rochoso deverá também ser encaminhado para bota-fora. Isto acontece principalmente pela qualidade do material obtido, que não é adequado para aplicação em concreto nem em ensecadeiras. Serão necessários cerca de 10.450 m³ de solo argiloso de área de empréstimo e 2.850 m³ de rocha de pedreira para aplicação nas ensecadeiras.

7.12. Área de bota-fora

Para esta fase dos estudos foram definidas duas áreas de bota-fora, denominadas Bota-Fora 1 e 2. Ambas as áreas se encontram na margem esquerda do rio Sauê. O volume de armazenamento totaliza cerca de 514.220 m³, considerando uma espessura de 4,0 m de material.

A Figura 7-5 indica o local das áreas, bem como os volumes de armazenamento.

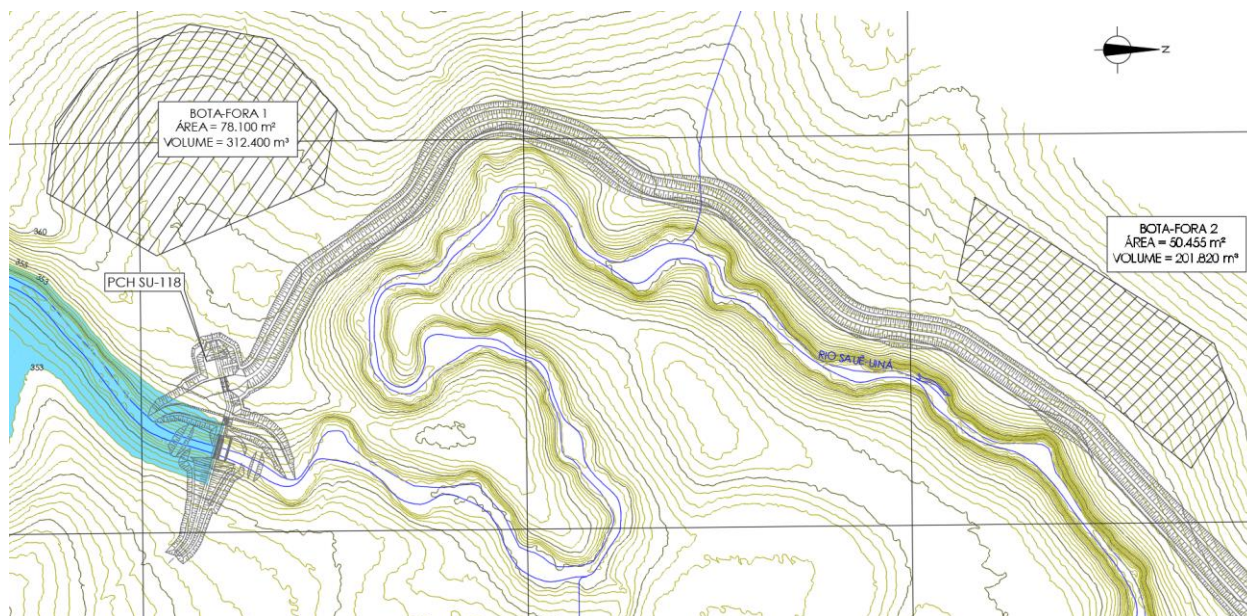


Figura 7-5: Localização, área e volume da área de bota-fora da PCH SU-118

7.13. Condições geológico-geotécnicas das fundações

Neste item são descritas as condições de fundações e principais tratamentos previstos nas principais estruturas que compõem o arranjo da usina, que estão divididas entre as duas margens do rio e seu leito. As considerações foram feitas com base nas investigações executadas em profundidade.

7.13.1. Barragem de terra margem direita

Nesta margem a barragem deverá ter comprimento aproximado de 135,0 m, incluindo a zona de encontro com o muro de topo direito.

A barragem deverá ser apoiada sobre maciço com índice de SPT acima de 7 golpes/ 30 cm finais de penetração em todo o trecho da margem direita. Para tal, a escavação da barragem da margem direita deverá ter 4,0 m de profundidade em média, como evidenciado pela sondagem SP-01.

Para o lançamento da primeira camada de aterro, a fundação deverá ser limpa e regularizada e eventuais zonas de material fofo deverão ser removidas. Os tratamentos deverão ser complementados com uma cortina de injeção, ao longo do barramento.

7.13.2. Barragem de terra margem esquerda

A barragem de terra da margem esquerda deverá ter um comprimento aproximado de 25,0 m.

Essa estrutura deverá se posicionar sobre solo residual e de alteração de arenito, com a remoção total do como apoio o maciço de aterro sobre material com índice de SPT acima de 7 golpes/ 30 cm finais de penetração. De acordo com a sondagem SM-05 a escavação da barragem deverá ter aproximadamente 3,0 m de profundidade.

Para o lançamento da primeira camada de aterro na área do leito do rio, a fundação deverá ser limpa com jatos de ar e água, regularizada e eventuais zonas de material fofo deverão ser removidas.

7.13.3. Barragem de concreto

A barragem de concreto deverá ter comprimento de aproximadamente 75,0 m na margem esquerda e está dividida em três trechos, fazendo a ligação entre as estruturas principais do barramento.

A barragem de concreto deverá se posicionar sobre arenito resistente, com a remoção total do solo coluvionar e solo de alteração sobrejacente, tendo como apoio o maciço rochoso com boa capacidade de suporte.

Para o lançamento da primeira camada de concreto, a fundação deverá ser limpa com jatos de ar e água, regularizada com aplicação de concreto com espessura mínima de 20 cm. Os tratamentos deverão ser complementados com uma cortina de injeção ao longo do barramento.

7.13.4. Vertedouro

Essa estrutura deverá ser posicionada no leito do rio com comprimento de 31,0 m. Deverá ser assentada em maciço rochoso de arenito com suporte adequado após a regularização final da superfície. Adicionalmente, está prevista remoção total da camada de solo que se encontre na fundação do vertedouro.

Deverão ser executados tratamentos como regularização, limpeza e jatos de ar e água, remoção de eventuais “bolsões” de arenito pouco consistente, eventuais injeções de consolidação e cortina profunda de injeções.

Os 10,0 m iniciais na região de contato com a estrutura deverão ser protegidos por laje de fundo com 1,0 m de espessura para evitar erosão do maciço no pé da estrutura do vertedouro.

7.13.5. Canal de adução

O canal de adução deverá ter seção típica escavada em solo. A escavação do canal e o perfil geológico-geotécnico são apresentados em desenhos no Volume 2 do Projeto Básico.

O canal deverá ser protegido por geomembrana com camada de geotêxtil para garantir maior resistência à tração do conjunto de revestimento. Previamente à instalação do sistema de revestimento, os taludes deverão ser jateados com ar para retirar o material solto superficial após as escavações.

A ancoragem da geomembrana deverá ser feita em valas escavadas com dimensões de 50 cm x 50 cm e preenchidas com solo cimento ou material granular compactado. Também deverão ser executadas vigas de travamento a cada 200,0 m para fixação e travamento da geomembrana no sentido longitudinal.

A seção do canal muitas vezes será completada por aterro compactado, com taludes 1,0V:1,8H. Nestas regiões o aterro deverá ser apoiado em terreno firme e com ausência de matéria orgânica. Caso sejam encontradas regiões de solo muito fofo, deverá ser prevista a retirada deste material e a recomposição com aterro compactado até as cotas de projeto.

O canal deverá dispor de sistema de drenagem subsuperficial com trincheiras longitudinais e tubulação de drenagem para aliviar a subpressão e garantir a segurança do revestimento do canal em casos de esvaziamento para manutenção. A base do canal deverá ser totalmente regularizada por camada de 15 cm de transição fina (pedrisco), que também desempenha papel fundamental para drenagem da base e condução do fluxo captado para os sistemas de trincheiras nas laterais da base.

7.13.6. Tomada d'água e câmara de carga

Foi prevista escavação até a cota 344,0 m para assentamento da tomada d'água e câmara de carga. Estas estruturas deverão estar apoiadas em maciço rochoso de arenito, com boas condições de suporte.

O tratamento da fundação das estruturas deverá ser realizado por jateamento de jato de ar e água e limpeza fina manual. Previu-se também a remoção de materiais desagregados e incoerentes, com posterior regularização com concreto.

7.13.6.1. Conduto forçado

Os condutos forçados deverão ser assentados sobre o maciço rochoso de arenito, após a remoção dos blocos e fragmentos superficiais de rocha (caso ocorram) ao longo do traçado do conduto. A superfície para assentamento da tubulação também deverá ser regularizada para colocação dos "berços" e blocos de concreto que servirão de apoio a essa tubulação.

O tratamento deverá ser realizado por meio de jateamento de ar/água e limpeza fina para apoio das estruturas de concreto que compõem este trecho. Caso seja encontrado material pouco resistente e friável abaixo das cotas de fundação dos blocos, este material deverá ser removido e recomposto com concreto massa até a cota de fundação.

Poderão ser necessários tratamentos locais nos taludes permanentes. Este tratamento deverá ser realizado com a aplicação de concreto projetado com fibras e chumbadores de fixação. A drenagem do talude por meio de barbacãs também é indispensável para evitar trincas e estofamentos no concreto. Os taludes em solo deverão ser protegidos por revestimento vegetal.

7.13.6.2. Casa de força e canal de Fuga

A casa de força foi prevista para ser escavada até a cota 318,8 m, devendo seu piso inferior ser assente em maciço rochoso de arenito, após as remoções dos capeamentos de solo que recobrem a fundação da estrutura. Caso seja encontrado material com baixa condição de suporte, este deverá ser removido e recomposto com concreto massa.

Para os taludes permanentes em rocha poderá ser aplicado concreto projetado com fibras, complementado com drenagens por barbacãs e possíveis DHP's se forem encontrados locais de instabilidade.

O canal de fuga será escavado em rocha arenítica, onde será necessária regularização e proteção dos taludes com concreto projetado e drenagens, no trecho abaixo do nível d'água de operação do canal. Nos trechos dos taludes acima do N.A, os taludes deverão ser protegidos com revestimento vegetal, de modo a evitar os efeitos erosivos das águas superficiais. Canaletas de drenagens são previstas nas bermas que compõem os taludes.

8. ESTUDOS DE CUSTOS

Para a formulação dos preços unitários das principais obras civis foram utilizados o sistema Sisorh e sua base de dados, e preços praticados em obras similares, coletados junto a empreiteiros e fornecedores especializados.

Para os equipamentos eletromecânicos, obtiveram-se os preços de aquisição a partir de banco de dados próprio, baseado em orçamentos já realizados para instalações e projetos de empreendimentos similares, bem como por consultas informais a fabricantes e fornecedores especializados.

Para as rubricas determinadas por valores globais ou taxas, foram utilizadas as sugestões contidas nos manuais, bem como dados e informações obtidas de obras similares, ou consideradas em estudos de mesma natureza.

A data de referência para os estudos econômicos foi estabelecida como junho de 2021 e a atualização dos preços unitários e globais, quando referenciados a outras datas, foi feita aplicando-se a taxa de variação do IGP-DI, da Fundação Getúlio Vargas, entre as datas de referência consideradas.

Os itens a seguir apresentam os critérios e valores considerados para as rubricas do OPE, aplicáveis aos estudos em tela.

8.1. Obras Civis

Para as rubricas do Plano de Contas do Orçamento Padrão ELETROBRÁS, correspondentes às características peculiares de cada uma das alternativas, foram estabelecidos os custos de implantação das estruturas e sistemas, ora aplicando-se preços unitários, ora globais, em função das características e importância relativa de cada uma delas no preço global do empreendimento.

- **Casa de Força:**
 - **11.12. Benfeitoria na Área da Usina:** Para essa rubrica foi utilizada uma equação proposta pelo Manual de Inventário, em função da potência instalada da usina, com atualização de custos para a data base.
 - **11.13.00.12.10 – Escavação Comum:** Calculado considerando-se 2/3 do volume como escavação em solo e 1/3, como escavação com escarificação. Para a escavação comum, 50% do volume foi considerado com aplicação direta na área de compactação (se necessário) e 50% destinado para áreas de bota-fora.
 - **11.13.00.12.11 Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Calculado considerando-se 90% do volume escavado destinado ao estoque e 10% com aplicação direta nas praças de compactação. Nessa rubrica também foram considerados os serviços de “pré-fissuramento”, em uma área correspondente a 0,05 do volume de rocha escavada.
 - **11.13.00.13 – Tratamento de Fundações:** Este serviço se refere à limpeza de superfície da rocha para fundação. Envolve as operações de retirada da rocha solta e detritos, acerto dos desníveis, drenagem das superfícies, limpeza da área, obturação das falhas e preparo final da superfície com concreto de regularização e de preenchimento das cavidades (espessura média de 0,2 m).
 - **11.13.00.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); à respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e à descarga no silo. Foi considerada a taxa de consumo igual a 350 kg/m³ para concreto convencional, 250kg/m³ para concreto massa e 450kg/m³ para concreto projetado.

- **11.13.00.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e acabamento; tratamento de juntas de construção; aquisição, manuseio, confecção, preparação de forma (incluindo todas as instalações de carpintaria); transporte, montagem e desmontagem (após a cura do concreto) da forma; escoramentos e cimbramentos; controle da qualidade (incluindo os laboratórios para ensaios de concreto; cimento e armadura). Para concreto projetado em taludes foram considerados também os custos de execução de malha de chumbadores 1,5 x 1,5m e 4 metros de comprimento e barbacãs.
- **11.13.00.14.15 – Armadura:** Esta composição abrange todas as composições necessárias para a execução da armação diretamente nas formas: fornecimento, arrumação e manuseio no pátio de armação; preparo na central de armação; transporte, lançamento e fixação das armaduras nas formas. A taxa média de consumo de armadura foi de 75 kg/m³.
- **11.13.00.15. Instalações e Acabamentos:** Para essa rubrica foi utilizada uma equação proposta pelo Manual de Inventário, em função da potência instalada da usina, com atualização de custos para a data base, majorada por um fator para contemplar os custos adicionais com a substituição da superestrutura de concreto por metálica.
- **11.14. Vila dos Operadores:** Não foi considerada qualquer previsão de recursos para essa rubrica, uma vez que a vila dos operadores foi admitida como reaproveitamento parcial do canteiro e acampamento de construção, quantificado na conta. 17.
- **11.27. – Eventuais da conta 11:** Para essa rubrica foi considerado um percentual de 8% do subtotal da conta.
- **Ensecadeiras:**
 - **12.16.22 – Ensecadeiras (serviços considerados em outras contas):** Para as ensecadeiras, as atividades referentes a desmatamento e escavações para preparo do terreno, foram consideradas já contempladas nas demais atividades das diversas estruturas que compõem o aproveitamento.
 - **12.16.22.19 – Ensecadeira de Rocha e Terra:** O preço unitário para esta rubrica foi composto considerando-se as seguintes atividades e percentuais de incidência:

Solo Lançado (40% do volume total): correspondente aos serviços de obtenção; carga e transporte; lançamento/espalhamento de solo, para a vedação das ensecadeiras. Foram considerados 95% do volume desse material proveniente de escavações obrigatórias, e 5%, de áreas de empréstimo.

Para o material proveniente de escavações obrigatórias, os custos de escavação; carga e transporte não foram considerados, uma vez que já incidem nas rubricas escavações comuns.

Enrocamento Lançado (50% do volume total): correspondente aos serviços de obtenção; carga e transporte; lançamento/espalhamento de enrocamento, nas ensecadeiras. Foram considerados 80% do volume do material proveniente de escavações obrigatórias, e 20%, de estoques.

Para o material proveniente de escavações obrigatórias, os custos de escavação; carga e transporte não foram considerados, uma vez que já incidem nas rubricas escavações em rocha.

Transições (10% do volume total): corresponde aos serviços de produção de brita, a partir de rocha no estoque; separação e estoque nos pátios; carga e transporte; lançamento/espalhamento e de compactação desse material nas ensecadeiras.

- **12.16.22.21 – Remoção de Ensecadeiras:** Corresponde aos serviços de escavação, carga, transporte e espalhamento do material escavado, em áreas de bota-fora. Foi considerado que 90% do volume serão de escavação em seco, feita com trator de esteira e carga com pá-carregadeira, e 10% submersa, feita com retroescavadeiras.
- **12.16.22.22 – Esgotamento e Outros Custos:** Para essa rubrica, um percentual de 15% sobre o custo de construção das ensecadeiras.
- **Canal ou Galeria / Adufas de Desvio:**
 - **12.16.24.12.10 – Escavação Comum:** Calculado considerando-se 2/3 do volume como escavação em solo e 1/3, como escavação com escarificação. Para a escavação comum, 20% do volume foi considerado com aplicação direta na área de compactação (se necessário) e 80% destinado para áreas de bota-fora.
 - **12.16.24.12.11 – Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Calculado considerando-se 90% do volume escavado destinado ao estoque e 10% com aplicação direta nas praças de compactação. Nessa rubrica também foram considerados os serviços de “pré-fissuramento”, em uma área correspondente a 0,05 do volume de rocha escavada.
 - **12.16.24.12.13 – Tratamento de Fundações:** Este serviço se refere à limpeza de superfície da rocha para fundação. Envolve as operações de retirada da rocha solta e detritos, acerto dos desníveis, drenagem das superfícies, limpeza da área, obturação das falhas e preparo final da superfície com concreto de regularização e de preenchimento das cavidades (espessura média de 0,2 m). Também foram considerados os custos de execução das cortinas de injeção e de drenagem (1 linha $\Phi=75$ mm, com espaçamento de 3 m e profundidade média de 10 m).
 - **12.16.24.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); à respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e à descarga no silo. Foi considerada a taxa de consumo igual a 350 kg/m³ para concreto convencional, 250kg/m³ para concreto massa e 450kg/m³ para concreto projetado.
 - **12.16.24.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e acabamento; tratamento de juntas de construção; aquisição, manuseio, confecção, preparação de forma (incluindo todas as instalações de carpintaria); transporte, montagem e desmontagem (após a cura do concreto) da forma; escoramentos e cimbramentos; controle da qualidade (incluindo os laboratórios para ensaios de concreto; cimento e armadura).
 - **12.16.24.14.15 – Armadura:** Esta composição abrange todas as composições necessárias para a execução da armação diretamente nas formas: fornecimento, arrumação e manuseio no pátio de armação; preparo na central de armação; transporte, lançamento e fixação das armaduras nas formas. A taxa média de consumo de armadura foi de 60 kg/m³.
- **Barragem de Terra e Enrocamento:**
 - **12.17.25.12.10 – Escavação Comum:** Calculado considerando-se 50% do volume com aplicação direta na área de compactação e 50% em áreas de bota-fora.
 - **12.17.25.13 – Limpeza e Tratamento de Fundação:** Este serviço refere-se à limpeza de camada final em solo para fundação, envolvendo as operações de escavação de material executadas com trator

de esteiras D8 L, auxiliado por um D-6 com 50% de ocupação, a carga deste material e sua retirada para bota-fora. A espessura da camada de limpeza foi considerada de 0,30m. Também foram considerados os custos de execução das cortinas de injeção e de drenagem (1 linha $\Phi=75$ mm, com espaçamento de 3 m e profundidade média de 10 m).

- **12.17.25.24 – Aterro Compactado:** Corresponde aos serviços de obtenção; carga e transporte; lançamento/espalhamento e de compactação de solo, nas barragens. Foi considerado que o volume do material é proveniente de escavações obrigatórias.
- **12.17.25.26 – Núcleo de Argila:** Estão incluídos os serviços: escavações em área de empréstimo; carga e transporte até a área de aplicação; lançamento, espalhamento e compactação; remoção de "borrachudos" ou material que por qualquer motivo não atingiu o grau de compactação especificado e controle tecnológico.
- **12.17.25.29 – Transições / Filtros:** Para as transições, foram considerados os serviços correspondentes à produção de brita, a partir de rocha no estoque; à formação de estoques nos pátios; à carga e ao transporte; ao lançamento/espalhamento e à compactação desse material.

Para os filtros, foram consideradas as atividades referentes à obtenção, beneficiamento e formação de estoques de areia lavada nos pátios e à carga, ao transporte, ao lançamento/espalhamento e à compactação desse material nas barragens.

Na composição do preço unitário, para Transições + Filtros, considerou-se 40% para as transições; 60% para os filtros horizontais e verticais.

- **12.17.25.32.19 – Proteção dos Taludes de Jusante (grama em placa):** Corresponde aos custos de serviços contratados junto a empresas especializadas.
- **12.17.25.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); à respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e à descarga no silo. Foi considerada a taxa de consumo igual a 350 kg/m³ para concreto convencional.
- **12.17.25.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e acabamento; tratamento de juntas de construção. Para concreto projetado em taludes foram considerados também os custos de execução de malha de chumbadores 1,5 x 1,5m e 4 metros de comprimento e barbacãs.
- **12.17.25.17 Outros Custos:** No sentido de prever os dispêndios com os acabamentos e drenagem de pistas, de iluminação, sinalização, etc., foi arbitrada uma verba correspondente a 2% dos custos de implantação das barragens de terra e enrocamento.
- **Barragem de Concreto:**
 - **12.17.26.12.10 – Escavação Comum:** Calculado considerando-se 20% do volume com aplicação direta na área de compactação e 80% em áreas de bota-fora.
 - **12.17.26.12.11 – Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Calculado considerando-se 90% do volume escavado destinado ao estoque e 10% com aplicação direta nas praças de compactação. Nessa rubrica também foram considerados os serviços de "pré-fissuramento", em uma área correspondente a 0,05 do volume de rocha escavada.

- **12.17.26.13 – Limpeza e Tratamento de Fundação:** Este serviço refere-se à limpeza de camada final em solo para fundação, envolvendo as operações de escavação de material executadas com trator de esteiras D8 L, auxiliado por um D-6 com 50% de ocupação, a carga deste material e sua retirada para bota-fora. A espessura da camada de limpeza foi considerada de 0,30 m. Também foram considerados os custos de execução das cortinas de injeção e de drenagem (1 linha $\Phi=75$ mm, com espaçamento de 3 m e profundidade média de 10 m).
- **12.17.26.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); à respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e à descarga no silo. Foi considerada a taxa de consumo igual a 250 kg/m³.
- **12.17.26.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e acabamento; tratamento de juntas de construção; aquisição, manuseio, confecção, transporte, compactação; controle da qualidade.
- **12.17.26.17 Outros Custos:** No sentido de prever os dispêndios com os acabamentos e drenagem de pistas, de iluminação, sinalização, etc., foi arbitrada uma verba correspondente a 2% dos custos de implantação das barragens de concreto compactado a rolo.
- **Transições e Muros de Concreto:**
 - **12.17.27.12.10 – Escavação Comum:** Calculado considerando-se 2/3 do volume como escavação em solo e 1/3, como escavação com escarificação. Para a escavação comum, 50% do volume foi considerado com aplicação direta na área de compactação e 50% destinado para Calculado considerando-se 50% do volume com aplicação direta na área de compactação e 50% em áreas de bota-fora.
 - **12.17.27.12.11 – Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Calculado considerando-se 90% do volume escavado destinado ao estoque e 10% com aplicação direta nas praças de compactação. Nessa rubrica também foram considerados os serviços de “pré-fissuramento”, em uma área correspondente a 0,05 do volume de rocha escavada.
 - **12.17.27.13 – Limpeza e Tratamento de Fundações:** Este serviço se refere à limpeza de superfície da rocha para fundação. Envolve as operações de retirada da rocha solta e detritos, acerto dos desníveis, drenagem das superfícies, limpeza da área, obturação das falhas e preparo final da superfície com concreto de regularização e de preenchimento das cavidades (espessura média de 0,2 m). Também foram considerados os custos de execução das cortinas de injeção e de drenagem (1 linha $\Phi=75$ mm, com espaçamento de 3 m e profundidade média de 10 m).
 - **12.17.27.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); a respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e a descarga no silo. A taxa de consumo considerada foi de 250 kg/m³.
 - **12.17.27.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e

acabamento; tratamento de juntas de construção; aquisição, manuseio, confecção, preparação de forma (incluindo todas as instalações de carpintaria); transporte, montagem e desmontagem (após a cura do concreto) da forma; escoramentos e cimbramentos; controle da qualidade (incluindo os laboratórios para ensaios de concreto; cimento e armadura).

- **12.17.27.17 – Outros Custos:** Previsão de verba correspondente a 2% dos custos de construção dos muros, para acabamentos e drenagem de pistas; iluminação, sinalização, etc.
- **Vertedouro de Superfície:**
 - **12.18.28.12.10 – Escavação Comum (vertedouro e bacia de dissipação):** Calculado considerando-se 2/3 do volume como escavação em solo e 1/3, como escavação com escarificação. Para a escavação comum, 50% do volume foi considerado com aplicação direta na área de compactação e 50 % destinado para áreas de bota-fora. Calculado considerando-se 50% do volume com aplicação direta na área de compactação e 50% em áreas de bota-fora.
 - **12.18.28.12.11 – Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Calculado considerando-se 90 % do volume escavado destinado ao estoque e 10% com aplicação direta nas praças de compactação. Nessa rubrica também foram considerados os serviços de “pré-fissuramento”, em uma área correspondente a 0,05 do volume de rocha escavada.
 - **12.18.28.13 – Limpeza e Tratamento de Fundações:** Este serviço se refere à limpeza de superfície da rocha para fundação. Envolve as operações de retirada da rocha solta e detritos, acerto dos desníveis, drenagem das superfícies, limpeza da área, obturação das falhas e preparo final da superfície com concreto de regularização e de preenchimento das cavidades (espessura média de 0,2 m). Também foram considerados os custos de execução das cortinas de injeção e de drenagem (1 linha $\Phi=75$ mm, com espaçamento de 3 m e profundidade média de 10 m).
 - **12.18.26.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); a respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e a descarga no silo. A taxa de consumo considerada foi de 350 kg/m³ no caso de Concreto Convencional e de 250 kg/m³ no caso de Concreto Massa.
 - **12.18.28.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e acabamento; tratamento de juntas de construção; aquisição, manuseio, confecção, preparação de forma (incluindo todas as instalações de carpintaria); transporte, montagem e desmontagem (após a cura do concreto) da forma; escoramentos e cimbramentos; controle da qualidade (incluindo os laboratórios para ensaios de concreto; cimento e armadura).
 - **12.18.28.17 – Outros Custos:** Previsão de verba correspondente a 2% dos custos das obras civis do vertedouro, para acabamentos e drenagem de pistas; iluminação, sinalização, etc.
- **Estrutura de Controle:**
 - **12.19.30.12.10 – Escavação Comum:** Calculado considerando-se 2/3 do volume como escavação em solo e 1/3, como escavação com escarificação. Para a escavação comum, 20% do volume foi considerado com aplicação direta na área de compactação e 80% em áreas de bota-fora.
 - **12.19.30.12.11 – Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Calculado considerando-se 90 % do volume escavado destinado ao estoque e 10% com aplicação direta nas praças de compactação. Nessa

rubrica também foram considerados os serviços de “pré-fissuramento”, em uma área correspondente a 0,05 do volume de rocha escavada.

- **12.19.30.13 – Tratamento de Fundações:** Este serviço se refere à limpeza de superfície da rocha para fundação. Envolve as operações de retirada da rocha solta e detritos, acerto dos desníveis, drenagem das superfícies, limpeza da área, obturação das falhas e preparo final da superfície com concreto de regularização e de preenchimento das cavidades (espessura média de 0,2 m).
- **12.19.30.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); à respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e à descarga no silo. Foi considerada a taxa de consumo igual a 350 kg/m³.
- **12.19.30.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e acabamento; tratamento de juntas de construção; aquisição, manuseio, confecção, preparação de forma (incluindo todas as instalações de carpintaria); transporte, montagem e desmontagem (após a cura do concreto) da forma; escoramentos e cimbramentos; controle da qualidade (incluindo os laboratórios para ensaios de concreto; cimento e armadura).
- **12.19.30.14.15 – Armadura:** Esta composição abrange todas as composições necessárias para a execução da armação diretamente nas formas: fornecimento, arrumação e manuseio no pátio de armação; preparo na central de armação; transporte, lançamento e fixação das armaduras nas formas. A taxa média de consumo de armadura foi de 75 kg/m³.
- **Canal de Adução:**
 - **12.19.31.12.10 – Escavação Comum:** Calculado considerando-se 2/3 do volume como escavação em solo e 1/3, como escavação com escarificação. Para a escavação comum, 20% do volume foi considerado com aplicação direta na área de compactação e 80% em áreas de bota-fora.
 - **12.19.31.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); à respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e à descarga no silo. Foi considerada a taxa de consumo igual a 350 kg/m³.
 - **12.19.31.14.14 – Concreto sem cimento:** Referente às vigas de ancoragem do revestimento em geomembrana PEAD do canal de adução. Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e acabamento; tratamento de juntas de construção; aquisição, manuseio, confecção, preparação de forma (incluindo todas as instalações de carpintaria); transporte, montagem e desmontagem (após a cura do concreto) da forma; controle da qualidade (incluindo os laboratórios para ensaios de concreto; cimento e armadura).
 - **12.19.31.14.15 – Armadura:** Esta composição abrange todas as composições necessárias para a execução da armação diretamente nas formas: fornecimento, arrumação e manuseio no pátio de armação; preparo na central de armação; transporte, lançamento e fixação das armaduras nas formas. A taxa média de consumo de armadura foi de 60 kg/m³.

- **12.19.31.32.20 – Revestimento em Geomembrana PEAD:** Esta composição abrange os custos de aquisição de geomembrana de PEAD com espessura de 1,5mm e ambas as faces lisas, bem como os serviços relativos à descarga, estoque, instalação e controle de qualidade.
- **12.19.31.32.21 – Revestimento em Geotêxtil:** Esta composição abrange os custos de aquisição de geotêxtil não tecido RT-16 para aplicação sob a geomembrana de PEAD e RT-10 para aplicação nas trincheiras da drenagem subsuperficial, bem como os serviços relativos à descarga, estoque, instalação e controle de qualidade.
- **12.19.31.13.22 – Transições / Filtros:** Para as transições, foram considerados os serviços correspondentes à produção de brita, a partir de rocha no estoque; à formação de estoques nos pátios; à carga e ao transporte; ao lançamento/espalhamento e à compactação desse material.

Para os filtros, foram consideradas as atividades referentes à obtenção, beneficiamento e formação de estoques de areia lavada nos pátios e à carga, ao transporte, ao lançamento/espalhamento e à compactação desse material nas barragens.
- **12.19.31.32.23 – Tubulação de Drenagem PEAD:** Esta composição abrange os custos de aquisição de tubulação de PEAD corrugada perfurada para drenagem com diâmetro de 250mm e conexões, bem como os serviços relativos à descarga, estoque, instalação e controle de qualidade.
- **Câmara de Carga e Tomada d'Água:**
 - **12.19.30.12.10 – Escavação Comum:** Calculado considerando-se 2/3 do volume como escavação em solo e 1/3, como escavação com escarificação. Para a escavação comum, 20% do volume foi considerado com aplicação direta na área de compactação e 80% em áreas de bota-fora.
 - **12.19.30.12.11 – Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Calculado considerando-se 90 % do volume escavado destinado ao estoque e 10% com aplicação direta nas praças de compactação. Nessa rubrica também foram considerados os serviços de “pré-fissuramento”, em uma área correspondente a 0,05 do volume de rocha escavada.
 - **12.19.30.13 – Tratamento de Fundações:** Este serviço se refere à limpeza de superfície da rocha para fundação. Envolve as operações de retirada da rocha solta e detritos, acerto dos desníveis, drenagem das superfícies, limpeza da área, obturação das falhas e preparo final da superfície com concreto de regularização e de preenchimento das cavidades (espessura média de 0,2 m).
 - **12.19.30.24 – Aterro Compactado:** Corresponde aos serviços de obtenção; carga e transporte; lançamento/espalhamento e de compactação de solo, nas barragens. Foi considerado que o volume do material é proveniente de escavações obrigatórias.
 - **12.19.30.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); à respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e à descarga no silo. Foi considerada a taxa de consumo igual a 350 kg/m³.
 - **12.19.30.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e acabamento; tratamento de juntas de construção; aquisição, manuseio, confecção, preparação de forma (incluindo todas as instalações de carpintaria); transporte, montagem e desmontagem (após a cura do concreto) da forma; escoramentos e cimbramentos; controle da qualidade (incluindo os laboratórios para ensaios de concreto; cimento e armadura).

- **12.19.30.14.15 – Armadura:** Esta composição abrange todas as composições necessárias para a execução da armação diretamente nas formas: fornecimento, arrumação e manuseio no pátio de armação; preparo na central de armação; transporte, lançamento e fixação das armaduras nas formas. A taxa média de consumo de armadura foi de 60 kg/m³.
- **12.19.31.32.20 – Revestimento em Geomembrana PEAD:** Esta composição abrange os custos de aquisição de geomembrana de PEAD com espessura de 1,5mm e ambas as faces lisas, bem como os serviços relativos à descarga, estoque, instalação e controle de qualidade.
- **12.19.31.32.21 – Revestimento em Geotêxtil:** Esta composição abrange os custos de aquisição de geotêxtil não tecido RT-16 para aplicação sob a geomembrana de PEAD e RT-10 para aplicação nas trincheiras da drenagem subsuperficial, bem como os serviços relativos à descarga, estoque, instalação e controle de qualidade.
- **12.19.31.13.22 – Transições / Filtros:** Para as transições, foram considerados os serviços correspondentes à produção de brita, a partir de rocha no estoque; à formação de estoques nos pátios; à carga e ao transporte; ao lançamento/espalhamento e à compactação desse material.

Para os filtros, foram consideradas as atividades referentes à obtenção, beneficiamento e formação de estoques de areia lavada nos pátios e à carga, ao transporte, ao lançamento/espalhamento e à compactação desse material nas barragens.
- **12.19.31.32.23 – Tubulação de Drenagem PEAD:** Esta composição abrange os custos de aquisição de tubulação de PEAD corrugada perfurada para drenagem com diâmetro de 250mm e conexões, bem como os serviços relativos à descarga, estoque, instalação e controle de qualidade.
- **Conduto Forçado:**
 - **12.19.34.12.10 – Escavação Comum:** Calculado considerando-se 2/3 do volume como escavação em solo e 1/3, como escavação com escarificação. Para a escavação comum, 20% do volume foi considerado com aplicação direta na área de compactação e 80% em áreas de bota-fora.
 - **12.19.34.12.11– Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Calculado considerando-se 90% do volume escavado destinado ao estoque e 10% com aplicação direta nas praças de compactação. Nessa rubrica também foram considerados os serviços de “pré-fissuramento”, em uma área correspondente a 0,05 do volume de rocha escavada.
 - **12.19.34.13 – Tratamento de Fundações:** Este serviço se refere à limpeza de superfície da rocha para fundação. Envolve as operações de retirada da rocha solta e detritos, acerto dos desníveis, drenagem das superfícies, limpeza da área, obturação das falhas e preparo final da superfície com concreto de regularização e de preenchimento das cavidades (espessura média de 0,2 m).
 - **12.19.34.14.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); à respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e à descarga no silo. Foi considerada a taxa de consumo igual a 350 kg/m³.
 - **12.19.34.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento e adensamento do concreto; cura, reparo de falhas de concretagem e acabamento; tratamento de juntas de construção; aquisição, manuseio, confecção, preparação de forma (incluindo todas as instalações de carpintaria); transporte, montagem e desmontagem (após

a cura do concreto) da forma; escoramentos e cimbramentos; controle da qualidade (incluindo os laboratórios para ensaios de concreto; cimento e armadura).

- **12.19.34.14.15 – Armadura:** Esta composição abrange todas as composições necessárias para a execução da armação diretamente nas formas: fornecimento, arrumação e manuseio no pátio de armação; preparo na central de armação; transporte, lançamento e fixação das armaduras nas formas. A taxa média de consumo de armadura foi de 50 kg/m³.
- **Canal de Fuga:**
 - **12.19.35.12.10 – Escavação Comum (Canal de Fuga):** Calculado considerando-se 2/3 do volume como escavação em solo e 1/3, como escavação com escarificação. Para a escavação comum, 50% do volume foi considerado com aplicação direta na área de compactação e 50% destinado para Calculado considerando-se 50% do volume com aplicação direta na área de compactação e 50% em áreas de bota-fora.
 - **12.19.35.12.11 – Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Calculado considerando-se 90% do volume escavado destinado ao estoque e 10% com aplicação direta nas praças de compactação. Nessa rubrica não foram considerados serviços de “pré-fissuramento”.
 - **12.19.34.12.13 – Cimento:** Este serviço se refere ao fornecimento a granel do cimento (90%) e da pozolana (10%); à respectiva mão-de-obra auxiliar para o manuseio e à descarga no silo. Foi considerada a taxa de consumo igual a 450 kg/m³.
 - **12.19.34.14.14 – Concreto sem cimento:** Este serviço inclui o processamento de rocha para produção de brita e areia artificial, a partir dos estoques; separação, armazenagem e transporte de brita e areia até a boca da central; transporte interno do depósito ou silo até a boca da central de aglomerante; preparo da mistura com utilização das instalações de central de concreto; tratamento de agregado (refrigeração); fornecimento de água de amassamento e/ou gelo; transporte, lançamento do concreto. Para concreto projetado em taludes foram considerados também os custos de execução de malha de chumbadores 1,5 x 1,5m e 4 metros de comprimento e barbacãs.
 - **12.27.98. Eventuais da Conta. 12 – Obras Civis:** Para essa rubrica foi considerado um percentual igual a 8,0% do subtotal da conta.

A Tabela 8-1 apresenta os resultados dos custos unitários atualizados para a data de referência dos estudos.

Tabela 8-1: Obras Civis – Preços Unitários (junho/2021)

Atividade	Unidade	Preços Unitários (R\$)
Casa de Força		
11.13.00.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
11.13.00.12.11 - Escavação em rocha a céu aberto	m ³	36,00
11.13.00.13 - Limpeza e tratamento de fundação	m ²	115,00
11.13.00.14.13 - Cimento	t	650,00
11.13.00.14.14a - Concreto convencional sem cimento	m ³	630,00
11.13.00.14.14b - Concreto massa sem cimento	m ³	390,00
11.13.00.14.14c - Concreto projetado sem cimento	m ³	3.800,00
11.13.00.14.15 - Armadura	t	9.000,00
Ensecadeiras		

Atividade	Unidade	Preços Unitários (R\$)
12.16.22.19.10 - Solo lançado	m ³	15,00
12.16.22.19.11 - Enrocamento lançado	m ³	100,00
12.16.22.19.12 - Transições e filtros	m ³	100,00
12.16.22.21 - Remoção de ensecadeiras	m ³	16,00
Canal ou Galeria / Adufas de Desvio		
12.16.24.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
12.16.24.12.11 - Escavação em rocha a céu aberto	m ³	36,00
12.16.24.13 - Limpeza da fundação	m ²	180,00
12.16.24.14.13 - Cimento	t	650,00
12.16.24.14.14a - Concreto convencional sem cimento	m ³	750,00
12.16.24.14.14b - Concreto massa sem cimento	m ³	390,00
12.16.24.14.14c - Concreto projetado sem cimento	m ³	3.800,00
12.16.24.14.15 - Armadura	t	9.000,00
Barragem de Terra e Enrocamento		
12.17.25.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
12.17.25.13 - Limpeza da fundação	m ²	90,00
12.17.25.24 - Aterro compactado	m ³	18,00
12.17.25.26 - Núcleo de argila	m ³	26,00
12.17.25.29 - Transições e filtros	m ³	100,00
12.17.25.32.19 - Talude em grama	m ²	10,00
12.17.25.14.13 - Cimento	t	650,00
12.17.25.14.14 - Concreto convencional sem cimento	m ³	450,00
Barragem de Concreto		
12.17.26.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
12.17.26.13 - Limpeza da fundação	m ²	250,00
12.17.26.14.13 - Cimento	t	650,00
12.17.26.14.14 - Concreto massa sem cimento	m ³	465,00
Muros de Concreto		
12.17.27.13 - Limpeza da fundação	m ²	145,00
12.17.27.14.13 - Cimento	t	650,00
12.17.27.14.14 - Concreto massa sem cimento	m ³	500,00
Vertedouro		
12.18.28.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
12.18.28.13 - Limpeza da fundação	m ²	200,00
12.17.28.14.13 - Cimento	t	650,00
12.17.28.14.14 - Concreto massa sem cimento	m ³	460,00

Atividade	Unidade	Preços Unitários (R\$)
Estrutura de Controle		
12.19.30.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
12.19.30.12.11 - Escavação em rocha a céu aberto	m ³	36,00
12.19.30.13 - Limpeza da fundação	m ²	220,00
12.19.30.14.13 - Cimento	t	650,00
12.19.30.14.14 - Concreto convencional sem cimento	m ³	810,00
12.19.30.14.15 - Armadura	t	9.000,00
Canal de Adução		
12.19.31.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
12.19.31.24 - Aterro compactado	m ³	12,00
12.19.31.14.13 - Cimento	t	650,00
12.19.31.14.14 - Concreto convencional sem cimento	m ³	450,00
12.19.31.14.15 - Armadura	t	9.000,00
12.19.31.32.20 - Revestimento em geomembrana de PEAD	m ²	35,00
12.19.31.32.21 - Revestimento em geotêxtil	m ²	10,00
12.19.31.32.22 - Transições e filtros	m ³	100,00
12.19.31.32.23 - Tubulação de drenagem em PEAD	m	120,00
Câmara de Carga e Tomada d'Água		
12.19.30.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
12.19.30.12.11 - Escavação em rocha a céu aberto	m ³	36,00
12.19.30.24 - Aterro compactado	m ³	12,00
12.19.30.13 - Limpeza da fundação	m ²	115,00
12.19.30.14.13 - Cimento	t	650,00
12.19.30.14.14 - Concreto convencional sem cimento	m ³	750,00
12.19.30.14.15 - Armadura	t	9.000,00
12.19.30.32.20 - Revestimento em geomembrana de PEAD	m ²	35,00
12.19.30.32.21 - Revestimento em geotêxtil	m ²	10,00
12.19.30.32.22 - Transições e filtros	m ³	100,00
12.19.30.32.23 - Tubulação de drenagem em PEAD	m	120,00
Conduto Forçado		
12.19.34.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
12.19.34.12.11 - Escavação em rocha a céu aberto	m ³	36,00
12.19.34.13 - Limpeza da fundação	m ²	115,00
12.19.34.14.13 - Cimento	t	650,00
12.19.34.14.14 - Concreto convencional sem cimento	m ³	710,00
12.19.34.14.15 - Armadura	t	9.000,00

Atividade	Unidade	Preços Unitários (R\$)
Canal de Fuga		
12.19.35.12.10 - Escavação comum	m ³	12,00
12.19.35.12.11 - Escavação em rocha a céu aberto	m ³	36,00
12.19.35.14.13 - Cimento	t	650,00
12.19.35.14.14 - Concreto projetado sem cimento	m ³	3.800,00

8.2. Equipamentos Eletromecânicos

Nas estimativas de preços dos equipamentos eletromecânicos, principais e auxiliares, foi utilizado banco de dados elaborado a partir de obras similares, complementadas por consultas informais a fabricantes e fornecedores especializados.

O item Equipamentos Diversos da Usina – Conta .15, devido a sua difícil caracterização nesta fase de estudos, foi estimado conforme sugerido pelo Manual de Inventário, como um percentual de 6% dos custos referentes a Turbinas e Geradores.

Relativamente às rubricas referentes a Custos Eventuais de Equipamentos, foram previstos percentuais sobre o valor das respectivas contas.

8.3. Custos Indiretos e Juros Durante a Construção

Para a composição dos Custos Indiretos (conta .17), foram admitidas as seguintes alíquotas:

- Construção do Canteiro e Acampamento..... 3,0% do total das contas .11 a .16
- Engenharia..... 3,0% do total das contas .11 a .16
- Projetos ambientais5,0% do total da conta .10
- Administração do Proprietário 3,5% do total das contas .10 a .16
- Eventuais 8,0% sobre os itens que compõem a conta .17

Para a conta .18: Juros Durante a Construção (JDC) foram considerados os procedimentos propostos pelo Manual de Inventário, estimados a partir do fluxo de despesas previsto no planejamento executivo da obra, para uma taxa de juros de 10% ao ano.

9. DIMENSIONAMENTOS HIDRÁULICOS

Para dar suporte ao detalhamento dos estudos de projeto básico em tela, foram desenvolvidos estudos hidráulicos básicos, de acordo com as diretrizes e critérios de dimensionamento preconizados nas “Diretrizes para Elaboração de Projeto Básico de Usinas Hidrelétricas” e nos “Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas” – MME/Eletróbrás.

Os dimensionamentos hidráulicos foram obtidos das planilhas de dimensionamento das estruturas componentes dos arranjos implantados sobre o modelo digital de terreno, resultante dos levantamentos topográficos.

Foram desenvolvidos estudos hidráulicos para as estruturas de desvio, de extravasão, de adução e de geração, cujos critérios, condições de contorno e rotinas de cálculo adotadas são explicadas detalhadamente nos itens que se seguem.

9.1. Estruturas de Desvio

A partir dos dados e estudos hidrológicos atualizados, o sistema e estruturas de desvio foram concebidos e dimensionados para garantir a passagem de vazões com recorrência de até 25 anos, no ano hidrológico completo.

Para a execução das obras previstas na alternativa de arranjo geral das estruturas foram configuradas duas fases de desvio do rio.

No desvio de primeira fase, as estruturas e áreas em construção serão protegidas por septos do terreno natural (solo remanescente).

Para a continuidade das obras no leito e seus trechos adjacentes, a segunda fase de desvio será caracterizada pela execução de ensecadeiras, montante e jusante, de forma a direcionar o fluxo para as estruturas de desvio. O fluxo, então, será desviado para adufas, incorporadas ao barramento e executadas em concreto armado.

Os itens que se seguem apresentam a metodologia e a rotina de cálculo para o dimensionamento do desvio do rio, considerando as configurações admitidas no arranjo geral das estruturas.

9.1.1. Desvio de Primeira Fase

O dimensionamento do desvio de primeira fase será dividido em três etapas:

1. Determinação das características do regime crítico na saída do canal;
2. Determinação das características do regime natural do rio na saída do canal;
3. Definição do regime do escoamento.

A Figura 9-1 ilustra de forma esquemática a metodologia proposta para o dimensionamento do desvio de primeira etapa.

Sejam os seguintes parâmetros básicos para dimensionamento:

- El_s Cota média do fundo do rio na seção imediatamente a jusante do canal;
- El_{ec} Cota média do fundo do canal na seção de entrada;
- El_{sc} Cota média do fundo do canal na seção de saída;
- B_s Largura do rio na seção imediatamente a jusante do canal;

- B_{ec} Largura do canal na seção de entrada;
- B_{sc} Largura do canal na seção de saída;
- L_{cd} Comprimento do canal;
- Q_k Vazão de projeto do desvio para tempo de recorrência de k anos;
- NA_{dcn} Nível de água natural no rio na seção imediatamente a jusante do canal para vazão Q_k ;
- Tipo* Canal com estrangulamento da seção com fundo irregular.

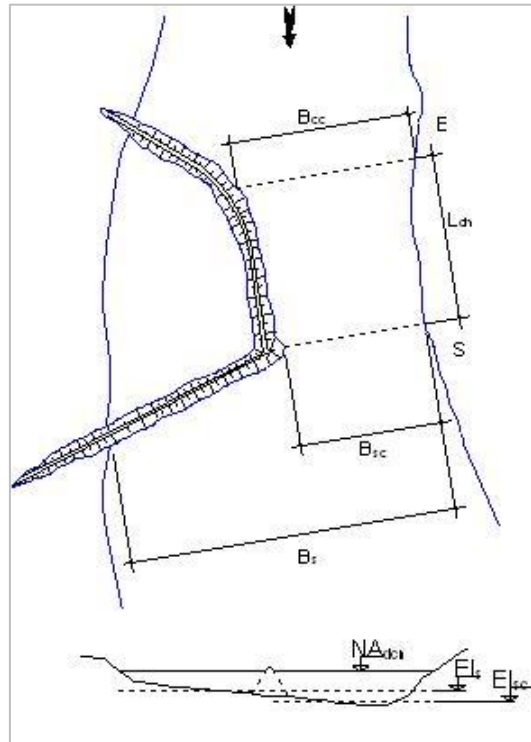


Figura 9-1: Planta e seção transversal típica de canal de desvio

Inicialmente é calculada a profundidade crítica da lâmina d'água na seção de saída do canal (Y_{cs}) por meio da seguinte equação:

$$Y_{cs} = \sqrt[3]{\frac{1}{g} \left(\frac{Q_k}{B_{cs}} \right)^2}$$

Onde:

- Q_k Vazão de projeto do desvio para o tempo de recorrência adequadamente selecionado (25 anos, período total), em m^3/s ;
- B_{cs} Largura do canal na seção de saída, em metros;
- g Aceleração da gravidade, em m/s^2 .

A velocidade crítica na seção de saída do canal (V_{cs}) é dada pela seguinte equação:

$$V_{cs} = \frac{Q_k}{B_{sc} Y_{cs}}$$

Diante disso, pode-se calcular a declividade da linha de energia (i_{cs}), a altura de energia na seção de saída do canal (E_{cs}) e também o nível d'água crítico na seção de saída do canal (NA_{cs}), por meio das seguintes expressões:

$$i_{cs} = 100 \frac{n^2 V_{cs}^2}{Y_{cs}^{4/3}}$$

$$E_{cs} = NA_{cs} + \frac{V_{cs}^2}{2g}$$

$$NA_{cs} = El_{cs} + Y_{cs}$$

Onde:

n Coeficiente de rugosidade que depende do tipo de leito em estudo. Para canal escavado em solo, adota-se 0,025; para canal escavado em rocha, 0,035 e para estrangulamento com fundo irregular, o valor a ser adotado é 0,040;

El_{cs} Cota média do fundo do canal na seção de saída, medida em metros.

Feito isso, serão calculadas a profundidade da lâmina d'água (Y_s), a declividade da linha de energia (i_s) e a altura de energia (E_{dcn}) considerando o regime natural do rio na saída do canal. Para tanto, será utilizada a seguinte formulação:

$$Y_s = NA_{dcn} - El_s$$

$$V_s = \frac{Q_k}{B_s Y_s}$$

$$i_s = 100 \frac{n^2 V_s^2}{Y_s^{4/3}}$$

$$E_{dcn} = NA_{dcn} + \frac{V_s^2}{2g}$$

Onde:

NA_{dcn} Nível d'água natural no rio na seção imediatamente a jusante do canal para a vazão Q_k , medido em metros;

El_s Cota média do fundo do rio na seção imediatamente a jusante do canal, medida em metros;

B_s Largura do rio na seção imediatamente a jusante do canal, medida em metros.

Para a definição do regime do escoamento e também dos níveis d'água a montante e a jusante da enseada de primeira fase (NA_{dm} e NA_{dl}) deverão ser considerados os seguintes casos:

1. Caso 1 – Se $i_s < i_{cs}$ e $E_{dcn} < E_{cs}$, o regime de escoamento será subcrítico com controle não afogado;
2. Caso 2 – Se $i_s < i_{cs}$ e $E_{dcn} \geq E_{cs}$, o regime de escoamento será subcrítico com controle afogado;
3. Caso 3 – Se $i_s \geq i_{cs}$, o regime de escoamento será crítico e supercrítico.

As equações de cálculo dos níveis d'água a serem aplicadas em cada caso acima identificado são as seguintes:

CASO 1

$$NA_{dl} = El_{sc} + Y_n$$

$$NA_{dm} = E_{cs} + h_p$$

Onde:

$$Y_n = 1,25y_{cs}$$

$$h_p = L_{cd} \frac{n^2 V_n^2}{Y_n^{4/3}}$$

$$V_n = \frac{Q_k}{B_{mc} Y_n}$$

$$B_{mc} = \frac{B_{ec} + B_{sc}}{2}$$

CASO 2

$$NA_{dl} = NA_{dcn}$$

$$NA_{dm} = NA_{dcn} + h_p + h_{vn}$$

Onde:

$$h_p = L_{cd} \frac{n^2 V_n^2}{Y_n^{4/3}}$$

$$h_{vn} = \frac{V_n^2}{2g}$$

$$V_n = \frac{Q_k}{B_{mc} Y_n}$$

$$Y_n = E_{dcn} - \frac{V_n'^2}{2g} - El_{sc}$$

$$V_n' = \frac{B_s}{B_{mc}} V_s$$

CASO 3

$$NA_{dl} = NA_{cs} \text{ até } NA_{ce}(\text{variável})$$

$$NA_{dm} = E_{ce}$$

Onde:

$$NA_{ce} = El_{ec} + Y_{ce}$$

$$E_{ce} = NA_{ce} + h_{vce}$$

$$Y_{ce} = \sqrt[3]{\frac{1}{g} \left(\frac{Q_k}{B_{ec}} \right)^2}$$

$$h_{vce} = \frac{V_{ce}^2}{2g}$$
$$V_{ce} = \frac{Q_k}{B_{ec}Y_{ce}}$$

9.1.2. Desvio de Segunda Fase

Na segunda fase do desvio do rio o fluxo será desviado para adufas incorporadas ao barramento e executadas em concreto armado convencional.

O dimensionamento dessas estruturas de desvio foi feito de acordo com os procedimentos previstos no “Hydraulic Design Criteria”, editado pelo “U.S. Corp of Engineers”, complementado por simulações de remanso, nos canais de aproximação e restituição, com a aplicação do modelo HEC-RAS.

Será apresentada a seguir uma breve metodologia da rotina de cálculo utilizada no dimensionamento da segunda fase do desvio do rio.

Para a solução de desvio por adufas, inicialmente são fixadas suas dimensões geométricas, ou seja, B_{1ad} (largura de uma adufa, em metros) e H_{ad} (altura das adufas). Aqui se deve observar o atendimento à seguinte inequação:

$$H_{ad} \leq 3,1B_{1ad}$$

Com base em relações empíricas e em função da vazão de dimensionamento correspondente ao período de exposição das estruturas de desvio ($Q_k, T_r = 25$ anos, período completo, em m^3/s), define-se também o número de adufas (N_{ad}) utilizadas no desvio de segunda etapa do rio.

Dessa forma, calcula-se a velocidade média do escoamento (V_a , em m/s). A equação seguinte ilustra esse cálculo:

$$V_a = \frac{Q_k}{N_{ad}B_{1ad}H_{ad}}$$

Ressalta-se que a velocidade média do escoamento deverá ser necessariamente inferior a 15,0 m/s, adotando-se, preferencialmente, um valor próximo a 5,0 m/s, com o objetivo de se garantir maior segurança durante a operação de desvio do rio por essas estruturas.

A espessura dos pilares entre as adufas (e_{pl} , em metros) foi fixada em 1,5 m e a espessura dos pilares extremos das adufas (e'_{pl} , em metros), 1,0 m.

Sendo assim, a largura total das adufas (B_{ad}) pode ser calculada pela expressão abaixo indicada.

$$B_{ad} = (N_{ad}B_{1ad}) + (N_{ad} - 1)e_{pl} + 2e'_{pl}$$

Feita toda a caracterização geométrica do conjunto de adufas de desvio, passa-se então ao cálculo do nível d'água junto à ensecadeira de montante, para definição de sua cota de elevação. Para tanto, faz-se necessária uma verificação do afogamento na saída das adufas de desvio.

Caso haja verificação da inequação que se segue, o escoamento na saída das adufas será afogado.

$$E_{dcr} \geq E_{ad}$$

Sendo:

$$E_{dcr} = NA_{dcr} + \frac{V_{cr}^2}{2g}$$

$$V_{cr} = \frac{Q_k}{B_{ad}(NA_{dcr} - El_{cr})}$$
$$E_{ad} = El_{ca} + H_{ad} + \frac{V_a^2}{2g}$$

Onde:

- E_{dcr} Altura da linha de energia no canal de restituição das adufas, em metros;
- NA_{dcr} Nível d'água no canal de restituição das adufas para a vazão de projeto de desvio, em metros;
- V_{cr} Velocidade média do escoamento no canal de restituição, em m/s;
- El_{cr} Cota do fundo do canal de restituição do desvio, em metros;
- E_{ad} Altura da linha de energia na saída das adufas, em metros;
- El_{ca} Cota do fundo do canal de aproximação às adufas do desvio, em metros.

Portanto, para saída da adufa afogada, o nível d'água junto à ensecadeira de montante (NA_{dm}) é dado pela equação que se segue.

$$NA_{dm} = E_{dcr} + h_p$$

Sendo:

$$h_p = 0,2 \frac{V_a^2}{2g} + L_{desvio} \frac{n^2 V_a^2}{R_h^{4/3}}$$
$$R_h = \frac{B_{1ad} H_{ad}}{2(B_{1ad} + H_{ad})}$$
$$n = 0,010$$

Onde:

- h_p Perda de carga ao longo da adufa de desvio;
- R_h Raio hidráulico de uma abertura das adufas;
- n Coeficiente de Manning;
- L_{desvio} Comprimento da estrutura de desvio.

Para saída da adufa em jato livre, o nível d'água junto à ensecadeira de montante (NA_{dm}) é dado pela equação que se segue.

$$NA_{dm} = El_{ca} + H$$

Sendo:

$$H = K_H H_{ad}$$

Onde:

$$K_H = 0,018K_Q^3 - 0,132K_Q^2 + 0,688K_Q + 0,18$$

Na equação anterior, empírica, K_Q é um coeficiente variável para dimensionamento das adufas. Inicialmente seu valor será considerado 3,20.

Para atender às restrições de largura ou de altura mínimas, pode-se diminuir o coeficiente K_Q .

Para atender à limitação de velocidade pode-se aumentar a largura ou o número de aberturas ou ainda diminuir o coeficiente K_Q .

De qualquer forma, quando de qualquer alteração no dimensionamento, a seguinte relação deverá ser respeitada:

$$K_Q N_{ad} B_{1ad} H_{ad}^{3/2} = Q_k$$

Para que a adufa seja eficiente, ou seja, trabalhe afogada na entrada, deve ser respeitada a seguinte restrição para o coeficiente K_Q :

$$K_Q \geq 1,5$$

A adoção do coeficiente K_Q mais elevado resulta em adufas com dimensões menores e ensecadeiras de maior altura.

Diante do exposto anteriormente, fica definido o nível d'água junto à ensecadeira de montante e assim a sua cota de coroamento, admitida 1,0 m acima do NA_{dm} .

Para definição do nível d'água junto à ensecadeira de jusante (NA_{jm}) e sua cota de coroamento, admitida 1,0 m acima do NA_{jm} , utiliza-se a curva-chave do canal de fuga.

9.2. Vertedouro

A capacidade de transposição de vazões de um vertedouro é calculada pela fórmula que se segue:

$$Q = CLH^{3/2}$$

Onde:

- Q Vazão vertida, medida em m^3/s ;
- L Largura efetiva do vertedouro, medida em metros;
- C Coeficiente que depende da forma da soleira;
- H Altura da linha de energia acima da crista da soleira, medida em metros.

O parâmetro L é igual à largura total L' do vertedouro, que pode compor-se de n vãos (n_v) separados entre si por pilares de espessura dimensionada, diminuída pela largura da contração lateral do jato d'água, quando tratar-se de um vertedouro controlado por comportas ou simplesmente o parâmetro L do vertedouro quando tratar-se de um vertedouro de soleira livre. O coeficiente de contração K depende da forma dos pilares.

Sendo assim:

$$Q = (L' - KH)CH^{3/2}$$
$$L' = n_v L_0$$
$$K = 2(n_p K_p + K_a)$$

O coeficiente C nestas equações depende:

- Da forma da soleira;
- De sua altura sobre o fundo da adução;

- Da inclinação de sua frente de montante;
- Do nível d'água de jusante;
- Da velocidade d'água a jusante.

Os diagramas representados na Figura 9-2 até a Figura 9-5 (“Design of Small Dams”) foram utilizados para a fixação do valor do coeficiente C .

A Figura 9-2 indica o valor C_0 , para soleira com frente vertical, que representa a forma base do vertedouro. Já a Figura 9-3 corrige o coeficiente de descarga inicial para soleiras com frentes inclinadas (C_i/C_v).

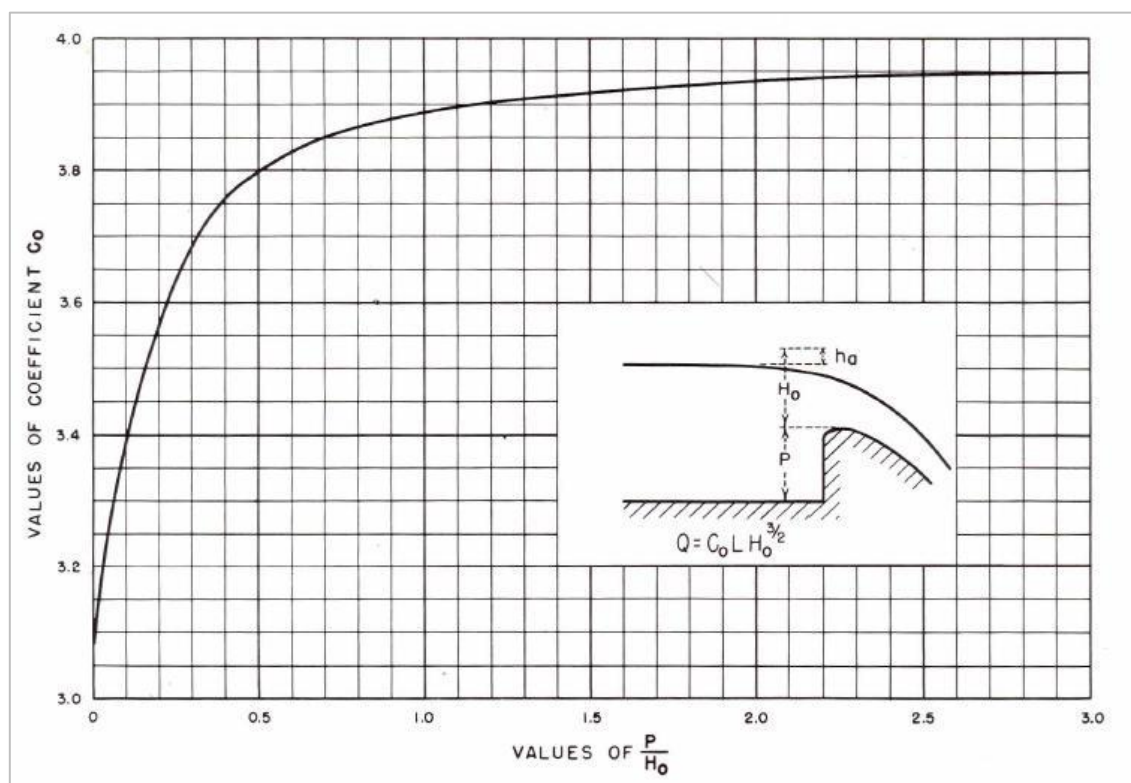


Figura 9-2: Coeficiente de descarga para vertedouro com ogiva de paramento vertical

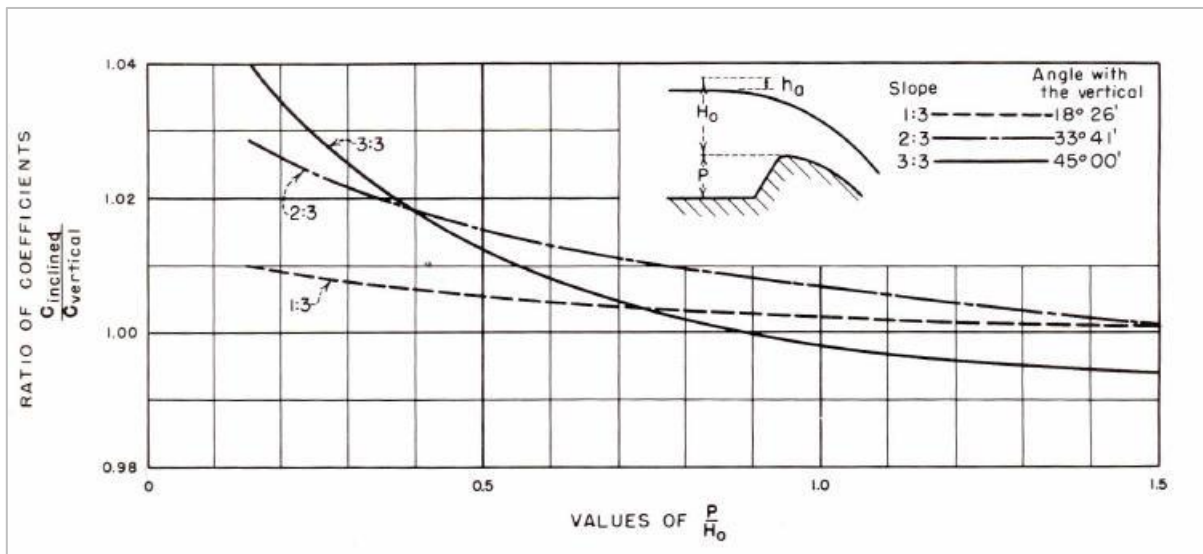


Figura 9-3: Correção do coeficiente de descarga para vertedouro com ogiva de paramento inclinado

A Figura 9-4 mostra as correções do coeficiente de descarga para o caso da linha energética efetiva não coincidir com aquela para qual a forma da soleira foi desenhada.

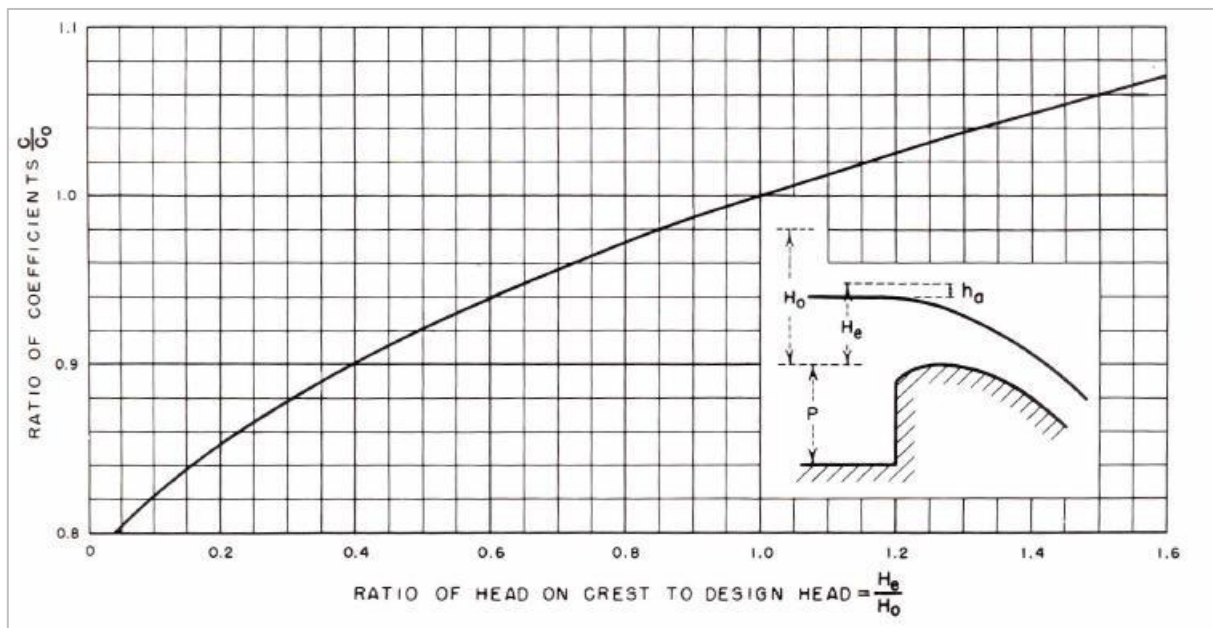


Figura 9-4: Correção do coeficiente de descarga para vertedouro submetido a cargas diferentes da carga de projeto

Esses diagramas indicam o valor do coeficiente de descarga, sem levar em conta a influência da altura do nível d'água de jusante, que deve ser verificada utilizando-se a Figura 9-5.

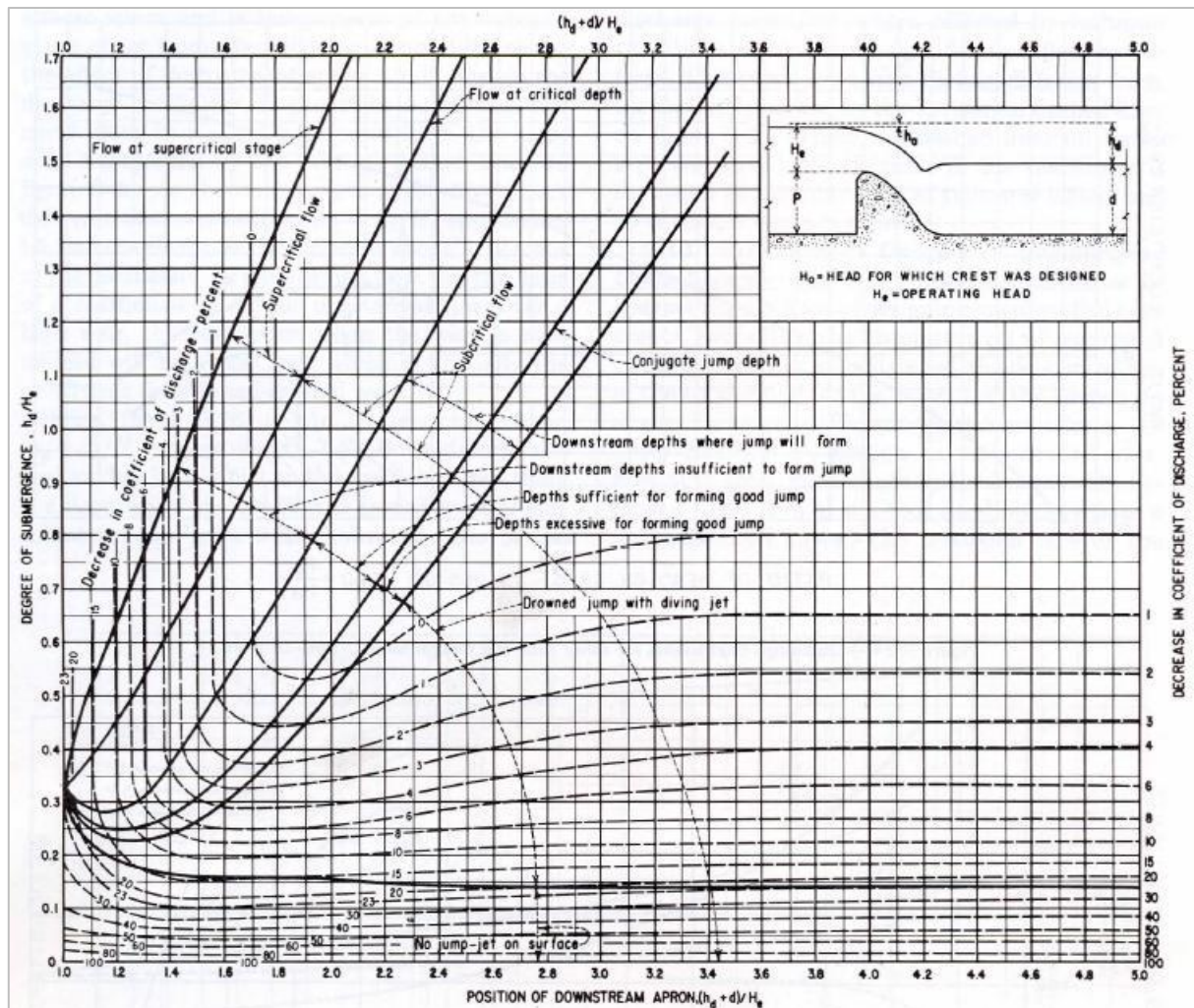


Figura 9-5: Correção do coeficiente de descarga para vertedouro sob a influência do nível d'água de jusante

Nos estudos para definição do arranjo geral das estruturas do barramento, o vertedouro foi previsto para ser implantado com soleira livre, paramento de jusante em escada para dissipação de parte da energia do fluxo vertido e uma pequena bacia revestida com concreto convencional para dissipação da energia remanescente do paramento em escada.

O vertedouro foi dimensionado para a vazão milenar, sendo a borda livre fixada em função do resultado desse dimensionamento e da verificação do comportamento da estrutura em operação considerando a passagem da cheia decamilenar.

Os coeficientes de descarga adotados referem-se a uma estrutura vertente perpendicular ao fluxo, ou seja, a um vertedouro de soleira convencional. Concepções não usuais tenderiam a reduzir a capacidade de descarga do vertedouro, por meio da redução desse coeficiente de descarga.

Na definição da estrutura, a ogiva, constituída por um perfil tipo "Creager", foi projetada para a passagem da vazão de projeto, de modo a introduzir sobrelevação do nível d'água máximo normal ($NA_{m\acute{a}x}$) do reservatório. Nesses dimensionamentos foram levadas em consideração as condições de aproximação e de restituição e as perdas de carga introduzidas pelos muros laterais.

O dimensionamento da soleira vertente foi realizado com a aplicação de algoritmos e coeficientes preconizados no “Hydraulic Design Criteria” (HDC), editado pelo “U. S. Corp of Engineers” e o sistema de dissipação de energia dimensionado de acordo com a publicação “Design of Stepped Spillways and Downstream Energy Dissipators” e o HDC.

A estrutura vertente, sem controle de vazões, foi concebida com seção do tipo gravidade e prevista sua execução, na sua maior parte, em concreto-massa. Seu paramento de montante foi previsto inclinado na proporção de $0,30(H):1,00(V)$, com o objetivo de tornar a estrutura estável quanto à flutuação, tombamento e escorregamento. O paramento de jusante, previsto com degraus para dissipação de parte da energia do fluxo vertido, apresenta inclinação resultante de $0,85(H):1,00(V)$.

Ambos os paramentos do vertedouro serão revestidos por Concreto Convencional (CC), a fim de mitigar a percolação de água através da estrutura.

A energia remanescente do fluxo no paramento em escada deverá ser dissipada por ressalto hidráulico em bacia protegida por laje e por muros de concreto. O dimensionamento das estruturas de dissipação de energia foi efetuado para a vazão centenária e verificado o seu bom funcionamento para diversas vazões representativas, com ênfase para a vazão milenar.

A Figura 9-6 ilustra a definição do gabarito hidráulico para os vertedouros estudados.

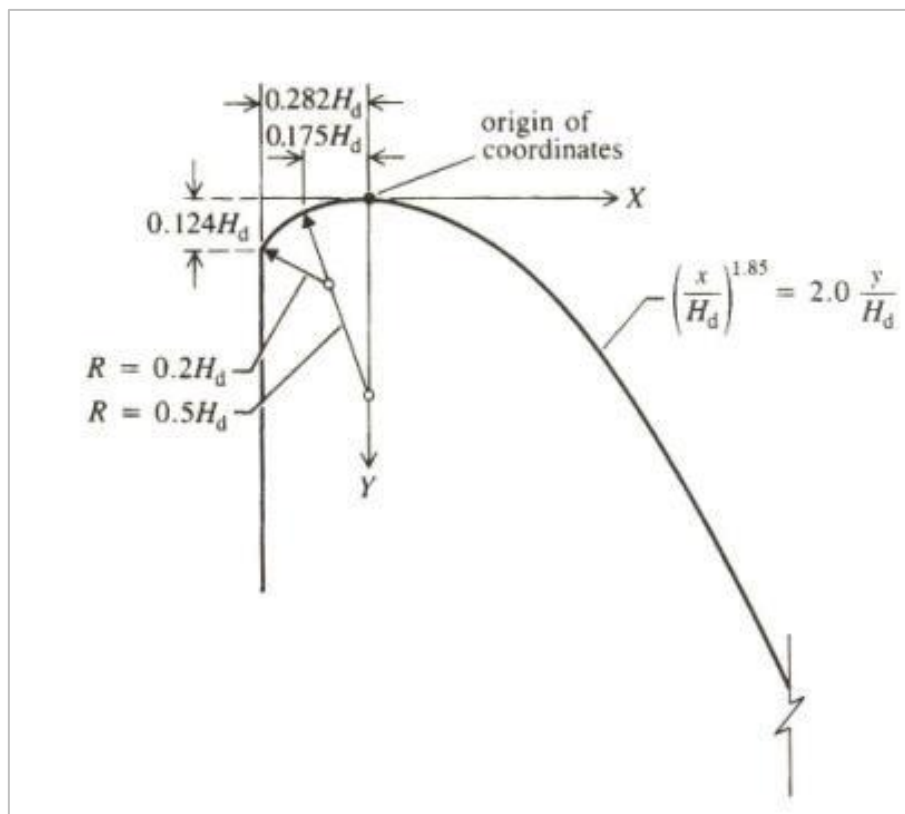


Figura 9-6: Gabarito hidráulico para vertedouro de soleira livre – definição do perfil Creager

A Figura 9-7 apresenta a definição do paramento de jusante tipo escada, com inclinação resultante de $0,85(H):1,00(V)$.

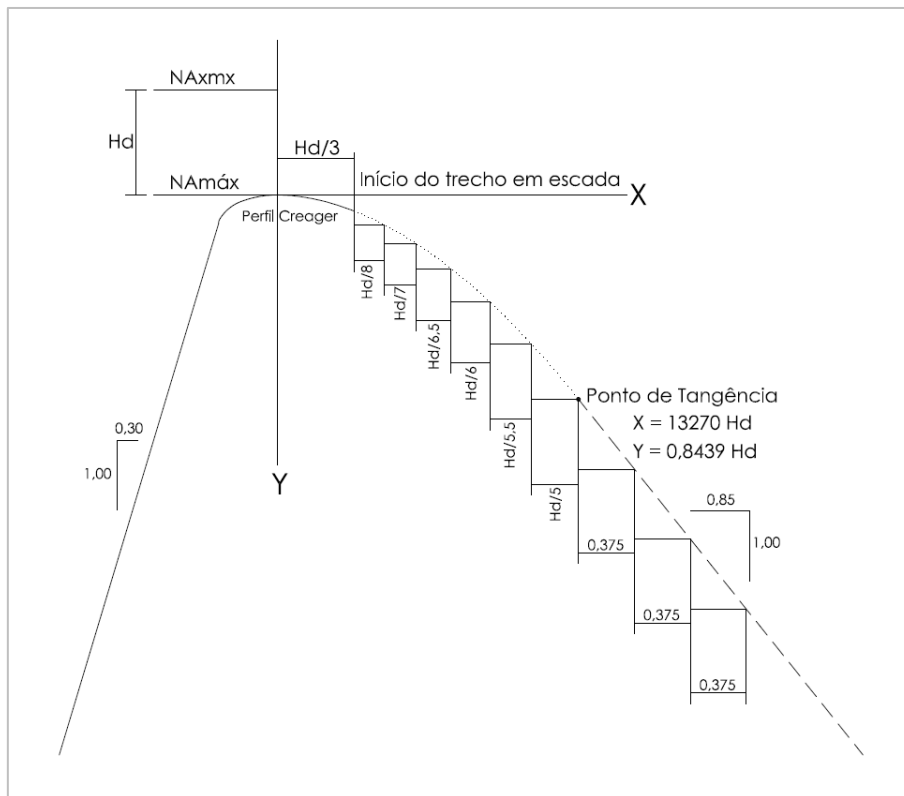


Figura 9-7: Vertedouro de soleira livre com paramento de jusante em escada – definição das dimensões dos degraus

9.3. Circuitos de Adução

O circuito de adução compõe-se de estrutura de controle, canal de adução, câmara de carga, tomada d'água, conduto forçado, casa de força e canal de fuga.

O dimensionamento do circuito foi feito para garantir a passagem da vazão máxima turbinada, com velocidade controlada na área bruta das grades, velocidades compatíveis com as aberturas das comportas de emergência e transição suave para o conduto.

O afogamento mínimo das grades e aberturas das comportas foi feito de acordo com o critério de Gordon, admitindo-se condições de aproximação assimétricas.

Para o conjunto circuito de adução e turbinas, foram feitas verificações das condições de estabilidade do sistema, para casos de abertura/fechamento bruscos das turbinas e a inércia dos condutos.

As perdas de carga foram determinadas por meio da fórmula universal, para perdas distribuídas, e coeficientes específicos, para perdas localizadas, de acordo com parâmetros recomendados no HDC e em literatura especializada.

Os itens subsequentes apresentam os critérios e equações utilizadas para o cálculo das perdas de carga no circuito e para os dimensionamentos gerais.

9.3.1. Dimensionamento da tomada d'água

A submergência da tomada d'água, tanto na entrada da grade como na comporta vagão, foi verificada de acordo com os critérios de Gordon:

$$h_s \geq 0,7v\sqrt{H}$$

Onde v é a velocidade na entrada da grade ou na seção da comporta, e H é a altura da grade ou da comporta.

O coeficiente 0,7 foi utilizado para entrada lateral, e não frontal, de forma conservadora.

9.3.2. Dimensionamento do conduto forçado

Os condutos foram dimensionados para a garantia de regulação do circuito de adução e para garantia da condição autoportante.

Para a verificação de regulação do circuito de alta pressão, foi estimada a constante de aceleração do escoamento (t_h) no circuito de alta pressão, de acordo com a seguinte relação:

$$t_h = \frac{v_{tn}L_{tn}}{gH_b}$$

onde v_{tn} é a velocidade do escoamento no conduto forçado e L_{tn} , o seu comprimento, e $t_h \leq 3,0$ s.

9.3.3. Cálculo das perdas de carga no circuito de adução

Este item apresenta os critérios adotados para o levantamento das curvas de perda de carga no circuito de geração da usina, desde a tomada d'água até a entrada das turbinas.

As perdas de carga no circuito de geração foram calculadas pela seguinte equação:

$$h_p = h_d + h_l$$

Onde

- h_p : perdas de carga no circuito de adução, em m.c.a.;
- h_d : perdas de carga distribuídas, em m.c.a.;
- h_l : perdas de carga localizadas, em m.c.a..

9.3.3.1. Perdas de carga distribuídas no canal de adução

As perdas de carga distribuídas no canal de adução (h_{d-ca}) foram calculadas por meio da seguinte equação:

$$h_d = \frac{Ln^2v^2}{R_h^{4/3}}$$

Onde

- L : comprimento do trecho, em m;
- n : número de Manning;
- v : velocidade no trecho, em m/s;
- R_h : raio hidráulico, em m.

O seguinte número de Manning foi adotado:

- Escoamento em manta PEAD0,014

O raio hidráulico (R_h), por sua vez, foi calculado por meio da seguinte relação:

$$R_h = \frac{A_m}{P_m}$$

Onde

A_m : área molhada, em m²;

P_m : perímetro molhado, em m.

9.3.3.2. Perdas de carga distribuídas no conduto forçado

As perdas de carga distribuídas foram estimadas de acordo com a fórmula universal, representada pela seguinte relação:

$$h_d = \lambda \frac{L}{d_{eq}} \frac{v^2}{2g}$$

Onde

λ : coeficiente de perda de carga;

L : comprimento do trecho, em m;

d_{eq} : diâmetro equivalente no trecho, em m;

v : velocidade no trecho, em m/s;

g : aceleração da gravidade no local, assumida como 9,7803 m/s².

O coeficiente de perda de carga, λ , é dado pelas seguintes relações:

$$\lambda = \frac{64}{Re}, \text{ se } Re \leq 2400$$

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}}, \text{ se } 4000 \leq Re \leq \frac{23}{\varepsilon/d}$$

$$\lambda = \frac{1}{\left(1,8 \log \frac{Re}{Re_{10d} + 7}\right)^2}, \text{ se } \frac{23}{\varepsilon/d} \leq Re \leq \frac{560}{\varepsilon/d}$$

$$\lambda = \frac{1}{\left(2 \log \frac{3,7d}{\varepsilon}\right)^2}, \text{ se } Re \geq \frac{560}{\varepsilon/d}$$

Onde

Re : número de Reynolds;

ε : rugosidade absoluta, em mm.

Os seguintes valores de rugosidade absoluta foram utilizados:

- Aço..... 0,15 mm

- Concreto estrutural 2,00 mm

A velocidade no circuito de adução é dada pela relação abaixo:

$$v = \frac{4q_{turb}}{\pi d_{eq}^2}$$

Onde

q_{turb} : vazão turbinada unitária, em m³/s, pois os circuitos de geração das unidades serão independentes.

O número de Reynolds, R_e , é dado pela seguinte equação:

$$R_e = \frac{v d_{eq}}{\nu}$$

Onde

ν : viscosidade cinemática da água, assumida como $8,30 \times 10^{-7}$ m²/s, para água com temperatura de 30°C.

9.3.4. Perdas de carga localizadas

As perdas de carga localizadas foram estimadas pela seguinte equação geral:

$$h_l = k \frac{v^2}{2g}$$

Onde

k : coeficiente de perda de carga, variável, de acordo com a singularidade.

O circuito de adução possuirá as seguintes singularidades:

- Entrada da tomada d'água;
- Grades;
- Redução de seção na tomada d'água;
- Ranhuras laterais das comportas de emergência;
- Curvas;
- Redução se seções circulares e transições;
- Saída do tubo de sucção.

a) Coeficiente de perda de carga na entrada da tomada d'água

Para o cálculo das perdas na entrada adotou-se $k = 0,20$.

b) Coeficiente de perda de carga nas grades

O cálculo do fator k para a perda de carga localizada na grade, k_g , seguiu a equação:

$$k_g = k_d k_f p^{1,6} f \operatorname{sen}(\theta)$$

Onde:

- k_d : coeficiente de “depósito de detritos”, valendo 1,20;
 k_f : coeficiente de forma, valendo 0,51;
 p : razão entre área de barras e área total da grade;
 f : fator que relaciona a espessura da grade e o espaçamento entre barras;
 θ : ângulo entre a grade e a soleira.

O fator f é calculado pela seguinte relação:

$$f = 8 + 2,3 \frac{e_g}{g} + 2,4 \frac{b}{e_g}$$

Onde:

- e_g : espessura da grade, em mm;
 b : espaçamento entre barras, em mm.

c) Coeficiente de perda de carga nas reduções de seção

O cálculo do fator k para a perda de carga localizada em reduções de seção, k_{rs} , seguiu a equação:

$$k_{rs} = \left(\frac{n^{1,8} - 1}{1,43n^{1,8} + 1} \right)^2 \text{sen}(\theta_{rs})$$

Onde:

- n : relação entre a área da seção de entrada e a de saída (maior que 1);
 θ_{rs} : ângulo de redução.

Considera-se, para efeitos de perda de carga nas reduções de seção, a velocidade no trecho de saída, ou seja, de menor seção transversal.

d) Coeficiente de perda de carga nas ranhuras laterais das comportas

O cálculo do fator k para a perda de carga localizada nas ranhuras laterais das comportas ensecadeira e de emergência, k_{rl} , seguiu a equação:

$$k_{rl} = \left(\frac{\sigma^{1,8} - 1}{1,43\sigma^{1,8} + 1} \right)^2 \text{sen}(\theta_{rl})$$

Onde:

- σ : relação entre áreas.
 θ_{rl} : ângulo da ranhura lateral com o escoamento.

O coeficiente σ é calculado pela relação:

$$\sigma = \frac{A_c + 0,25b_{rn}h_{rn}}{A_c}$$

Onde:

- A_c : área da seção transversal da comporta, em m²;
 b_{rn} : largura da ranhura, em m;
 h_{rn} : altura da ranhura, em m.

O cálculo do coeficiente de perda de carga na parte superior dos vãos das comportas segue a mesma metodologia, com alterações nos coeficientes b_{rn} e h_{rn} , que passam a ser denominados comprimento da ranhura (equivalente à largura da comporta) e profundidade do vão, respectivamente.

e) Coeficiente de perda de carga na transição retangular/circular

O cálculo do fator k para a perda de carga localizada na transição retangular/circular da tomada d'água, k_{tr} é composto por duas parcelas.

$$k_{tr} = k'_{tr} + k''_{tr}$$

A parcela k'_{tr} é calculada pela equação:

$$k'_{tr} = 4 \left(\tan \frac{\alpha}{2} \right)^{1,25} \left(1 - \frac{A_c}{A_r} \right)^2$$

Onde:

- A_c : área da seção circular, em m²;
 A_r : área da seção retangular, em m².

O ângulo α é calculado pela relação:

$$\alpha = 2 \arctan \left[\frac{2 \left(\frac{a_0 b_0}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}} - d_c}{2L_{tr}} \right]$$

Onde:

- a_0 : altura da seção retangular, em m;
 b_0 : largura da seção retangular, em m;
 d_c : diâmetro da seção circular, em m;
 L_{tr} : comprimento da transição, em m.

A parcela k''_{tr} é calculada pela equação:

$$k''_{tr} = \frac{\xi}{8 \operatorname{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right)} \left[1 - \left(\frac{A_c}{A_r} \right)^2 \right]$$

O coeficiente ξ é calculado pela relação:

$$\xi = \left[2 \log \left(\frac{3,7D_h}{\Delta} \right) \right]^{-2}$$

Onde:

D_h : diâmetro hidráulico, em m;

Δ : rugosidade média, em m.

f) Coeficiente de perda de carga nas curvas

O cálculo do fator k para a perda de carga localizada nas curvas do circuito, k_{cv} , também é composto por duas parcelas.

$$k_{cv} = k_m + k_f$$

A parcela k_m é calculada pela equação:

$$k_m = \frac{0,189 \operatorname{sen} \beta}{\sqrt{\frac{R_0}{D_h}}}$$

Onde:

β : ângulo da curva, em graus;

R_0 : raio médio de curvatura, em m.

A parcela k_m é calculada pela equação:

$$k_f = 0,00035 \frac{R_0}{D_h} \beta$$

Onde β é dado em radianos.

g) Coeficiente de perda de carga na saída do tubo de sucção

Para o cálculo das perdas na entrada adotou-se $k = 1,00$.

10. ESTUDOS DE ALTERNATIVAS

A PCH SU-118 foi definida na etapa de inventário como uma usina de derivação por canal de adução na margem esquerda.

Esta proposta é a mais adequada para o projeto, tendo em vista a elevada declividade do trecho e a condição favorável para a implantação do canal nesta margem.

Para a etapa de projeto básico o eixo foi deslocado para jusante em aproximadamente 100m, após o conhecimento do modelo digital do terreno (perfilamento a laser). O deslocamento se mostrou necessário e adequado para a implantação de uma barragem com menor extensão.

Na figura seguinte apresenta-se um comparativo entre os arranjos previstos na etapa de inventário e no projeto básico, mostrando as pequenas diferenças resultantes do avanço dos estudos.

Observa-se que tanto o canal de adução quanto o circuito de alta pressão foram mantidos praticamente nas posições originais, uma vez que não foram vislumbradas alternativas para eventual comparação.

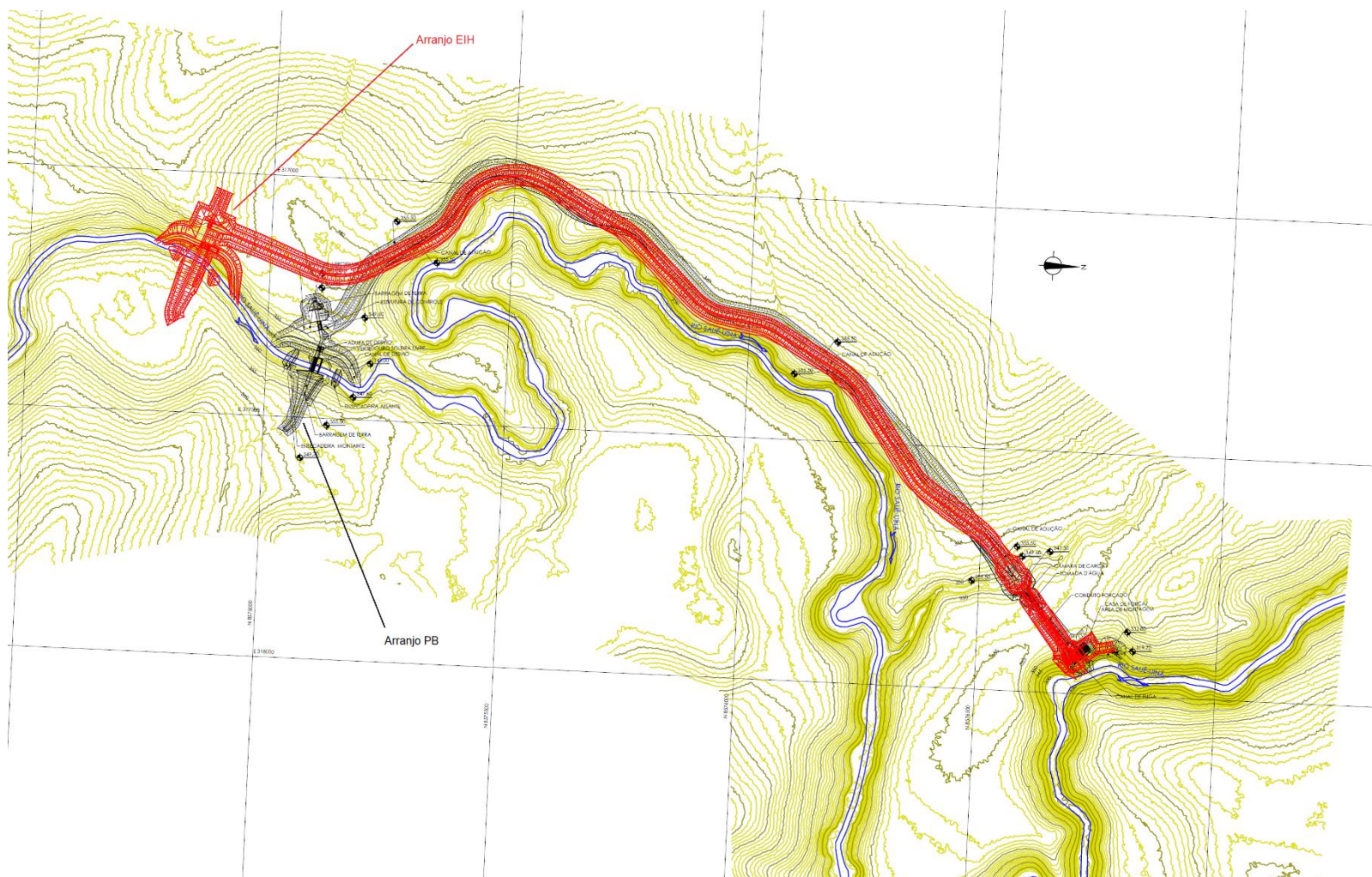


Figura 10-1: Arranjos comparativos (Estudos de Inventário e Projeto Básico)

De posse do material topográfico e dos resultados das campanhas de sondagens, foram desenvolvidos os seguintes estudos, com vistas à otimização das soluções:

- Estudos comparativos entre 2 alternativas para a carga do vertedouro de soleira livre;
- Estudos comparativos com implantação do canal predominantemente em corte e com solução em corte e aterro;
- Estudos comparativos para a trecho de alta pressão, com alternativa em conduto único, com bifurcação e válvulas borboletas, e alternativa em condutos individuais, dispensando a implantação de válvulas de proteção das unidades;
- Estudos comparativos entre a solução com máquinas tipo Francis e tipo Kaplan “S”.

Tendo em vista que a cheia de projeto é de pequena monta, as avaliações mostraram que a carga de 1,5 m seria a mais adequada para o vertedouro, resultando numa estrutura com pequena largura, com otimização do consumo de concreto. O aumento da carga do vertedouro resultaria em maiores escavações para o canal de adução, que também deverá ser protegido para a sobrelevação máxima da usina.

Com relação à implantação do canal, a morfologia do terreno na margem esquerda não permitiu uma solução com corte e aterro em toda a sua extensão, pois no trecho com menor declividade o canal já estaria totalmente implantado apenas como corte em solo.

A análise do circuito de alta pressão possibilitou a comparação de soluções com conduto único, seguida de bifurcação na entrada da casa de força, e solução com condutos individuais. A solução com circuitos independentes, além de resultar em maior produção de energia, uma vez que as perdas na bifurcação e nas válvulas borboletas são as maiores perdas localizadas do circuito e seriam eliminadas nesta solução, resultou também em menor custo global, ao permitir a eliminação das válvulas borboleta.

Por fim, foram feitos estudos comparativos entre os dois tipos de máquinas para a motorização da usina: Francis simples e Kaplan “S”, ambas de eixo horizontal.

Devido à elevada regularização natural da bacia, as máquinas deverão operar próximas da condição nominal na maior parte do tempo, e por isso as vantagens da Kaplan “S”, que possui dupla regulação e rendimentos elevados em qualquer carga, não foram evidenciadas para este projeto. Sendo assim, a solução com máquinas Francis, conforme previsto no inventário, foi mantida para o projeto, resultando em menores custos de aquisição e de manutenção.

11. ESTUDOS ENERGÉTICOS

Os estudos energéticos para a PCH SU-118 objetivam a determinação dos seguintes parâmetros:

- Potência instalada mínima;
- Energia média;
- Número de unidades geradoras;
- Queda de referência da usina, definida como a queda líquida na qual as turbinas, operando com os distribuidores completamente abertos, fornecem a potência nominal dos geradores (queda utilizada para o dimensionamento das turbinas);
- Queda líquida de projeto, na qual o rendimento da turbina é máximo;
- Queda líquida nominal, a ser utilizada no cálculo da Garantia Física da PCH;
- Parâmetros para o cálculo da Garantia Física.

11.1. Critérios para a Determinação da Energia Média Gerada

A energia gerada pela operação da PCH SU-118 foi quantificada como a geração média histórica, compreendendo o período da série de vazões médias mensais (janeiro de 1974 a dezembro de 2020).

Os parâmetros adotados para a simulação energética foram os seguintes:

- Nível d'água de montante fixo, na cota 353,00 m, uma vez que a usina operará a fio d'água, sem deplecionamento;
- Nível d'água de jusante variando de acordo com a curva-chave elaborada para o canal de fuga;
- Perdas hidráulicas no circuito de adução variando com as equações de perdas de carga;
- Série de vazões médias mensais jan/1974 a dez/2020
- Vazão remanescente 10% da média em cada mês
- Vazão de usos consuntivos nula
- Disponibilidade forçada 1,26%
- Disponibilidade programada 1,74%
- Rendimento nominal da turbina 93,0%
- Rendimento nominal do gerador 97,0%
- Turbina Francis simples, eixo horizontal
- Despacho mínimo 45% da vazão nominal unitária
- Número de unidades geradoras 2

Para a realização desses estudos foi utilizado um modelo matemático próprio, elaborado para estudos energéticos de aproveitamentos a fio d'água.

A série de vazões médias mensais é apresentada na Tabela 11-1.

Tabela 11-1: Série de vazões médias mensais naturais no local da PCH SU-118

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd.
1974	45,77	47,01	47,80	47,34	45,83	43,13	38,33	35,88	35,44	37,06	37,99	40,33	41,83
1975	42,83	45,29	43,83	44,37	41,36	37,23	36,72	35,66	34,99	35,36	37,86	41,17	39,72
1976	41,10	42,56	43,81	41,96	40,86	38,21	36,34	35,42	35,16	37,16	37,75	39,73	39,17
1977	42,87	44,73	43,12	42,60	41,28	39,92	37,47	36,24	36,52	38,21	40,46	42,60	40,50
1978	46,59	44,83	47,19	43,96	43,65	39,24	37,03	37,57	37,25	36,84	37,72	42,50	41,20
1979	45,85	47,74	49,89	48,23	43,48	40,99	38,93	37,52	38,13	37,08	39,56	39,63	42,25
1980	43,30	46,32	48,62	47,05	42,31	38,47	39,00	37,05	36,40	35,82	37,96	42,22	41,21
1981	44,68	45,82	46,77	46,65	41,19	38,26	36,71	35,60	34,81	36,83	40,64	41,24	40,77
1982	45,98	47,75	49,61	45,01	37,40	34,51	32,60	32,80	37,68	38,56	39,14	40,14	40,10
1983	43,54	44,45	45,94	44,27	41,43	39,53	37,16	35,96	35,25	36,71	38,16	43,61	40,50
1984	42,48	42,81	44,52	44,30	42,14	38,62	36,76	35,92	35,89	36,39	38,36	39,88	39,84
1985	43,12	42,83	44,70	44,27	41,27	38,16	36,93	35,99	35,92	37,05	38,72	39,21	39,85
1986	45,27	46,62	46,08	44,93	42,08	39,29	37,28	36,61	36,45	36,73	37,16	39,61	40,68
1987	40,71	43,30	43,33	41,32	39,08	36,73	35,30	34,07	33,76	34,30	38,08	40,63	38,38
1988	43,63	45,48	47,72	46,86	42,55	40,14	38,01	36,56	35,92	36,03	38,26	41,19	41,03
1989	44,49	48,73	49,08	46,67	44,55	40,79	39,37	38,21	36,96	37,38	37,80	43,22	42,27
1990	42,78	45,58	45,30	43,79	40,04	37,58	36,16	35,27	37,26	37,62	39,04	40,42	40,07
1991	44,22	46,10	46,88	47,47	43,39	39,44	38,05	36,83	37,25	36,59	38,15	39,27	41,14
1992	41,88	43,82	43,81	44,03	39,99	37,42	35,99	35,13	36,76	36,61	37,73	41,12	39,52
1993	43,08	45,64	47,69	46,41	42,05	39,74	37,18	34,36	33,33	33,85	33,85	36,41	39,47
1994	42,56	46,92	47,44	47,69	39,74	36,67	34,87	32,82	31,28	31,79	32,31	36,41	38,38
1995	45,13	48,72	50,77	49,49	44,62	41,03	39,49	38,46	37,69	38,72	40,26	44,87	43,27
1996	42,82	42,05	45,38	43,59	41,03	38,97	37,69	37,69	36,67	37,44	40,51	38,97	40,23
1997	39,23	42,56	45,64	45,38	43,33	40,77	38,20	37,44	37,44	37,18	37,18	37,95	40,19
1998	38,72	42,31	44,62	43,08	39,49	38,20	36,67	36,15	35,38	36,92	38,97	38,72	39,10
1999	38,97	38,72	40,26	38,97	38,20	36,41	35,64	34,87	35,13	35,13	36,41	37,69	37,20
2000	36,67	38,46	43,08	41,28	38,20	36,41	35,38	34,87	34,62	35,13	36,67	36,15	37,24
2001	38,20	38,20	40,51	38,97	36,67	35,90	34,87	34,62	34,36	34,87	36,15	37,44	36,73
2002	36,92	40,00	39,23	37,69	36,15	34,62	33,85	33,33	33,33	33,08	33,59	34,87	35,56
2003	36,92	38,20	38,20	40,51	36,41	36,92	34,36	33,33	33,33	34,10	34,87	34,87	36,00
2004	36,67	38,20	37,95	36,67	35,64	34,10	33,33	32,31	32,31	33,08	33,85	33,59	34,81
2005	37,18	36,15	37,69	36,41	34,62	33,85	32,82	32,05	33,59	32,82	33,33	34,62	34,59
2006	36,67	37,44	37,95	39,23	35,90	34,62	33,85	32,82	32,82	35,13	33,85	36,67	35,58
2007	38,97	40,00	39,74	37,95	35,64	34,36	33,59	32,82	32,56	33,85	34,87	35,13	35,79
2008	35,64	37,69	37,95	37,95	35,64	34,36	33,33	32,56	32,31	33,08	34,10	35,90	35,04
2009	35,64	36,67	39,74	36,92	35,38	33,59	32,56	32,31	31,03	31,28	32,05	32,05	34,10
2010	33,59	37,44	34,87	32,31	31,28	32,05	31,54	31,03	31,03	31,54	31,54	33,33	32,63
2011	36,92	36,41	37,18	37,44	33,85	32,56	31,79	31,28	30,51	31,28	32,05	32,31	33,63
2012	34,10	35,64	36,92	34,87	32,56	32,56	32,05	30,26	31,03	32,56	31,54	33,33	33,12
2013	35,90	37,69	36,15	34,87	33,08	32,56	31,54	31,03	30,51	31,03	31,54	32,05	33,16
2014	33,08	36,67	40,51	40,00	41,79	37,69	33,85	32,56	32,56	32,82	34,36	34,62	35,88

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd.
2015	35,64	35,90	36,15	36,92	36,67	34,87	33,59	33,59	32,82	32,56	33,85	32,82	34,62
2016	34,36	36,92	37,44	37,44	34,62	32,82	31,28	31,03	31,54	31,03	31,28	34,10	33,66
2017	33,59	36,15	36,41	35,64	34,10	32,56	32,31	31,28	29,74	29,74	32,31	33,85	33,14
2018	35,38	36,92	37,44	38,20	36,41	34,10	33,08	32,56	32,31	33,59	34,87	36,41	35,11
2019	35,38	34,87	39,74	43,82	38,05	35,12	33,74	32,69	32,01	34,23	35,12	34,24	35,75
2020	34,40	39,57	41,23	36,35	34,53	32,28	31,21	30,24	29,77	30,82	30,86	31,65	33,58
Mín.	33,08	34,87	34,87	32,31	31,28	32,05	31,21	30,24	29,74	29,74	30,86	31,65	
Méd.	39,86	41,57	42,68	41,73	38,93	36,75	35,27	34,35	34,23	34,83	36,01	37,63	37,82
Máx.	46,59	48,73	50,77	49,49	45,83	43,13	39,49	38,46	38,13	38,72	40,64	44,87	

As variações no nível de jusante serão regidas pela curva-chave elaborada para o canal de fuga, representada pelas seguintes equações, considerando a restrição em função da previsão de usina a jusante, PCH SU-104, que irá operar na El. 327,00 m:

$$NA = 327,00 \text{ m, se } Q_{defl} \leq 33,03 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$NA = \left(\frac{Q_{defl}}{9,33080343697207} \right)^{1/1,60326689586134} + 324,80, \text{ se } 33,03 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{defl} \leq 43,00 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$NA = \left(\frac{Q_{defl}}{0,462887837079088} \right)^{1/3,06155527941637} + 323,00, \text{ se } Q_{defl} > 43,00 \text{ m}^3/\text{s}$$

Como a usina operará a fio d'água, a vazão defluente (Q_{defl}) será equivalente à vazão afluente média em cada mês (Q_{afl}).

As perdas hidráulicas no circuito de adução foram estimadas por meio de equações em função das características físicas do circuito em função da vazão turbinada total, desde a tomada d'água de controle do canal de adução até a câmara de carga, e em função da vazão turbinada unitária para o trecho de alta pressão, a partir da tomada d'água principal.

As referidas perdas foram inseridas no modelo matemático de simulação energética, relacionando a vazão turbinada com a queda líquida do aproveitamento, para cada mês do período de simulação.

Uma vez que a PCH SU-118 terá restituição das vazões turbinadas afastada do barramento, com trecho de vazão reduzida, será necessária, ao longo da operação da usina, a manutenção de vazão remanescente. De acordo com as normas setoriais da SEMA/MT, estes valores serão variáveis e equivalentes à 10% da média em cada mês, conforme mostrado na tabela seguinte:

Tabela 11-2: Vazões remanescentes na PCH SU-118

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Méd.	39,86	41,57	42,68	41,73	38,93	36,75	35,27	34,35	34,23	34,83	36,01	37,63
Q_{rem}	3,99	4,16	4,27	4,17	3,89	3,68	3,53	3,44	3,42	3,48	3,60	3,76

A Taxa de Indisponibilidade Forçada (TEIF) reflete o número de horas em que uma ou mais unidades geradoras deixaram de operar em decorrência de um desligamento causado por falha ou defeito de um componente ou unidade que acarretem retirada de serviço do equipamento ou parte dele. Resulta de

condições de emergência ou acidentais que requeiram que o equipamento seja desligado. Desta forma, por tratar-se de ato ou evento sobre o qual não se tem domínio, a definição dos valores da TEIF deve se valer das estatísticas de usinas similares, uma vez não ser possível sua prévia mensuração.

Ante ao exposto, adotou-se para a TEIF o valor sugerido pela ANEEL na Nota Técnica nº 063/2012-SRG-SGH/ANEEL, de 29 de agosto de 2012, equivalente a 1,26%.

Já a Taxa de Indisponibilidade Programada (IP) reflete os desligamentos programados para manutenção nos períodos em que a unidade ou componente esteve ou poderia ter estado em serviço caso não tivesse ocorrido o desligamento. Para mensuração das taxas mais adequadas para serem adotadas no presente projeto básico, buscou-se obter junto à Brasil PCH S.A. (www.brasilpch.com.br), produtora independente de energia que desde 2009 opera 13 Centrais Hidrelétricas de porte similar nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, as taxas de indisponibilidade reais observadas neste complexo. Os números indicam uma taxa de indisponibilidade total, programada e forçada, de 1,74%.

Julga-se, porém, que para a estatística de indisponibilidade forçada, o período de operação da Brasil PCH pode ser considerado curto. Para determinação das taxas de indisponibilidades a serem utilizadas neste relatório, optou-se, de forma conservadora, a utilizar o valor total de indisponibilidades da Brasil PCH como Indisponibilidade Programada.

Sendo assim, foram utilizados os seguintes valores para a fase de motorização:

- TEIF 1,26%
- IP..... 1,74%

Por fim, em relação às quedas líquidas de referência e de projeto, a primeira foi estabelecida como a queda com permanência de 95% no histórico de quedas líquidas, e a segunda, como a queda líquida média ponderada em todo o período de simulação energética.

11.2. Valoração dos Benefícios Energéticos

De acordo com as normativas da ANEEL, para valoração dos benefícios energéticos deve ser considerado o *“Custo Marginal de Dimensionamento publicado pelo Poder Concedente ou, em casos em que esse parâmetro não esteja disponível, o Custo Marginal de Expansão, definido no Plano Decenal de Expansão do ano anterior”*.

Considerando que o Custo Marginal de Dimensionamento (CMD) não vem sendo publicado, e que o Custo Marginal de Expansão (CME) publicado no Plano Decenal de Expansão considera as médias dos últimos Leilões de Energia, inclusive com as usinas estruturantes e de grande porte, que influenciam diretamente no cálculo do CME, abaixando significativamente o valor, foi desenvolvido um estudo específico para determinação de um custo marginal que reflita a realidade de empreendimentos do porte deste em desenvolvimento, considerando os aproveitamentos leiloados nos últimos anos.

Conforme consta do Plano Decenal de Expansão, a metodologia para cálculo do CME *“toma por base os preços das negociações realizadas nos leilões de energia nova, de reserva e de fontes alternativas ao longo dos últimos cinco anos, corrigidos monetariamente e ponderados conforme a demanda contratada”*.

Assim, de acordo com a metodologia do Plano Decenal de Expansão e com base nos dados obtidos junto à Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), foram selecionadas as usinas hidrelétricas de pequeno porte que comercializaram energia nos leilões a partir de 2010, que totalizaram 161 usinas.

Da base de dados da CCEE, os preços de venda foram atualizados até a data de junho de 2021, com base no IPCA. O custo é obtido pela fórmula seguinte:

$$CUSTO = \frac{\sum ECOM_i \times PV_i}{\sum ECOM_i}, \text{ onde:}$$

$ECOM_i =$ Energia Comercializada pela Usina [i]

$PV_i =$ Preço de Venda da Usina [i]

A Tabela 11-3 apresenta uma relação das usinas consideradas neste estudo.

Tabela 11-3: Empreendimentos Hidrelétricos Considerados na Simulação

Leilão	Data de realização do leilão	Tipo de Leilão	Vendedor	Empreendimento	UF	Potência (MW)	GF (MW médio)	Energia Contratada (MW médio)	Preço de Venda (R\$/MWh)	Preço de Venda Atualizado (R\$/MWh)
10ºLEN	30/07/10	Energia Nova	MEGA ENERGIA	CANAA	RO	17,0	7,8	7,0	153,98	285,58
10ºLEN	30/07/10	Energia Nova	MEGA ENERGIA	JAMARI	RO	20,0	9,1	9,0	154,23	286,05
10ºLEN	30/07/10	Energia Nova	EMAE	PIRAPORA	SP	25,0	17,2	16,0	154,49	286,53
10ºLEN	30/07/10	Energia Nova	MEGA ENERGIA	SANTA CRUZ DE MONTE NEGRO	RO	17,0	7,7	7,0	153,73	285,12
02ºLFA	26/08/10	Fontes Alternativas	COPEL	CAVERNOSO II	PR	19,0	10,6	7,6	146,99	272,51
02ºLFA	26/08/10	Fontes Alternativas	GALHEIROS	GALHEIROS I	GO	11,0	6,4	6,4	144,50	267,89
02ºLFA	26/08/10	Fontes Alternativas	QUE	QUEIXADA	GO	30,0	21,6	16,6	148,39	275,11
02ºLFA	26/08/10	Fontes Alternativas	PCH SALTO GOES	SALTO GOES	SC	20,0	11,1	11,1	147,47	273,40
02ºLFA	26/08/10	Fontes Alternativas	UNAIBAIXO	UNAI BAIXO	MG	21,0	12,7	6,4	144,98	268,78
03ºLER	26/08/10	Reserva	PRIMUS	INXU	MT	20,6	16,5	16,5	129,93	240,88
03ºLER	26/08/10	Reserva	SEB	SAO SEBASTIAO	SC	9,9	5,2	5,2	133,25	247,04
16ºLEN	29/08/13	Energia Nova	EGP CABEÇA DE BOI	CABEÇA DE BOI	MT	29,7	13,6	13,6	119,99	185,82
16ºLEN	29/08/13	Energia Nova	CANTU 2	CANTU 2	PR	18,0	9,5	9,5	128,99	199,75
16ºLEN	29/08/13	Energia Nova	EGP FAZENDA	DA FAZENDA	MT	19,5	9,1	9,1	120,00	185,83
16ºLEN	29/08/13	Energia Nova	MANOPLA	MANOPLA	PE	5,0	2,6	2,6	128,99	199,75
16ºLEN	29/08/13	Energia Nova	PCH MATA VELHA	MATA VELHA	MG	24,0	13,1	12,7	128,99	199,75
16ºLEN	29/08/13	Energia Nova	EGP SALTO APIACAS	SALTO APIACÁS	MT	45,0	22,9	22,4	119,97	185,79
16ºLEN	29/08/13	Energia Nova	ELETROSUL	SANTO CRISTO	SC	19,5	10,8	0,5	129,00	199,77
16ºLEN	29/08/13	Energia Nova	ALUPAR	VERDE 08	GO	28,5	16,9	13,1	130,00	201,32
16ºLEN	29/08/13	Energia Nova	SANTA HELENA ENERGIA	YPÊ	GO	29,3	16,7	16,7	131,20	203,18
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	CEC	Ado Popinhak	SC	19,3	10,4	10,4	135,90	205,52
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	ALUPAR	Água Limpa	MG	23,0	11,4	6,0	138,00	208,70
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	FAZENDA VELHA	Fazenda Velha	GO	16,5	8,9	6,7	131,95	199,55
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	GARÇA BRANCA	Garça Branca	SC	6,5	3,4	3,2	137,86	208,48
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	JARDIM	JARDIM	RS	9,0	4,5	1,1	139,00	210,21
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	COOGERVAAPA	Linha Aparecida	RS	24,9	13,8	11,7	136,98	207,15
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	COOGERVAJAC	Linha Jacinto	RS	17,4	9,9	9,3	137,98	208,67
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	MORRO GRANDE	MORRO GRANDE	RS	9,8	4,4	1,1	139,00	210,21
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	MUTUM	Nova Mutum	MT	14,0	6,1	1,2	139,00	210,21
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	PGE	PITO	SC	4,0	2,3	2,3	134,90	204,01
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	QI	Quartel I	MG	30,0	14,0	13,9	139,20	210,51
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	QII	Quartel II	MG	30,0	14,2	14,1	139,20	210,51

Leilão	Data de realização do leilão	Tipo de Leilão	Vendedor	Empreendimento	UF	Potência (MW)	GF (MW médio)	Energia Contratada (MW médio)	Preço de Venda (R\$/MWh)	Preço de Venda Atualizado (R\$/MWh)
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	QIII	Quartel III	MG	30,0	14,1	14,0	139,20	210,51
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	REN	Renic	GO	16,0	6,6	2,5	136,90	207,03
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	OMEGA SERRA DAS AGULHAS	Serra das Agulhas	MG	28,0	11,7	11,7	134,90	204,01
18ºLEN	13/12/13	Energia Nova	TBL	Tamboril	GO	29,3	12,9	7,0	136,90	207,03
20ºLEN	28/11/14	Energia Nova	CDESA	COMODORO	MT	10,0	6,2	6,2	162,50	232,75
20ºLEN	28/11/14	Energia Nova	LAJARI	LAJARI	MT	20,9	10,9	9,0	160,90	230,46
20ºLEN	28/11/14	Energia Nova	PDESA	PRESENTE DE DEUS	MT	13,0	8,5	8,5	162,50	232,75
21ºLEN	30/04/15	Energia Nova	ATIAIA ENERGIA S.A.	BANDEIRANTE	MS	27,2	18,4	16,5	203,98	277,25
21ºLEN	30/04/15	Energia Nova	SPE BOA VISTA 2 ENERGIA S.A.	BOA VISTA II	MG	26,5	14,4	14,0	207,64	282,22
21ºLEN	30/04/15	Energia Nova	CONFLUÊNCIA ENERGIA SA	CONFLUÊNCIA	PR	27,0	13,7	13,5	205,00	278,63
21ºLEN	30/04/15	Energia Nova	GEOMECANICA TECNOLOGIA - TEC DE SOLOS ROCHAS E MATERIAIS	SECRETÁRIO	RJ	2,7	1,3	1,2	202,99	275,90
21ºLEN	30/04/15	Energia Nova	SERRA DOS CAVALINHOS I ENERGÉTICA S.A.	SERRA DOS CAVALINHOS I	RS	25,0	14,5	14,1	206,48	280,64
21ºLEN	30/04/15	Energia Nova	MINAS PCH S/A	TIBAGI MONTANTE	PR	32,0	20,3	19,0	209,50	284,75
21ºLEN	30/04/15	Energia Nova	TIGRE PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA LTDA	TIGRE	PR	9,0	5,3	1,0	195,00	265,04
21ºLEN	30/04/15	Energia Nova	SAVANA GERAÇÃO DE ENERGIA S.A.	VERDE 4	MS	19,0	13,8	13,4	206,98	281,32
21ºLEN	30/04/15	Energia Nova	PHOENIX GERAÇÃO DE ENERGIA S.A.	VERDE 4A	MS	28,0	19,7	19,2	206,49	280,66
22ºLEN	21/08/15	Energia Nova	EUCLIDES MACIEL ENERGÉTICA SA	DAS PEDRAS	SC	5,6	3,3	2,3	207,00	274,78
22ºLEN	21/08/15	Energia Nova	PCH DORES DE GUANHÃES S.A.	DORES DE GUANHAES	MG	14,0	7,1	7,1	205,50	272,79
22ºLEN	21/08/15	Energia Nova	PCH FORTUNA II S.A.	FORTUNA II	MG	9,0	4,7	4,6	205,50	272,79
22ºLEN	21/08/15	Energia Nova	PC JACARÉ S.A.	JACARE	MG	9,0	5,0	4,9	205,50	272,79
22ºLEN	21/08/15	Energia Nova	CAROLINA GERAÇÃO DE ENERGIA LTDA	SANTA CAROLINA	RS	10,5	5,1	4,6	203,00	269,47
22ºLEN	21/08/15	Energia Nova	PCH SENHORA DO PORTO S.A.	SENHORA DO PORTO	MG	12,0	6,5	6,5	205,50	272,79
22ºLEN	21/08/15	Energia Nova	XAVANTINA ENERGÉTICA S.A.	XAVANTINA	SC	6,1	3,5	3,1	202,85	269,27
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	PRATA	AGUA BRAVA	MT	13,1	6,4	5,6	194,00	241,29
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	PRATA	AGUA PRATA	MT	13,3	6,6	5,9	194,00	241,29
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	EGP APC	CABEÇA DE BOI	MT	30,0	17,9	4,2	147,85	183,89
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	CACHIMBO ALTO	CACHOEIRA CACHIMBO ALTO	RO	9,8	6,0	5,9	193,95	241,23
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	CANHADAO	CANHADAO	PR	10,0	6,2	5,0	195,00	242,54
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	CEBRANORTE URBANO	CAPIVARI	SC	18,7	6,8	3,0	189,98	236,29
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	CASTRO	CASTRO	PR	4,0	2,5	1,7	195,00	242,54
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	CAZUZA FERREIRA	CAZUZA FERREIRA	RS	9,1	6,1	1,5	189,15	235,26
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	ARGENTUM	CLAIRTO ZONTA	PR	14,9	7,6	7,5	184,00	228,86
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	EGP FAZ	DA FAZENDA	MT	7,4	5,0	4,9	184,90	229,97
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	NOVA GUAPORE ENERGETICA	NOVA GUAPORE	MT	14,0	9,4	9,0	194,00	241,29
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	RECANTO	RECANTO	MT	9,1	5,3	5,3	192,88	239,90
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	RENIC	RENIC	GO	16,0	6,6	1,8	164,73	204,89
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	SALTO BANDEIRANTES	SALTO BANDEIRANTES	PR	4,2	2,9	2,3	194,00	241,29

Leilão	Data de realização do leilão	Tipo de Leilão	Vendedor	Empreendimento	UF	Potência (MW)	GF (MW médio)	Energia Contratada (MW médio)	Preço de Venda (R\$/MWh)	Preço de Venda Atualizado (R\$/MWh)
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	HSJII	SAO JOAO II	PR	7,0	3,6	3,5	184,00	228,86
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	SÃO LUIZ	SAO LUIZ	ES	10,5	4,3	4,3	188,80	234,83
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	SIGMA ENERGIA	SERRA DAS AGULHAS	MG	30,0	12,9	1,1	162,33	201,90
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	TBL	TAMBORIL	GO	29,3	12,9	5,3	164,73	204,89
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	TIGRE	TIGRE	PR	9,0	5,3	3,2	195,00	242,54
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	HSBSA	UHE SANTA BRANCA	PR	62,0	35,1	34,1	150,00	186,57
23ºLEN	29/04/16	Energia Nova	3LEOES	USINA BARRA DO LEO	SC	3,6	1,9	1,9	193,75	240,98
10ºLER	23/09/16	Reserva	CENTRAL GERADORA HIDRELÉTRICA ARMANDO RIBEIRO SA	ARMANDO RIBEIRO	RN	4,7	3,2	2,9	225,88	275,15
10ºLER	23/09/16	Reserva	ATIAIA ENERGIA S/A	AREADO	MS	18,0	10,9	9,8	235,00	286,26
10ºLER	23/09/16	Reserva	BRASIL SUL ENERGIA S.A.	CORAÇÃO	SC	4,3	2,3	1,7	231,49	281,98
10ºLER	23/09/16	Reserva	C2LG GERAÇÃO DE ENERGIA LTDA	SANTO TESSARO	SC	1,0	0,6	0,6	229,98	280,14
10ºLER	23/09/16	Reserva	CENTRAL GERADORA HIDRELÉTRICA CASTANHÃO S.A.	CASTANHAO	CE	9,0	5,0	4,5	225,88	275,15
10ºLER	23/09/16	Reserva	COVÓ ENERGIA S.A.	COVÓ	PR	5,0	2,6	2,3	232,45	283,15
10ºLER	23/09/16	Reserva	CONSORCIO ESTIVADINHO 3	ESTIVADINHO 3	MT	9,9	7,0	6,3	223,25	271,95
10ºLER	23/09/16	Reserva	CENTRAIS ELÉTRICAS FIGUEIRÃO LTDA - ME	FIGUEIRA	RO	1,3	0,9	0,8	229,90	280,05
10ºLER	23/09/16	Reserva	INGA - MIRIM ENERGIA S.A.	INGA MIRIM	MG	1,0	0,8	0,5	232,50	283,21
10ºLER	23/09/16	Reserva	PCH JUÍNA S.A.	JUI 117	MT	24,4	18,8	16,9	223,20	271,89
10ºLER	23/09/16	Reserva	LOMBO DO CAVALO S/A GERAÇÃO DE ENERGIA	RONCADOR	SC	6,0	3,0	2,7	226,90	276,39
10ºLER	23/09/16	Reserva	MAFRAS ENERGIA E REFLORESTAMENTO LTDA.	WILLY FALLER	SC	1,0	0,7	0,7	229,78	279,90
10ºLER	23/09/16	Reserva	CONSORCIO MANTOVILIS	MANTOVILLIS	MT	5,2	3,6	3,0	223,30	272,01
10ºLER	23/09/16	Reserva	CENTRAL GERADORA HIDRELÉTRICA MANUEL ALVES LTDA	MANUEL ALVES	TO	8,0	5,2	4,7	231,49	281,98
10ºLER	23/09/16	Reserva	MAUE S/A - GERADORA E FORNECEDORA DE INSUMOS	BARRINHA	SC	3,3	1,7	1,5	222,50	271,03
10ºLER	23/09/16	Reserva	MAUÊ S/A - GERADORA E FORNECEDORA DE INSUMOS	LAMBARI	SC	4,0	1,9	1,7	228,00	277,73
10ºLER	23/09/16	Reserva	HIDRELÉTRICA MÉDIO GARCIA SPE LTDA	MÉDIO GARCIA	SC	1,0	0,6	0,5	223,15	271,82
10ºLER	23/09/16	Reserva	CENTRAL HIDRELÉTRICA PALMEIRAS DO TOCANTINS LTDA	PALMEIRAS	TO	2,8	1,5	1,3	214,00	260,68
10ºLER	23/09/16	Reserva	HIDRELÉTRICA PARAÍSO SPE LTDA	PARAÍSO	SC	1,0	0,6	0,5	223,15	271,82
10ºLER	23/09/16	Reserva	PB PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - EIRELI	PONTE BRANCA	SP	10,2	5,8	5,2	220,00	267,99
10ºLER	23/09/16	Reserva	POÇO FUNDO ENERGIA S/A	POÇO FUNDO	RJ	14,0	7,2	6,5	234,70	285,89
10ºLER	23/09/16	Reserva	PONTE SERRADA GERAÇÃO DE ENERGIA S.A.	PONTE SERRADA	SC	4,1	1,8	1,6	232,49	283,20
10ºLER	23/09/16	Reserva	PORTO ENERGÉTICA LTDA.	JOÃO FRANCO	MG	1,0	0,7	0,6	205,00	249,72
10ºLER	23/09/16	Reserva	HIDRELÉTRICA PULO LTDA	PULO	PR	7,3	4,4	3,9	228,50	278,34
10ºLER	23/09/16	Reserva	RINCÃO ENERGIA S/A	RINCÃO	RS	10,0	4,6	4,0	228,00	277,73

Leilão	Data de realização do leilão	Tipo de Leilão	Vendedor	Empreendimento	UF	Potência (MW)	GF (MW médio)	Energia Contratada (MW médio)	Preço de Venda (R\$/MWh)	Preço de Venda Atualizado (R\$/MWh)
10ºLER	23/09/16	Reserva	ENERGÉTICA RIO DAS PEDRAS LTDA	ENXADRISTA	PR	1,0	0,6	0,6	207,00	252,15
10ºLER	23/09/16	Reserva	CENTRAL GERADORA HIDROELETTRICA SANTANA DO DESERTO LTDA	SANTANA DO DESERTO I	MG	1,6	1,1	1,0	227,90	277,61
10ºLER	23/09/16	Reserva	CENTRAL HIDRELETRICA SIRIVERA LTDA	SIRIVERA	TO	1,8	1,4	1,2	209,00	254,59
10ºLER	23/09/16	Reserva	CENTRAL HIDRELETRICA SUCURI LTDA	SUCURI	TO	2,8	1,4	1,2	214,00	260,68
10ºLER	23/09/16	Reserva	TRD E COBRAPAR	PCH TAMBORIL	GO	15,8	7,4	6,7	232,50	283,21
25ºLEN	18/12/17	Energia Nova	FOCKINK	BURITI	MT	10,0	8,6	5,0	182,05	213,65
25ºLEN	18/12/17	Energia Nova	ENERVIX	SANTA LUZIA	ES	1,5	0,9	0,8	179,00	210,07
26ºLEN	20/12/17	Energia Nova	FORQUILHA IV	FORQUILHA IV	RS	13,0	5,6	5,0	218,29	256,19
26ºLEN	20/12/17	Energia Nova	SAO LUIZ	FOZ DO ESTRELA	PR	29,5	17,6	17,5	220,74	259,06
26ºLEN	20/12/17	Energia Nova	EECO JACUTINGA	PERDIDOS	MT	28,0	16,4	16,4	218,88	256,88
26ºLEN	20/12/17	Energia Nova	SAO CARLOS	SAO CARLOS	SC	14,5	7,7	4,5	218,19	256,07
26ºLEN	20/12/17	Energia Nova	RPEE ENERGIA	TUPITINGA	SC	24,0	10,5	9,7	218,47	256,40
26ºLEN	20/12/17	Energia Nova	VERDE 08	VERDE 08	GO	30,0	18,7	18,2	218,89	256,89
27ºLEN	04/04/18	Energia Nova	BURITIZAL	BURITIZAL	MT	5,0	4,6	4,5	198,35	230,65
27ºLEN	04/04/18	Energia Nova	CHALE	CHALE	MG	2,1	1,4	1,2	197,27	229,40
27ºLEN	04/04/18	Energia Nova	QUEVEDOS ENERGÉTICA	QUEBRA DENTES	RS	22,4	11,3	9,0	198,47	230,79
27ºLEN	04/04/18	Energia Nova	SALTO DO GUASSUPI	SALTO DO GUASSUPI	RS	12,2	6,3	5,0	197,47	229,63
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	GUAPORE 2	ALTO GUAPORE 2	MT	7,0	5,0	5,0	195,99	223,64
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	APE	ANTONIO PRADO	MG	1,0	0,8	0,8	194,99	222,50
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	CBVG	BELA VISTA	PR	29,0	16,6	14,7	195,70	223,31
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	PCH BV II	BOA VISTA II	PR	16,0	6,9	6,0	196,66	224,41
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	EW	DIAMANTINO	GO	3,0	2,2	1,3	195,00	222,51
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	LAC	LACERDOPOLIS	SC	9,6	5,5	5,4	196,00	223,65
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	CPFLR	LUCIA CHEROBIM	PR	28,0	16,6	16,5	189,95	216,75
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	ENERGIA LIMPA	NOVA PONTE QUEIMADA II	MG	3,0	1,9	1,9	195,00	222,51
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	OURO BRANCO	OURO BRANCO	PR	4,0	2,9	1,4	194,99	222,50
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	PCH SEDE II	SEDE II	RS	7,0	2,9	2,3	195,97	223,62
28ºLEN	31/08/18	Energia Nova	GERACAO CEU AZUL	UHE BAIXO IGUACU	PR	350,2	171,3	23,4	151,68	173,08
29ºLEN	28/06/19	Energia Nova	CEESAM	ÁGUAS DA SERRA	SC	22,5	12,2	8,6	199,00	220,21
29ºLEN	28/06/19	Energia Nova	CELESC GERA	CELSO RAMOS	SC	8,3	3,0	2,9	201,11	222,54
29ºLEN	28/06/19	Energia Nova	RIO DO CEDRO ENERGIA	FOZ DO CEDRO	MT	24,0	13,9	13,9	198,88	220,07
29ºLEN	28/06/19	Energia Nova	CEMIG GT	POÇO FUNDO AMPLIAÇÃO	MG	20,8	11,0	11,0	195,50	216,33
29ºLEN	28/06/19	Energia Nova	GALUPO	VILA GALUPO	PR	5,7	3,1	1,0	199,99	221,30
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	POLIFERTIL	ALAGOA III	MG	1,5	1,1	0,8	233,62	257,59
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	ALTO ALEGRE ENERGÉTICA	ALTO ALEGRE	SC	17,4	8,9	7,0	233,14	257,06
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	PCH ÁGUAS DO RIO IRAN	BARRA DAS ÁGUAS	SC	8,5	4,1	3,0	225,00	248,08
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	WENERGY	BOM JESUS	ES	7,8	4,3	4,0	230,00	253,60
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	VOLTALIA	CABUÍ	MG	16,0	9,9	8,8	234,00	258,01
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	RIO DO COBRE	COBRE KM 19	PR	14,2	7,4	5,0	232,00	255,80
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	AT&T ENERGIA	FAZENDA DO SALTO	PR	9,9	5,4	2,1	233,99	258,00

Leilão	Data de realização do leilão	Tipo de Leilão	Vendedor	Empreendimento	UF	Potência (MW)	GF (MW médio)	Energia Contratada (MW médio)	Preço de Venda (R\$/MWh)	Preço de Venda Atualizado (R\$/MWh)
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	SAO BARTOLOMEU GERADORA	GAMELEIRA	GO	14,0	7,0	6,0	232,50	256,35
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	HIDRELÉTRICA GARCIA DE ANGELINA	GARCIA DE ANGELINA	SC	2,0	1,3	1,0	233,98	257,99
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	JASP	JASPE	SC	5,1	2,5	2,1	233,09	257,00
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	JESUÍTA ENERGIA	JESUÍTA	MT	22,2	18,8	13,2	234,00	258,01
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	IBICARE	LINHA RICA	SC	7,9	3,9	2,0	234,13	258,15
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	PESQUEIRO	MACACOS	PR	9,9	6,0	3,0	233,63	257,60
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	HIDRELETRICA MAROMBAS I	MAROMBAS I	SC	3,3	1,6	1,3	233,00	256,91
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	HIDRELETRICA MAROMBAS II	MAROMBAS II	SC	1,8	0,9	0,7	233,00	256,91
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	PACIFICO MASCARENHAS	PACÍFICO MASCARENHAS	MG	2,0	1,4	1,4	233,63	257,60
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	IPIRA	PIRA	SC	19,6	9,5	7,5	233,50	257,46
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	RODEIO ENERGÉTICA	RODEIO	SC	9,8	6,0	4,2	233,08	256,99
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	SAO BARTOLOMEU GERADORA	SALGADO	GO	15,8	8,5	7,0	232,52	256,38
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	ARA ENERGIA	SANTA LUZIA	BA	15,5	9,0	8,0	234,63	258,70
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	SAO BARTOLOMEU GERADORA	SÃO BARTOLOMEU	GO	12,0	6,5	6,0	232,51	256,36
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	SAO CARLOS ENERGIA	SAO CARLOS	SC	15,2	7,7	2,5	225,02	248,11
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	SÃO LUIZ	SAO LUIZ	ES	10,5	5,7	1,4	220,00	242,57
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	MANTIQUEIRA	SERRA NEGRA	MG	3,0	1,8	1,8	228,00	251,39
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	TIBAGI ENERGIA	TIBAGI MONTANTE	PR	36,0	21,0	1,2	157,08	173,20
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	SÃO ROQUE ENERGÉTICA	UHE SÃO ROQUE	SC	141,9	91,3	60,0	157,08	173,20
30ºLEN	18/10/19	Energia Nova	VERDE 2	VERDE 02 BAIXO	GO	22,5	12,9	11,0	234,20	258,23

O resultado obtido foi de **R\$ 237,00/MWh**, na data-base de junho de 2021.

Destaca-se que para o Leilão de Energia A-4 de 2021 o preço teto alcançou o valor de **R\$ 292,00/MWh**.

Nesse sentido, optou-se por fazer uma análise de sensibilidade dos valores de venda de energia, para a definição da potência instalada da PCH SU-118. Esta análise se encontra apresentada no item subsequente.

11.3. Estudos de Motorização

Os estudos de motorização da PCH SU-118 objetivaram a definição de sua potência instalada, por meio da análise da relação entre a variação do custo de implantação e a variação do benefício gerado por cada alternativa de motorização.

Inicialmente, foi feito um “mapeamento” energético do sítio, para várias potências instaladas, com estimativas das energias médias, de seus respectivos fatores de capacidade, vazões turbinadas máximas e permanência destas na série de vazões médias mensais. Este estudo preliminar objetivou a escolha da faixa de potências a serem estudadas, em maior nível de detalhamento, nos estudos de motorização.

A Tabela 11-4 apresenta os resultados dessas simulações energéticas, considerando uma perda de carga média de 2% da queda bruta. Ressalta-se que nos estudos de motorização propriamente ditos, etapa na qual são levantadas as curvas de perda de carga no circuito de adução, os valores poderão diferir dos apresentados na referida tabela.

Tabela 11-4: Mapeamento energético preliminar

P_{inst} (MW)	E_{med} (MW _{med})	f_{c-med}	ΔE_{med} (MW _{med})	Q_{turb} (m ³ /s)	% perm ₁	% perm ₂	Despacho (% do tempo)
6,00	5,82	0,97	-	28,00	100,00%	95,48%	100,00%
6,10	5,91	0,97	0,09	28,46	100,00%	93,34%	100,00%
6,20	6,00	0,97	0,09	28,93	100,00%	90,46%	100,00%
6,30	6,09	0,97	0,09	29,40	100,00%	86,72%	100,00%
6,40	6,18	0,97	0,09	29,86	99,62%	84,35%	100,00%
6,50	6,26	0,96	0,08	30,33	99,24%	79,99%	100,00%
6,60	6,34	0,96	0,08	30,80	98,77%	76,73%	100,00%
6,70	6,42	0,96	0,08	31,26	96,86%	74,04%	100,00%
6,80	6,49	0,95	0,07	31,73	94,04%	70,09%	100,00%
6,90	6,56	0,95	0,07	32,20	92,25%	65,72%	100,00%
7,00	6,62	0,95	0,06	32,66	87,81%	61,04%	100,00%
7,10	6,68	0,94	0,06	33,13	84,69%	55,60%	100,00%
7,20	6,73	0,94	0,05	33,60	81,17%	49,15%	100,00%
7,30	6,78	0,93	0,05	34,06	78,52%	43,74%	100,00%
7,40	6,82	0,92	0,04	34,53	74,96%	39,09%	100,00%
7,50	6,86	0,92	0,04	35,00	70,51%	35,20%	100,00%
7,60	6,89	0,91	0,03	35,46	66,95%	32,74%	100,00%
7,70	6,93	0,90	0,03	35,93	63,02%	29,48%	100,00%
7,80	6,95	0,89	0,03	36,40	59,86%	27,09%	100,00%
7,90	6,98	0,88	0,02	36,86	52,71%	26,00%	100,00%
8,00	7,00	0,88	0,02	37,33	47,34%	23,63%	100,00%
8,10	7,02	0,87	0,02	37,80	41,75%	21,81%	100,00%
8,20	7,04	0,86	0,02	38,26	36,24%	20,49%	100,00%
8,30	7,06	0,85	0,02	38,73	33,92%	18,44%	100,00%
8,40	7,08	0,84	0,02	39,20	31,65%	16,07%	100,00%
8,50	7,09	0,83	0,01	39,66	28,90%	13,48%	100,00%
8,60	7,11	0,83	0,01	40,13	26,49%	12,15%	100,00%
8,70	7,12	0,82	0,01	40,60	24,56%	10,57%	100,00%
8,80	7,12	0,81	0,01	41,06	23,02%	9,23%	100,00%
8,90	7,13	0,80	0,01	41,53	20,74%	7,35%	100,00%
9,00	7,14	0,79	0,01	42,00	20,17%	5,88%	100,00%
9,10	7,14	0,79	0,00	42,46	18,85%	5,32%	100,00%
9,20	7,15	0,78	0,00	42,93	16,47%	3,41%	100,00%
9,30	7,15	0,77	0,00	43,40	14,37%	2,69%	100,00%
9,40	7,15	0,76	0,00	43,86	12,22%	1,60%	100,00%
9,50	7,15	0,75	0,00	44,33	11,12%	1,35%	100,00%
9,60	7,15	0,75	0,00	44,80	9,29%	0,77%	100,00%

P_{inst} (MW)	E_{med} (MW _{med})	f_{c-med}	ΔE_{med} (MW _{med})	Q_{turb} (m ³ /s)	% perm ₁	% perm ₂	Despacho (% do tempo)
9,70	7,15	0,74	0,00	45,26	8,37%	0,60%	100,00%
9,80	7,15	0,73	0,00	45,73	6,81%	0,17%	100,00%
9,90	7,16	0,72	0,00	46,20	5,43%	0,07%	100,00%
10,00	7,16	0,72	0,00	46,66	4,53%	0,00%	100,00%

- P_{inst} : potência instalada de referência;
- E_{med} : energia média (média do período total da série histórica de simulação);
- f_{c-med} : fator de capacidade médio;
- ΔE_{med} : variação de energia média;
- Q_{turb} : vazão turbinada total;
- %perm₁ : porcentagem da vazão turbinada total na curva de permanência de vazões médias mensais, sem descontar as vazões remanescentes;
- %perm₂ : porcentagem da vazão turbinada total na curva de permanência de vazões médias mensais, descontadas as vazões remanescentes;
- Despacho : garantia de despacho, em % do tempo (vazão unitária mínima operacional).

A Figura 11-1 mostra a curva preliminar de energia média estimada para o aproveitamento.

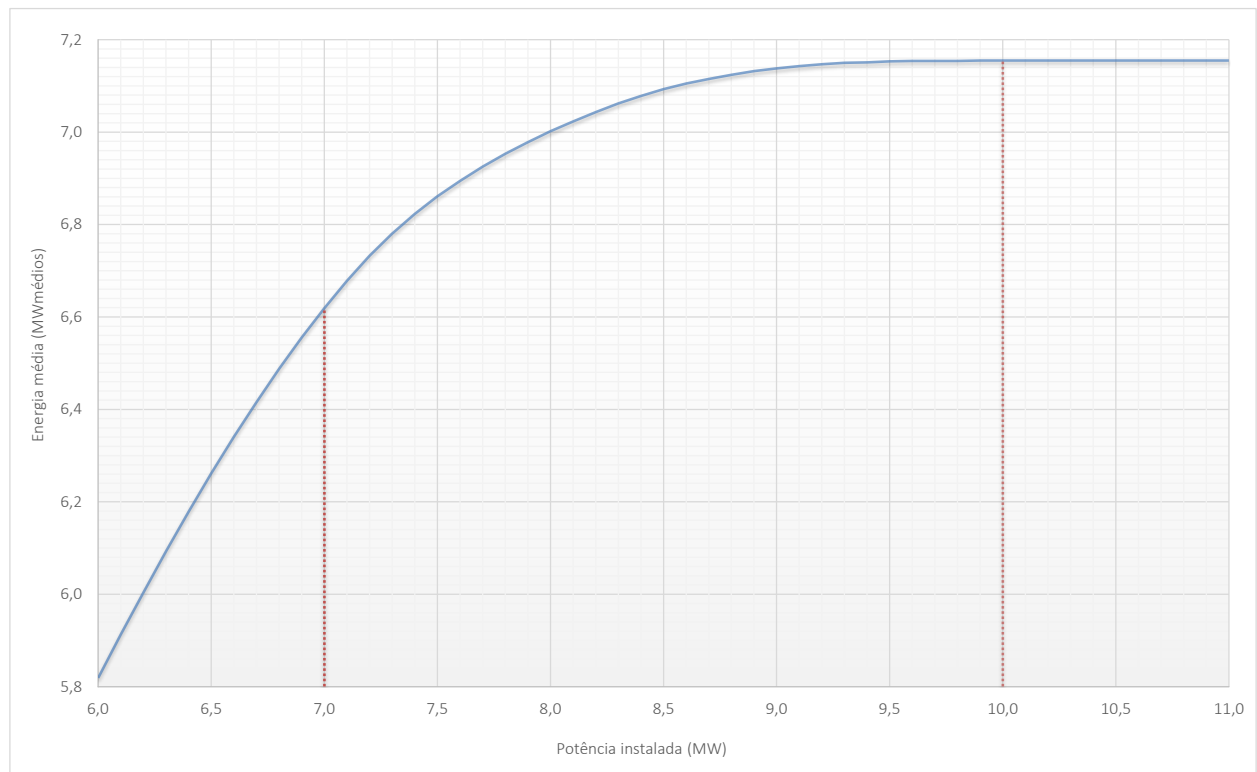


Figura 11-1: Curva de energia média produzida (preliminar)

Os resultados preliminares mostraram que a faixa operativa da usina, a ser detalhada nos estudos de motorização, estaria entre 7,0 MW e 9,5 MW, potência a partir da qual a curva de energia se mostra nitidamente saturada.

Sendo assim, os estudos de motorização abrangeram a faixa de potências instaladas entre **7,0 MW** e **10,0 MW**, com incremento de **0,5 MW**.

Para cada potência, foram dimensionadas e quantificadas as estruturas principais do circuito de geração.

Para garantir maior precisão nestes estudos, estimaram-se, para cada alternativa de potência instalada, as perdas de carga em todo o circuito de adução, representadas por meio de equações inseridas no modelo computacional desenvolvido para os estudos energéticos.

O canal de adução será escavado em solo e totalmente revestido em manta PEAD, tendo a montante uma estrutura de controle em concreto.

O circuito sob pressão foi previsto em conduto metálico e deverá trabalhar com velocidades que garantam tanto a proteção contra sobrepresão como a regulação das máquinas.

A usina foi implantada, nesses estudos de motorização, com dois conjuntos turbina-gerador de eixo horizontal, do tipo Francis simples, de mesma potência.

A Tabela 11-5 seguinte apresenta os coeficientes das equações utilizadas para as perdas de carga no circuito de adução, em função da vazão turbinada total para o trecho em baixa pressão (tomada d'água de controle e canal de adução) e em função da vazão turbinada unitária para o trecho de alta pressão (entre a tomada d'água até a entrada da turbina, incluindo a saída do tubo de sucção).

Tabela 11-5: Estudos de motorização – Coeficientes das equações de perda de carga

P _{instalada} (MW)	h _{p1} = a(Q _{turb-tot}) ^b		h _{p2} = c(Q _{turb-unit}) ^d	
	a	b	c	d
7,00	1,9450602146E-04	1,9999999905E+00	2,9507052831E-03	1,9648360336E+00
7,50	1,6566801114E-04	2,0000000012E+00	2,5646957423E-03	1,9699302670E+00
8,00	1,3817939857E-04	2,0000000092E+00	2,0803256330E-03	1,9721244147E+00
8,50	1,1890749433E-04	2,0000000019E+00	1,8248296020E-03	1,9800082612E+00
9,00	1,0277399493E-04	2,0000000000E+00	1,5604043392E-03	1,9822924518E+00
9,50	8,7089083224E-05	1,9999999955E+00	1,4371612921E-03	1,9818079924E+00
10,00	7,5921630361E-05	2,0000000070E+00	1,1951762703E-03	1,9824664557E+00

A Tabela 11-6 apresenta os resultados das simulações energéticas. Os efeitos do aumento na motorização da PCH SU-118 processam-se apenas na própria usina, visto que operará a fio d'água.

Tabela 11-6: Estudos de Motorização – Simulações energéticas

P_{inst} (MW)	$H_{liq-ref}$ (m)	$H_{liq-proj}$ (m)	Q_{turb} (m ³ /s)	E_{med} (MW)	ΔE_{med} (MW)	f_{c-med}	% perm ₁	% perm ₂	Garantia de despacho
7,00	24,60	24,96	32,16	6,67	-	0,95	92,28%	65,85%	100%
7,50	24,60	25,00	34,46	6,95	0,29	0,93	75,22%	40,09%	100%
8,00	24,66	25,10	36,66	7,14	0,19	0,89	56,70%	26,57%	100%
8,50	24,66	25,15	38,95	7,26	0,12	0,85	33,66%	16,84%	100%
9,00	24,69	25,22	41,19	7,34	0,08	0,82	22,39%	8,41%	100%
9,50	24,72	25,27	43,42	7,38	0,04	0,78	14,33%	2,66%	100%
10,00	24,84	25,35	45,48	7,40	0,03	0,74	7,47%	0,29%	100%

- P_{inst} : potência instalada de referência;
- E_{med} : energia média (média do período total da série histórica de simulação);
- f_{c-med} : fator de capacidade médio;
- ΔE_{med} : variação de energia média;
- Q_{turb} : vazão turbinada total;
- $H_{liq-proj}$: queda líquida de projeto;
- $H_{liq-ref}$: queda líquida de referência;
- %perm₁ : porcentagem da vazão turbinada total na curva de permanência de vazões médias mensais, sem descontar as vazões remanescentes;
- %perm₂ : porcentagem da vazão turbinada total na curva de permanência de vazões médias mensais, descontadas as vazões remanescentes;
- Despacho : garantia de despacho, em % do tempo (vazão unitária mínima operacional).

A Figura 11-2 apresenta o comportamento da energia média em função da potência instalada.

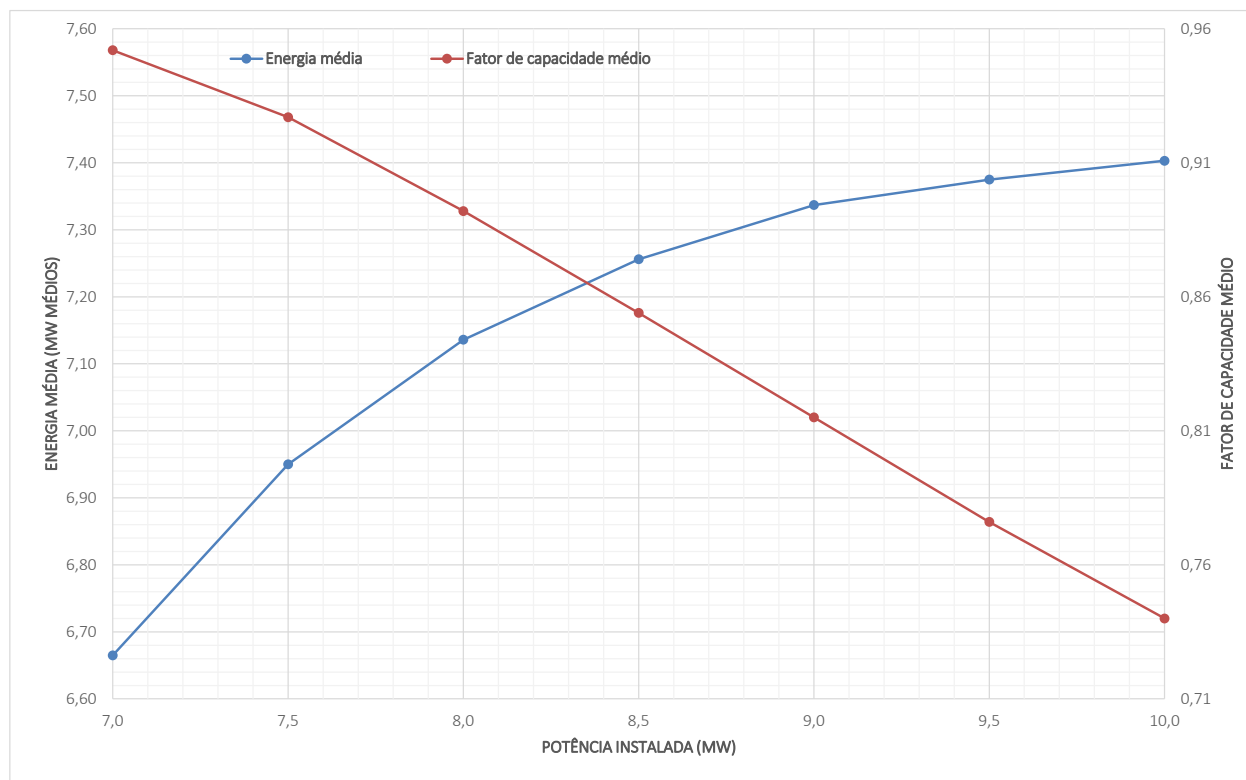


Figura 11-2: Estudos de Motorização – Energia média e Fator de Capacidade

Além da estimativa das energias médias geradas em cada alternativa, foram feitos levantamentos de quantidades e custos para as obras principais que sofrerão alterações com o acréscimo da potência instalada.

As quantidades que sofreram variações com os incrementos de potência são:

- Estrutura de controle do canal de adução: levantamento dos volumes de concreto e equipamentos;
- Canal de adução: levantamento das escavações em solo e do revestimento em PEAD;
- Tomada d'água de adução: levantamento dos volumes de concreto e equipamentos;
- Conduto forçado: levantamento dos volumes de concreto estrutural dos blocos e custos da blindagem metálica;
- Casa de força: levantamento dos volumes de concreto e custos de equipamentos eletromecânicos.

Nestes estudos de motorização optou-se por não quantificar os volumes de escavação a céu aberto na tomada d'água, conduto forçado, casa de força e canal de fuga, tendo em vista que os volumes diferenciais serão de pequena monta e não deverão impactar na escolha da motorização "ótima" do aproveitamento.

Em adição, considera-se essa envoltória como mais segura, uma vez que os diferenciais de custos, considerando-se as escavações, tenderiam a ser ligeiramente maiores, o que poderia levar o ponto "ótimo" da potência para um valor inferior ao determinado a partir das premissas aqui adotadas. A tabela seguinte apresenta alguns parâmetros do circuito de adução que sofreram variação com o aumento da potência instalada e, conseqüentemente, da vazão turbinada.

Tabela 11-7: Estudos de Motorização – Parâmetros do circuito de adução alterados com a potência instalada

Parâmetros	P = 7,0 MW	P = 7,5 MW	P = 8,0 MW	P = 8,5 MW	P = 9,0 MW	P = 9,5 MW	P = 10,0 MW
H _{liq-referência} (m)	24,60	24,60	24,66	24,66	24,69	24,72	24,84
H _{liq-projeto} (m)	24,96	25,00	25,10	25,15	25,22	25,27	25,35
Q _{turb-total} (m ³ /s)	32,16	34,46	36,66	38,96	41,20	43,42	45,49
N _{unidades}	2	2	2	2	2	2	2
P _{turbina} (kW)	3.609	1.933	1.375	1.096	928	817	737
n _{turbina} (rpm)	400,00	400,00	360,00	360,00	360,00	360,00	327,27
P _{gerador} (kVA)	3.889	4.167	4.445	4.723	5.000	5.278	5.556
n _{gerador} (rpm)	400,00	400,00	360,00	360,00	360,00	360,00	327,27
η _{turb}	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%
η _{ger}	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%
L _{Canal} (m)	1.950	1.950	1.950	1.950	1.950	1.950	1.950
b _{Canal} (m)	4,30	4,40	4,60	4,70	4,80	5,00	5,10
d _{cond} (m)	2,70	2,80	2,90	3,00	3,10	3,20	3,30
L _{CF-bloco} (m)	14,00	14,00	15,00	15,00	16,00	16,00	17,00
L _{AM} (m)	9,00	9,00	10,00	10,00	10,00	10,00	11,00
L _{CF-total} (m)	37,00	37,00	40,00	40,00	42,00	42,00	45,00
V _{escav-canal} (m ³)	272.287	274.318	277.694	279.722	281.749	285.127	287.150
PEAD (m ²)	43.682	44.661	45.811	46.787	47.760	48.913	49.882
V _{conc-TA-canal} (m ³)	404	409	414	419	423	428	432
V _{conc-TA} (m ³)	1.642	1.680	1.716	1.754	1.790	1.830	1.864
V _{conc-conduto} (m ³)	460	496	534	559	600	627	671
V _{conc-CF} (m ³)	3.060	3.102	3.410	3.449	3.675	3.711	4.002
Blindagem (t)	203	213	220	228	235	243	250

Uma vez levantadas as quantidades foram elaborados orçamentos preliminares, tendo como base o Orçamento Padrão Eletrobrás – OPE, contendo apenas as contas relativas aos itens que sofreram variação, para a estimativa, em cada alternativa, dos correspondentes incrementais de custos.

As outras contas (barragem, vertedouro, desvio do rio, etc.) não devem variar com a potência instalada, e serão quantificadas apenas para a alternativa final de motorização.

Os custos de investimento, apenas do circuito de geração da usina, estão apresentados nas tabelas seguintes. Estes foram estimados por meio levantamento de quantidades, sendo a base de dados dos custos unitários atualizada para a data de junho/2021.

Tabela 11-8: Estudos de Motorização – Estimativa de custos do circuito de geração (R\$ x 10³)

Conta	P = 7,0 MW	P = 7,5 MW	P = 8,0 MW	P = 8,5 MW	P = 9,0 MW	P = 9,5 MW	P = 10,0 MW
.10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
.11	5.939,79	6.074,25	6.603,57	6.733,16	7.141,01	7.266,76	7.770,20
.12	14.998,97	15.435,22	15.951,22	16.347,48	16.724,77	17.185,64	17.623,00
.13	10.861,88	11.365,51	12.405,46	12.930,41	13.506,77	14.017,71	15.166,69
.14	2.932,71	3.068,69	3.349,48	3.491,21	3.646,83	3.784,78	4.095,00
.15	610,74	631,80	694,98	737,10	758,16	800,28	863,46
.16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Custo Direto	35.344,09	36.575,47	39.004,71	40.239,36	41.777,54	43.055,17	45.518,35
Custos Indiretos	4.580,58	4.740,16	5.055,02	5.215,02	5.414,39	5.579,96	5.899,18
Custo Total s/ Juros	39.924,67	41.315,63	44.059,73	45.454,38	47.191,93	48.635,13	51.417,53
JDC	3.992,47	4.131,56	4.405,97	4.545,44	4.719,19	4.863,51	5.141,75
Custo Total	43.917,14	45.447,19	48.465,70	49.999,82	51.911,12	53.498,64	56.559,28

* custo total do circuito de geração – estrutura de controle, canal de adução, tomada d'água, conduto forçado e casa de força.

Na tabela anterior, foram considerados percentuais de 8% para os eventuais de cada conta e de 10% para os juros durante a construção. Os custos indiretos possuem pequena variação, em função de contas representadas por percentuais do custo direto da obra.

A Tabela 11-9 apresenta os custos totais anuais de cada alternativa de motorização, e suas variações, ou incrementos. Para a estimativa dos custos de operação e manutenção, foi adotado o seguinte parâmetro:

- Custo de operação e manutenção (O&M) R\$ 16,00/MWh

Tabela 11-9: Estudos de Motorização – Estimativa de custos do circuito de geração

P _{inst} (MW)	Custo total* (R\$)	ΔC _{total} (R\$)	O&M (R\$/ano)	Custo total anual (R\$)	ΔC _{anual} (R\$)
7,00	43.917.140	-	981.120	5.534.875	-
7,50	45.447.190	1.530.050	1.051.200	5.763.606	228.730
8,00	48.465.700	3.018.510	1.121.280	6.146.674	383.068
8,50	49.999.820	1.534.120	1.191.360	6.375.827	229.152
9,00	51.911.120	1.911.300	1.261.440	6.644.089	268.262
9,50	53.498.640	1.587.520	1.331.520	6.878.778	234.689
10,00	56.559.280	3.060.640	1.401.600	7.266.215	387.437

* custo total do circuito de geração – estrutura de controle, canal de adução, tomada d'água, conduto forçado e casa de força.

A análise dos incrementais dos custos totais do circuito de geração mostra variações entre R\$ 1.500.000,00 até R\$ 3.000.000,00.

Em linhas gerais, os incrementais de custos para o circuito de adução, para o aumento da potência instalada, ocorrerão nas seguintes condições:

- **Caso 1:** aumento da base do canal de adução;
- **Caso 2:** aumento do diâmetro do conduto forçado principal;
- **Caso 3:** aumento da espessura da chapa do conduto forçado;
- **Caso 4:** redução da rotação dos grupos geradores, para manter as submergências numa mesma faixa.

A Tabela 11-10 apresenta os parâmetros principais do circuito de adução para cada alternativa de potência instalada, podendo ser identificados os pontos nos quais houve alteração do circuito com relação ao passo anterior, impactando nos custos de implantação.

Tabela 11-10: Parâmetros do circuito de adução para cada alternativa de potência

P _{inst} (MW)	ΔC_{total} (R\$)	Largura da base do canal de adução [Caso 1]	Diâmetro (m) do conduto principal [Caso 2]	Espessura (mm) do conduto principal [Caso 3]	Rotação dos grupos geradores (rpm) [Caso 4]
7,00	-	4,30	2,70	9,53	400,00
7,50	1.530.050	4,40	2,80	9,53	400,00
8,00	3.018.510	4,60	2,90	9,53	360,00
8,50	1.534.120	4,70	3,00	9,53	360,00
9,00	1.911.300	4,80	3,10	9,53	360,00
9,50	1.587.520	5,00	3,20	9,53	360,00
10,00	3.060.640	5,10	3,30	9,53	327,27

Os resultados mostram que os maiores incrementais de custos foram observados na mudança na rotação dos grupos geradores (7,5 MW para 8,0 MW e 9,5 MW para 10,0 MW).

Para as estimativas do benefício econômico de cada alternativa de motorização foram consideradas as seguintes premissas:

- Taxa de juros..... 10% a.a.
- Período da autorização..... 35 anos
- Valores de venda da energia:
 - Cenário 01 R\$ 237,00/MWh
 - Cenário 02 R\$ 292,00/MWh

O Cenário 01 apresenta um valor de venda da energia compatível com a média dos últimos anos dos Leilões de Energia no ACR, para a mesma fonte, conforme mostrado no item 11.2.

Já o Cenário 02 resulta do preço teto definido para o Leilão de Energia Nova A-4 realizado em julho de 2021, praticamente na mesma data-base dos estudos.

A Tabela 11-11 apresenta as variações de custo/benefício ($\Delta C/\Delta B$) para cada alternativa de motorização, considerando os dois cenários pré-determinados. A análise dos resultados permitirá a escolha da potência

instalada da usina, cujo valor mínimo está associado ao ponto no qual a variação de custo de implantação ainda não supera o benefício gerado pelo empreendimento, ou seja, no ponto onde o índice $\Delta C/\Delta B$ for próximo de 1,0.

Os resultados também podem ser observados no gráfico da Figura 11-3. Nestes apresentam-se o comportamento da variação do incremental de custo anual pelo incremental do benefício anual, em função da potência instalada.

Tabela 11-11: Estudos de Motorização – Variação Custo/Benefício anual para cada potência instalada

P _{inst} (MW)	ΔC_{anual} (R\$)	Cenário 01 (R\$ 237,00/MWh)			Cenário 02 (R\$ 292,00/MWh)		
		B _{anual} (R\$)	ΔB (R\$)	$\Delta C/\Delta B$	B _{anual} (R\$)	ΔB (R\$)	$\Delta C/\Delta B$
7,00	-	13.847.720	-	-	17.061.326	-	-
7,50	228.730	14.429.034	581.314	0,39	17.777.544	716.218	0,32
8,00	383.068	14.823.497	394.463	0,97	18.263.549	486.005	0,79
8,50	229.152	15.072.631	249.134	0,92	18.570.499	306.950	0,75
9,00	268.262	15.238.721	166.090	1,62	18.775.133	204.634	1,31
9,50	234.689	15.321.766	83.045	2,83	18.877.450	102.317	2,29
10,00	387.437	15.363.288	41.522	9,33	18.928.608	51.158	7,57

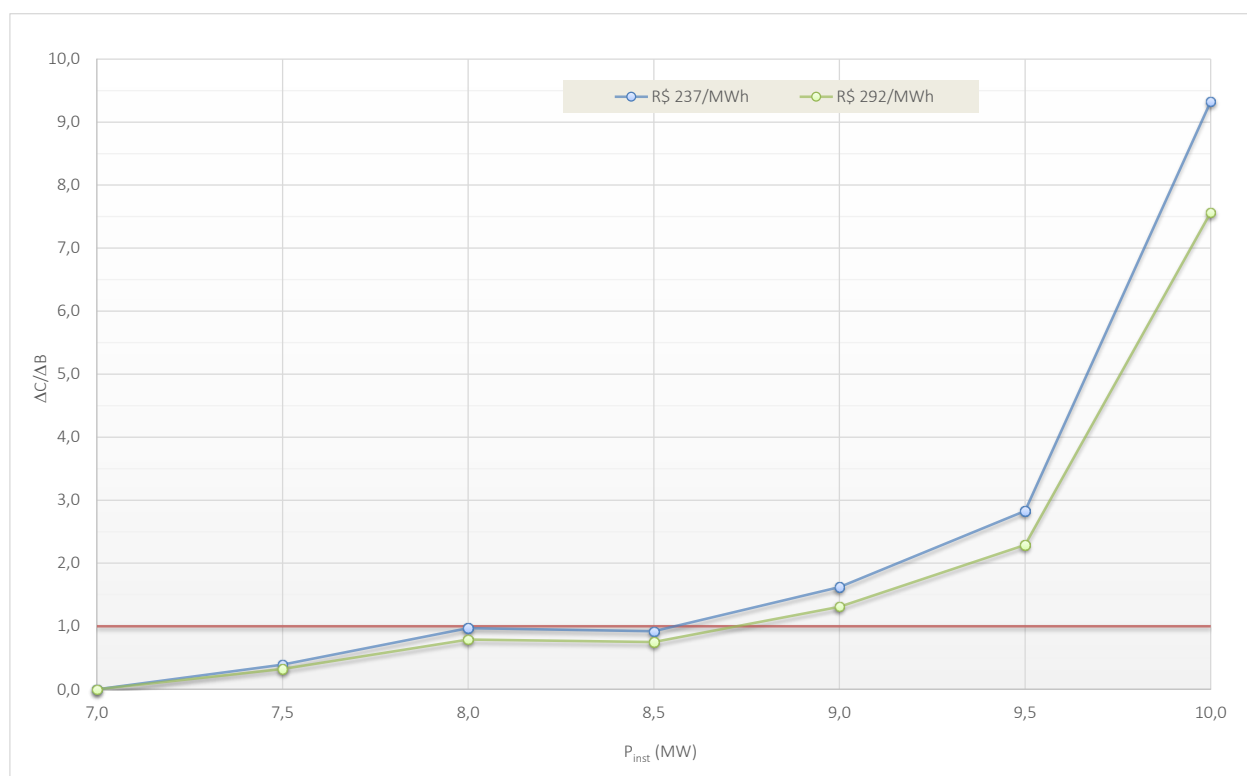


Figura 11-3: Estudos de Motorização – Variação custo/benefício

De acordo com os resultados obtidos, o índice $\Delta C/\Delta B$ assumiu definitivamente valores superiores à unidade a partir da incremental de 8,5 MW para 9,0 MW para ambos os cenários avaliados.

Ante ao exposto, foi definida a potência instalada de **8,5 MW** para a PCH SU-118.

Para esta potência associa-se um fator de capacidade de aproximadamente 0,85 e uma vazão turbinada com permanência de aproximadamente 17% do tempo (descontando as vazões remanescentes), comprovando que não há qualquer evidência de submotorização.

A estimativa dos custos finais do aproveitamento, com base no dimensionamento final e detalhamento de suas estruturas principais, será realizada para a referida potência.

11.4. Determinação do Número de Unidades Geradoras

Em função do pequeno porte do empreendimento e da boa capacidade de regularização da bacia, optou-se, por razões econômicas, pela implantação de duas unidades geradoras tipo Francis simples de eixo horizontal na PCH SU-118, o que resultará em garantia de despacho em 100% do tempo.

11.5. Estudos de Otimização do Circuito de Adução

Após as definições das posições finais das estruturas do circuito e da modulação das unidades geradoras, foram promovidas otimizações no projeto do conduto forçado, com relação ao estimado na fase de motorização.

Após todos os dimensionamentos, o circuito de adução otimizado foi devidamente implantado.

11.6. Determinação da Energia Média da PCH

Após a implantação do circuito otimizado, foi elaborada a curva de perdas de carga para balizar os estudos energéticos finais do aproveitamento.

As perdas hidráulicas no circuito de adução foram estimadas por meio de equações em função das características físicas do circuito, desde a tomada d'água de controle do canal de adução até a entrada das turbinas, incluindo também a saída do tubo de sucção e o canal de fuga.

De maneira geral, as perdas no circuito final, h_p , foram representadas pela seguinte relação:

$$h_p = h_{p1} + h_{p2} + h_{p-\text{canal de fuga}}$$

onde

h_{p1} : perdas hidráulicas no circuito de baixa pressão, desde a tomada d'água de controle do canal até a câmara de carga, em função da vazão turbinada total;

h_{p2} : perdas hidráulicas no circuito de alta pressão, desde a tomada d'água até a entrada da turbina e também a saída do tubo de sucção, em função da vazão turbinada unitária;

$h_{p-\text{canal de fuga}}$: perdas hidráulicas no canal de fuga (valor nominal, devido à pequena magnitude).

A Figura 11-4 apresenta as referidas curvas, que relacionam as perdas de carga com as vazões turbinadas totais para o trecho de baixa pressão e unitárias para o trecho de alta pressão.

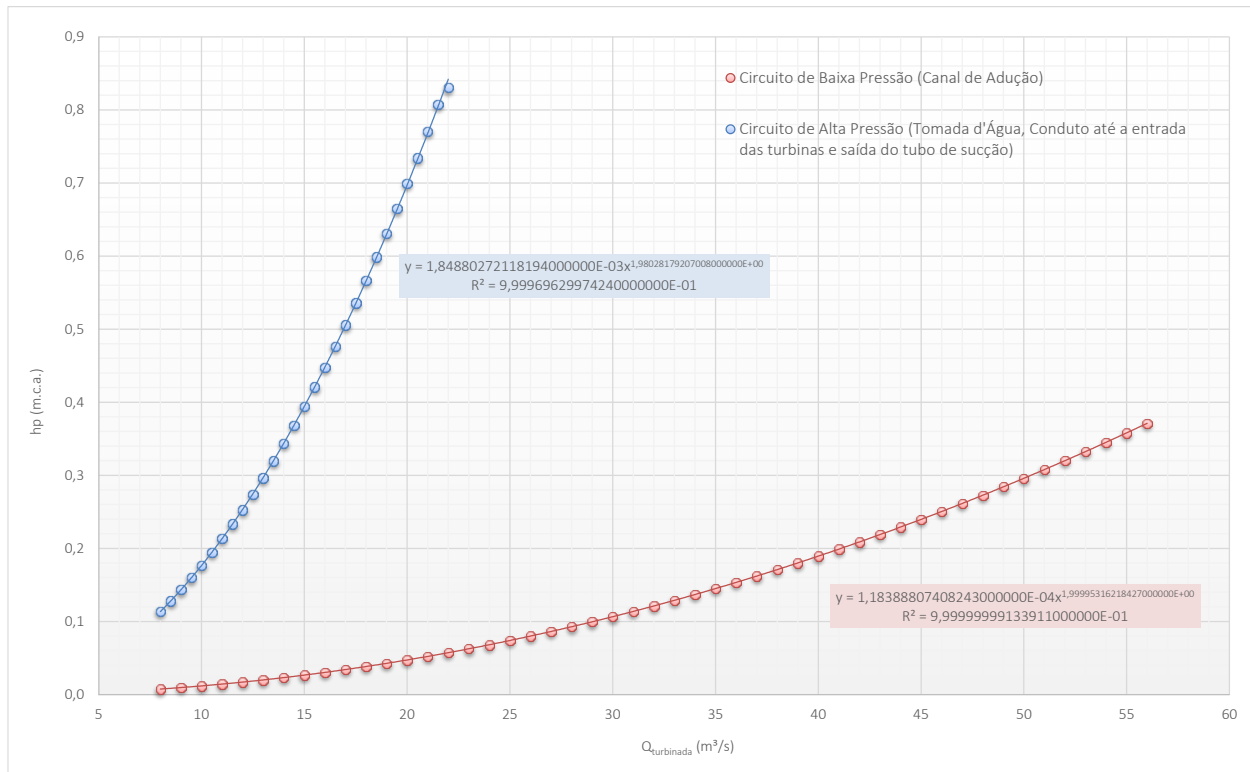


Figura 11-4: Curvas de perdas de carga no circuito de adução

$$h_{p1} = 1,18388807408243 \times 10^{-4} Q_{turb-tot}^{1,99995316218427}$$

$$h_{p2} = 1,84880272118194 \times 10^{-3} Q_{turb-unit}^{1,98028179207008}$$

$$h_{p-canal\ de\ fuga} = 0,01\ m$$

Com isso, estimou-se a energia média gerada pela PCH SU-118, resultando em 7,26 MW médios, já descontadas as indisponibilidades.

A Figura 11-5 mostra a curva de energia produzida no aproveitamento, representada pela área abaixo da curva em azul, considerando a série de vazões médias mensais turbináveis (descontadas as vazões remanescentes).

Observa-se que à potência instalada de 8,5 MW, definida como o ponto ótimo de motorização, associa-se uma vazão turbinada máxima de 39,0 m³/s, cujo valor tem permanência, na série de vazões médias mensais turbináveis, de aproximadamente 17% do tempo, o que evidencia que a usina não está submotorizada.

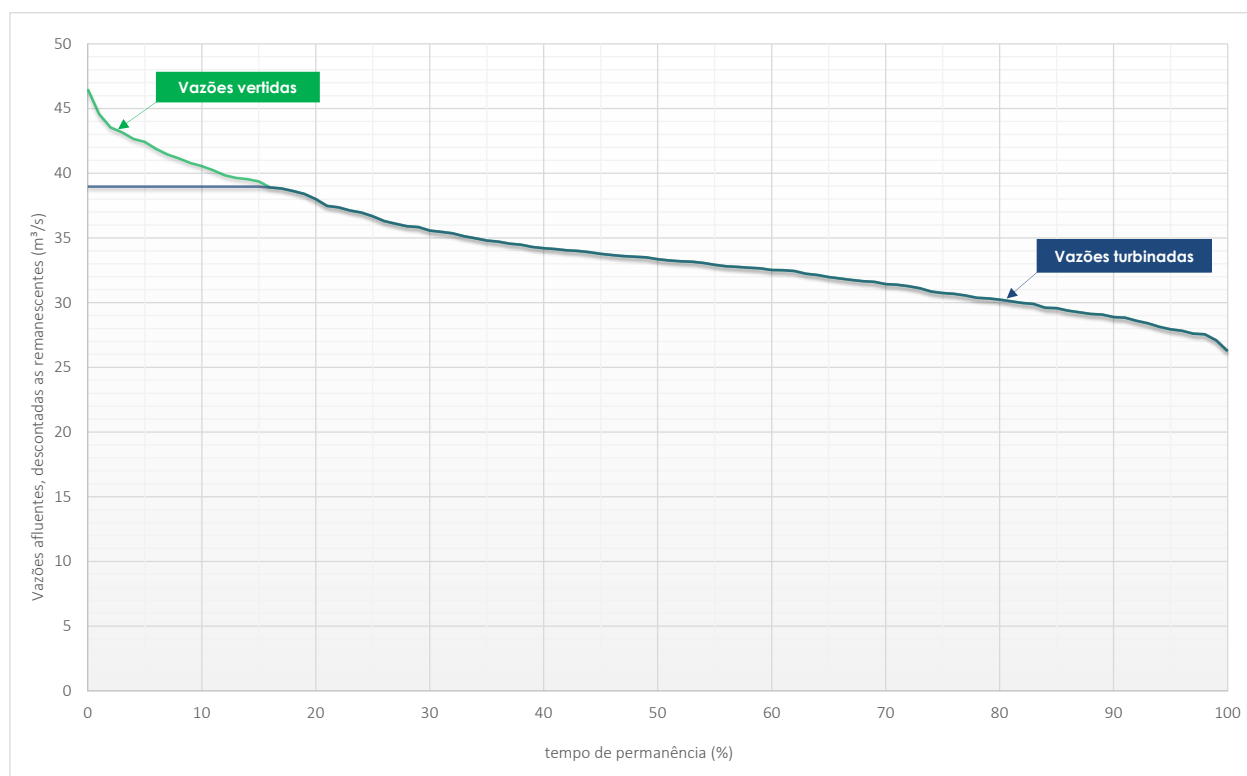


Figura 11-5: Curva de energia produzida pelo aproveitamento (série de vazões turbináveis)

11.7. Determinação das Quedas de Projeto e de Referência

A Figura 11-6 apresenta a curva de permanências de quedas brutas, uma vez que haverá oscilações no canal de fuga da usina para vazões afluentes superiores a 33 m³/s.

A Figura 11-7 apresenta a curva de permanências de quedas líquidas, na qual foram descontadas as perdas de carga impostas para cada valor de vazão a ser turbinada.

A queda líquida de referência do aproveitamento foi definida como a queda com 95% do tempo de permanência, na curva mostrada na Figura 11-7. O dimensionamento das turbinas deverá ser feito a partir dessa queda, com vistas à definição do engolimento máximo de cada unidade.

A queda líquida de projeto, por sua vez, foi estimada por meio do cálculo do valor médio ponderado com a produção energética, de acordo com a equação seguinte:

$$h_{liq-proj} = \frac{\sum_{i=1}^n h_{liq-i} E_{med-i}}{\sum_{i=1}^n E_{med-i}}$$

onde n é o número de meses da simulação energética.

Essa queda estará associada ao ponto no qual o rendimento da turbina é máximo, e deve ser utilizada para o cálculo da energia assegurada da usina.

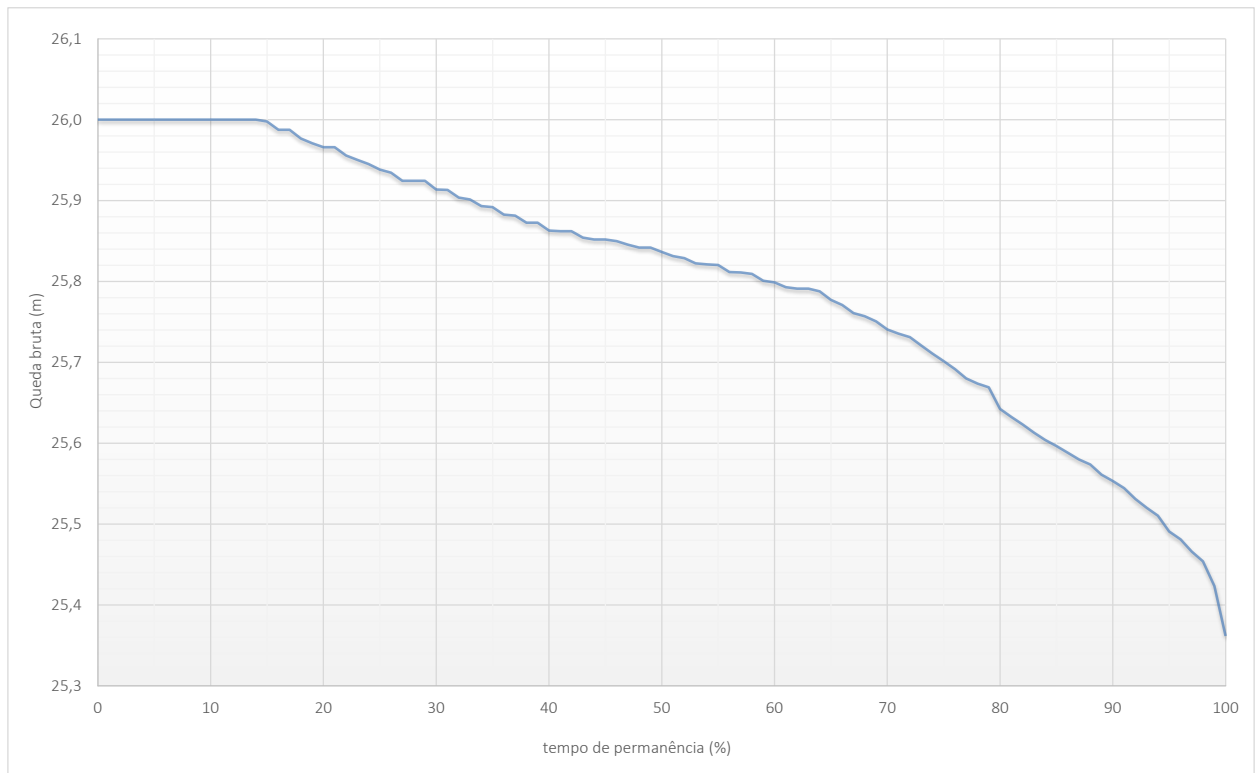


Figura 11-6: Curva de permanência de quedas brutas

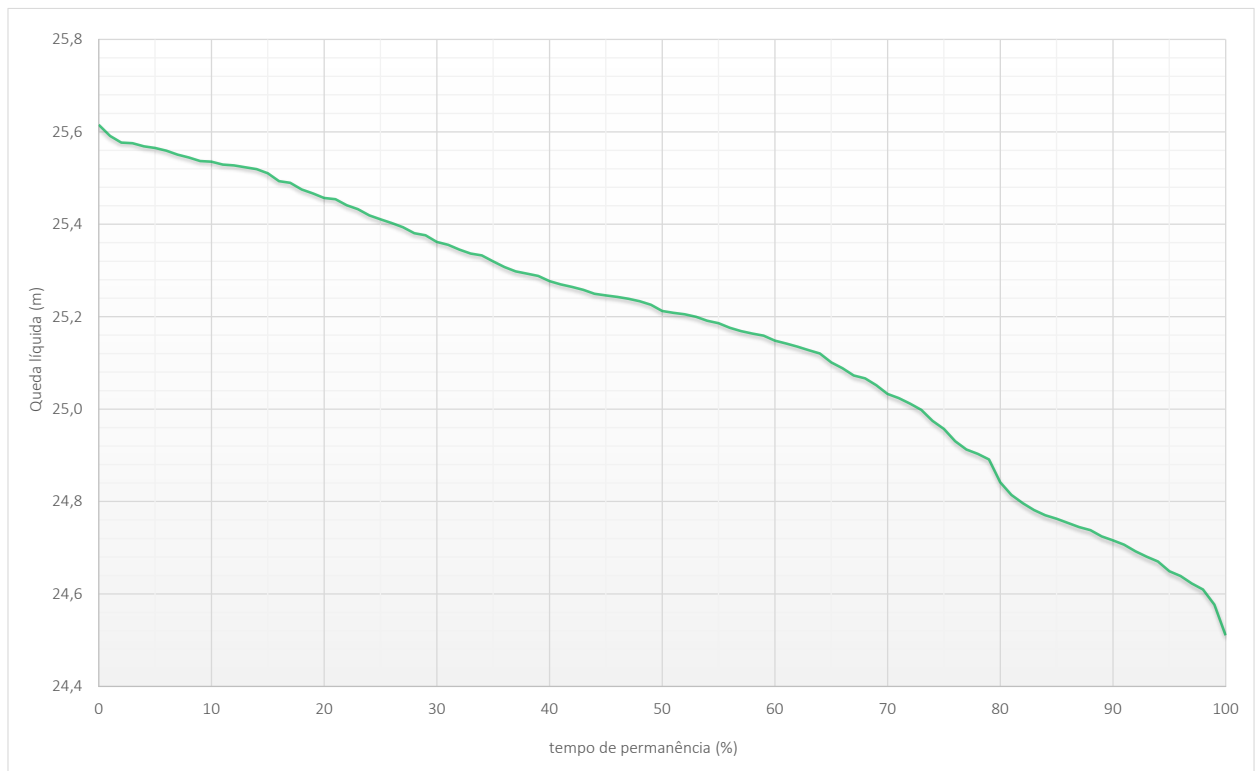


Figura 11-7: Curva de permanência de quedas líquidas

Dessa forma, os seguintes valores foram calculados e adotados:

- Queda líquida de referência24,65 m
- Queda líquida de projeto25,14 m

11.8. Garantia Física da PCH

A Garantia Física (GF) da PCH SU-118 será calculada pelo MME, por meio da metodologia definida na Portaria nº 463/2009, a partir dos parâmetros aprovados pela ANEEL.

Em relação à energia média estimada no item 11.6, a GF apresenta as seguintes diferenças conceituais, de acordo com a referida Portaria do MME:

- Utilização da queda bruta nominal, associada à vazão turbinada nominal;
- Utilização da perda de carga hidráulica nominal, ou seja, associada à vazão turbinada nominal, desconsiderando as variações mensais calculadas por meio da curva de perdas hidráulicas;
- Inserção das perdas no consumo interno;
- Inserção das perdas elétricas no sistema de transmissão.

A queda bruta nominal, segundo entendimento da EPE, é a diferença entre o NA do reservatório e o NA do canal de fuga associado à vazão turbinada nominal, ou seja:

- NA máximo do reservatório353,00 m
- Vazão turbinada nominal 38,80 m³/s
- Vazão remanescente máxima 4,27 m³/s
- Vazão defluente nominal (turbina nominal + remanescente máxima) 43,07 m³/s
- NA de jusante para a condição nominal:
 - Curva-chave natural (NA associado à vazão defluente nominal)327,40 m
 - NA da usina de jusante327,00 m
 - Valor adotado327,40 m
- Queda bruta nominal25,60 m

De acordo com o modelo elaborado para a PCH, as perdas hidráulicas nominais representam 0,85 m, valor equivalente a aproximadamente 3,3% da queda bruta, conforme a seguinte distribuição:

$$h_p = h_{p1} + h_{p2} + h_{p-\text{canal de fuga}}$$

$$h_{p1} = 0,18 \text{ m (trecho de baixa pressão)}$$

$$h_{p2} = 0,66 \text{ (trecho de alta pressão)}$$

$$h_{p-\text{canal de fuga}} = 0,01 \text{ m}$$

$$h_p = 0,18 \text{ m} + 0,66 \text{ m} + 0,01 \text{ m} = 0,85 \text{ m}$$

As perdas no consumo interno, calculadas de acordo com proposta da ANEEL, representariam 0,3% da potência instalada, tendo sido assumidos 30 kW médios para o projeto.

As perdas elétricas na transmissão, também calculadas por metodologia proposta pela ANEEL, seriam dadas por meio da seguinte equação:

$$h_{p-elet} = \frac{RL \sum_{i=1}^n \left\{ \min \left[\frac{9,81[Q_i - (q_r + q_u)](H_b - h)\eta_{tg}}{1000}; P_{inst} \right] - C_{int} \right\}^2}{V^2 n} \quad (MW \text{ médios})$$

onde

- R : Resistência ôhmica do condutor (Ohms/km);
- L : Comprimento da linha de transmissão (km);
- P_{inst} : Potência instalada da Central Geradora (MW);
- V : Tensão na linha de interesse restrito (kV);
- C_{int} : consumo interno (MWMédio);
- n : Quantidade de meses do histórico de vazões;
- Q_i : Vazão média do mês i do histórico de vazões (m^3/s);
- q_r : Vazão remanescente do aproveitamento (m^3/s);
- q_u : Vazão de uso consuntivos (m^3/s);
- H_b : Queda bruta nominal (m);
- h : Perdas hidráulicas nominais (m);
- η_{tg} : Rendimento do conjunto turbina e gerador (%)

A conexão da PCH SU-118 com o sistema elétrico da ENERGISA-MT deverá ser efetuada na Subestação Manobra Sapezal, em conjunto com as PCHs SU-104, SU-93 e SU-75, conforme croqui mostrado na Figura 11-8.

Para a conexão dos empreendimentos serão construídos quatro trechos de linhas de transmissão em circuito simples, conforme mostrado na Tabela 11-12.

Tabela 11-12: Linha de Transmissão – Trechos até a SE Manobra Sapezal

Trecho	Descrição	P _{máxima} (kW)	Tensão (kV)	Extensão (km)	Cabo
1	SU 118 - SU 104	8.500	34,5	7,0	336,4 MCM
2	SU 104 - SU 93	15.200	34,5	5,0	336,4 MCM
3	SU 75 - SU 93	8.100	34,5	13,0	336,4 MCM
4	SU 93 - SE Manobra Sapezal	32.450	138,0	63,0	397,5 MCM

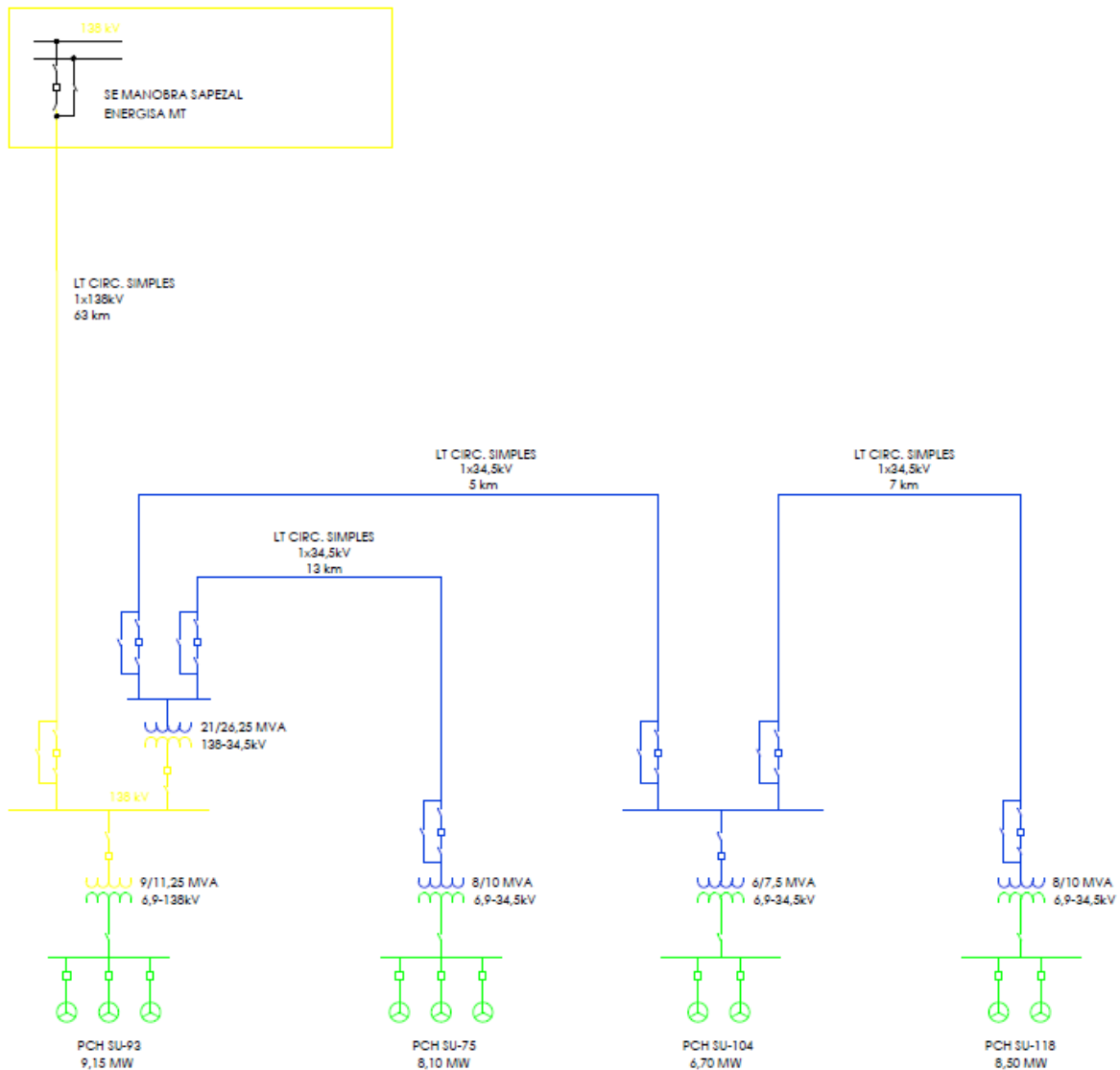


Figura 11-8: Croqui esquemático do sistema de conexão para as PCHs SU-118, SU-104, SU-93 e SU-75

As parcelas das perdas elétricas em cada trecho foram divididas de acordo com as potências instaladas de cada PCH, resultando na distribuição apresentada na Tabela 11-13.

Tabela 11-13: Perdas elétricas em cada trecho (distribuição entre as PCHs)

Trecho	PCH SU-118	PCH SU-104	PCH SU-93	PCH SU-75
1	100,0%	-	-	-
2	55,9%	44,1%	-	-
3	-	-	-	100,0%
4	26,2%	20,6%	28,2%	25,0%

Dessa forma, foram realizados os cálculos das perdas elétricas em cada trecho da conexão e distribuídos entre os aproveitamentos, resultando nos valores da Tabela 11-14.

Tabela 11-14: Perdas elétricas em cada trecho, em MW médios (valores finais por PCH)

Trecho	PCH SU-118	PCH SU-104	PCH SU-93	PCH SU-75
1	0,065	-	-	-
2	0,083	0,065	-	-
3	-	-	-	0,086
4	0,112	0,088	0,120	0,107
Total (MW médios)	0,260	0,153	0,120	0,193

Sendo assim, os parâmetros utilizados para a estimativa da GF foram os seguintes:

- Potência instalada..... 8.500 kW
- Número de unidades2
- Nível d'água máximo normal de montante353,00 m
- Nível d'água normal de jusante327,40 m
- Queda bruta nominal.....25,60 m
- Perda de carga nominal0,85 m
- Queda líquida nominal.....24,75 m
- Consumo interno 0,03 MW médios
- Perdas no sistema de transmissão..... 0,260 MW médios (3,80%)

De posse desses e dos demais dados já informados neste relatório, a Garantia Física da PCH SU-118 foi estimada em **6,84 MW médios**.

Este número, apesar de não ser oficial, será utilizado para as avaliações econômicas do empreendimento.

As Figura 11-9 e Figura 11-10 apresentam, respectivamente, as séries históricas de vazões vertidas e turbináveis, e a série histórica de potências geradas.

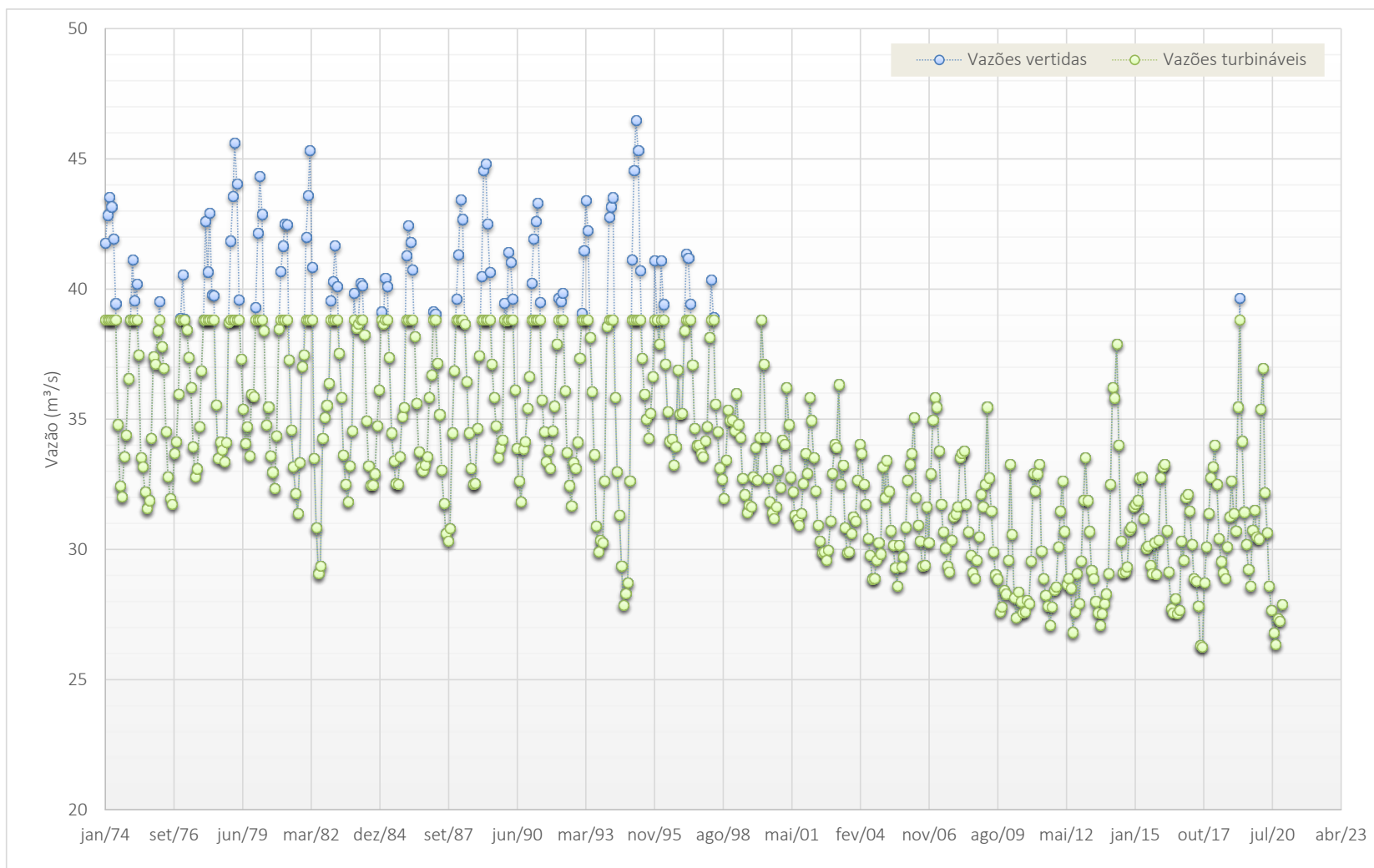


Figura 11-9: Séries históricas de vazões vertidas e turbináveis (1974 a 2020)

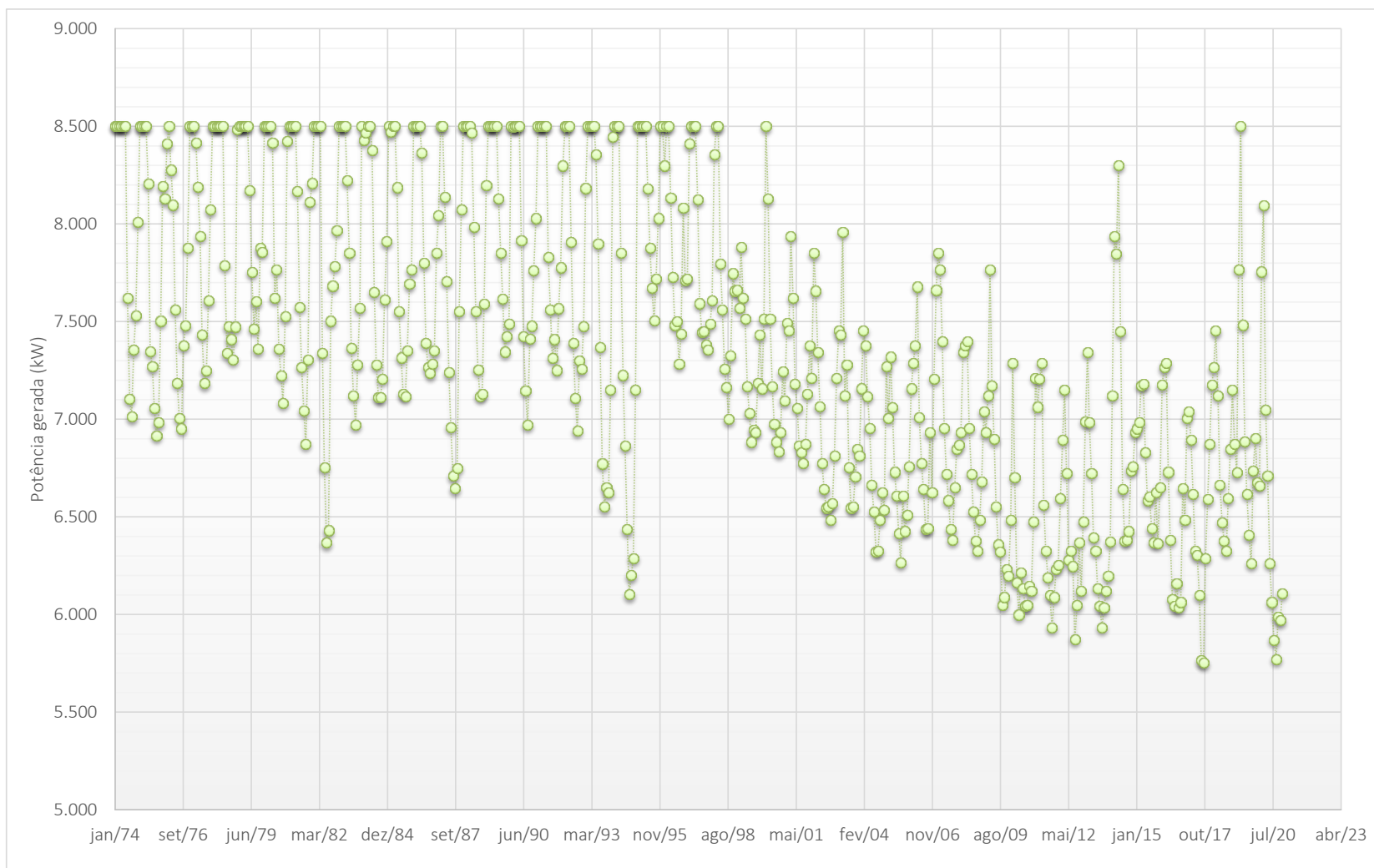


Figura 11-10: Série histórica de potências médias mensais (1974 a 2020)

11.9. Determinação das Características Finais do Empreendimento

Com base em todos os estudos realizados até o momento, e com vistas ao detalhamento das estruturas e equipamentos, podem-se definir, para a PCH SU-118, as seguintes características finais:

- Nível d'água máximo normal de montante	353,00 m
- Nível d'água máximo excepcional de montante	354,50 m
- Nível d'água mínimo de montante	353,00 m
- Nível d'água normal de jusante	327,40 m
- Nível d'água mínimo de jusante (despacho mínimo de uma máquina).....	326,00 m
- Nível d'água máximo excepcional de jusante	329,20 m
- Queda bruta nominal.....	25,60 m
- Perda de carga nominal	0,85 m
- Queda líquida nominal.....	24,75 m
- Queda líquida de referência	24,65 m
- Queda líquida de projeto.....	25,14 m
- Potência instalada.....	8,50 MW
- Energia média gerada (jan/1974 a dez/2020).....	7,26 MW médios
- Fator de capacidade	0,85
- Indisponibilidade programada	1,74%
- Indisponibilidade forçada	1,26%
- Tipo de turbina	Francis simples, eixo horizontal
- Número de unidades	2
- Vazão turbinada nominal (total).....	38,80 m ³ /s
- Vazão turbinada unitária nominal.....	19,40 m ³ /s
- Rendimento da turbina.....	93,0%
- Rendimento do gerador.....	97,0%
- Despacho mínimo da turbina.....	45% da vazão nominal unitária
- Vazão mínima turbinada.....	8,73 m ³ /s
- Potência unitária da turbina	4.382 kW
- Fator de potência.....	0,90
- Potência unitária do gerador	4.723 kVA
- Garantia Física (expectativa).....	6,84 MW médios
- Fator de capacidade	0,80

12. DETALHAMENTO DO PROJETO

Definidos os parâmetros energéticos para o aproveitamento, foram desenvolvidos os estudos finais de engenharia, nos quais o detalhamento das estruturas e a implantação do arranjo geral delas foram os principais objetivos.

O arranjo apresenta estruturas otimizadas em conformidade com o nível de precisão das informações disponíveis nesta etapa de estudos.

12.1. Arranjo Geral da Usina

A PCH SU-118 terá seu reservatório formado na El. 353,00 m, por meio de um barramento definido pelas coordenadas aproximadas 8.575.045N e 317.528E (ombreira direita) e 8.575.094N e 317.251E (ombreira esquerda).

A concepção do arranjo geral consiste em uma usina hidrelétrica de derivação, na qual as águas do rio Sauê-Uiná serão desviadas de seu leito natural e encaminhadas para a casa de força por meio de um canal de adução, onde serão turbinadas e posteriormente restituídas ao curso d'água. O circuito de adução será posicionado na margem esquerda do rio.

O barramento será constituído por barragem de terra com seção zonada, realizando o fechamento das duas ombreiras, estrutura de desvio incorporada ao barramento e vertedouro de soleira livre, ocupando o leito do rio e parte das margens direita e esquerda, além da tomada d'água de controle do canal de adução. Na margem direita, a ligação da barragem de terra com a estrutura de vertedouro será realizada por meio de um muro de topo, dimensionado para conter os espaldares da barragem. Na margem esquerda, a mesma solução de ligação se repete no encontro entre a barragem de terra e a barragem de concreto, formando um segundo muro de topo. Por fim, as estruturas do vertedouro, de desvio do rio e da tomada d'água de controle estão interligadas por trechos de barragem em concerto massa.

O barramento da PCH SU-118 terá, de ombreira a ombreira, um comprimento total de aproximadamente 293 m. Da extensão total de barramento, aproximadamente 54% (158 m) correspondem a obras de terra e 46% (135 m) a obras de concreto.

Com borda livre de 1,0 m e nível d'água máximo maximum do reservatório na El. 354,50 m, o coroamento da barragem foi fixado na El. 355,50 m, com 6,0 m de largura de crista.

O escoamento das vazões de cheia será feito por meio de um vertedouro de soleira livre localizado no leito do rio e parte das margens direita e esquerda. A estrutura vertente foi dimensionada para garantir a passagem da cheia milenar majorada pela unidade do coeficiente de Füller (124 m³/s). A passagem da cheia decamilenar (144 m³/s), também majorada pela unidade do coeficiente de Füller, foi verificada para que não ocorra galgamento das estruturas do barramento.

O vertedouro de soleira livre terá 31,0 metros de comprimento de crista, tendo sido dimensionado para uma carga de projeto de 1,5 m e projetado em traçado retilíneo e perpendicular ao curso natural do rio. A estrutura vertente será constituída por uma ogiva com paramento de montante inclinado (1,00V:0,30H), com o objetivo de se garantir a estabilidade da estrutura, e paramento de jusante com inclinação resultante de 1,00V:0,85H, após o trecho projetado com perfil tipo Creager.

Seu paramento de jusante será dotado de degraus para garantir a dissipação de parte da energia de fluxo das vazões vertidas. A energia remanescente do fluxo nos degraus será dissipada por ressalto hidráulico em uma pequena bacia a ser executada em concreto armado.

No muro esquerdo do vertedouro será embutida uma tubulação para garantia de escoamento da vazão remanescente durante as fases de enchimento do reservatório e de operação da usina.

A configuração do desvio do rio foi definida em duas etapas distintas e consecutivas. Na primeira etapa, as áreas em construção junto ao barramento permanecerão protegidas por meio de septos naturais de solo remanescente. Nesta etapa, as obras do barramento estarão concentradas na margem esquerda, com a conclusão das estruturas para o desvio de segunda etapa, sem interferências no leito natural do rio. Concomitante com as obras do barramento, seguirão as escavações do circuito de geração na também na margem esquerda, com escavação do canal de adução, câmara de carga, tomada d'água, condutos forçados e casa de força, estando esta última protegida por meio de septo natural de solo remanescente no canal de fuga.

Visando a continuidade das obras no leito e nas adjacências de suas duas margens, a segunda fase de desvio será caracterizada pela execução de ensecadeiras a montante e jusante do eixo de barramento, de forma a direcionar o fluxo para a estrutura de desvio de segunda etapa: um bloco estrutural com duas (2) adufas de desvio posicionada na margem esquerda do rio, interligada à estrutura do vertedouro e da tomada d'água de controle por trechos de barragens com seção em concreto massa.

De acordo com o planejamento construtivo das obras civis, as proteções para a primeira fase (septos naturais) e para a segunda fase do desvio do rio (ensecadeiras de montante e jusante) foram dimensionadas para exposição a um período de cheias com tempo de retorno de 25 anos ($91,0 \text{ m}^3/\text{s}$).

As adufas, com seção hidráulica transversal quadrangular de 3,0 m de lado, apresentam comprimento total de 12,0 m. A estrutura de desvio será dotada de comportas tipo ensecadeira e vagão, com soleira na El. 343,50 m e coroamento na El. 355,50 m.

A ensecadeira de montante de segunda etapa terá seção em enrocamento lançado, com vedação externa em solo lançado. Entre o enrocamento e o solo lançado haverá um trecho na seção transversal preenchido por transição lançada. Essa estrutura será coroada na El. 349,20 m e terá largura de crista de 7,0 m. Os taludes externos da seção apresentam as seguintes inclinações: 1,0V:3,0H (montante) e 1,0H:1,5H (jusante).

A ensecadeira de jusante de segunda etapa deverá ser corada na El. 347,60 m e terá seção idêntica à de montante, também com vedação externa.

As ensecadeiras de montante e jusante terão, respectivamente, comprimentos de aproximadamente 38,8 m e 25,6 m, e alturas máximas de 4,0 m e 2,5 m.

O circuito de adução/geração, previsto para ser implantado na margem esquerda do rio, será composto por tomada d'água de controle, canal de adução, câmara de carga, tomada d'água, conduto forçado, casa de força e canal de fuga, sendo este último o responsável pela restituição das vazões turbinadas ao rio.

A estrutura de controle, a ser executada em concreto armado, será composta por três (3) vãos com ranhuras para lançamento de comportas ensecadeiras metálicas. As comportas serão operadas por meio de talha elétrica, instalada em monovia.

O canal de adução, com comprimento de aproximadamente 1.900 m, apresentará trechos escavados integralmente em solo e trechos com seções tipo corte/aterro. Os taludes laterais do canal apresentam em toda sua extensão inclinação 1,0V:1,8H e largura da base igual a 4,8 m. Ao longo de todo o canal a área molhada estará confinada em seção de solo. O revestimento previsto ao longo de toda a seção do canal será composto por geomembrana em PEAD e geotêxtil não-tecido para proteção mecânica.

Ao final do canal de adução e montante da tomada d'água foram previstas escavações para construção da câmara de carga para compensar as paradas e partidas das máquinas. Essa estrutura, com comprimento aproximado de 20,0 m, foi dimensionada com fundo na El. 347,30 m e base com largura igual a 12,0 m. A transição entre a câmara de carga e a tomada d'água será realizada por meio de estrutura de concreto armado.

No trecho final do canal será implantada a tomada d'água (acoplada à câmara de carga), do tipo frontal, dotada de grade, comportas tipo enscadeira e comporta de emergência tipo vagão. Será constituída por um bloco de concreto armado, com 11,6 m de largura total e 13,2 m de comprimento, apresentando dois vãos independentes. A soleira, região de apoio das grades metálicas, estará posicionada na El. 345,00 m, as comportas apoiadas na El. 345,50 m e sua estrutura assentada em rocha, na El. 344,00 m. Seu coroamento foi dimensionado e posicionado na El. 355,50 m.

A ligação entre tomada d'água e as unidades geradoras foi prevista por meio de dois condutos forçados, com diâmetro igual a 3,0 m e comprimento de aproximadamente 140,0 m medido a partir da saída da tomada d'água a entrada da casa de força. Os condutos forçados deverão ser apoiados em rocha, com blocos de apoio cada 10,0 m e blocos de ancoragem nas alterações de direção e nas ramificações.

A casa de força será do tipo abrigada e foi dimensionada para a instalação de dois (2) grupos hidrogeradores, seus equipamentos auxiliares e de comando e controle.

A área de montagem, contígua à casa de força, permitirá a recepção e montagem dos equipamentos, com intervalo máximo de dois meses entre a entrada em operação de cada unidade. A sala de comando e controle e demais dependências auxiliares são instaladas no interior do bloco da área de montagem. O piso da área de montagem foi dimensionado para a El. 332,80 m, piso no qual será feito o acesso à área de descarga e à casa de força.

A casa de força possuirá dois (2) grupos hidrogeradores de eixo horizontal do tipo Francis, com larguras iguais a 20,0 m e 15,5 e comprimento igual a 16,5 m. A área de montagem terá largura igual a 10,0 m.

A fundação mais profunda da estrutura da casa de força estará na El. 318,80 m, enquanto o topo de sua cobertura na El. 347,40 m. A saída do tubo de sucção estará na El. 320,20 m e a entrada do canal de fuga na El. 319,70 m.

Da saída do tubo de sucção, o canal de fuga, escavado na El. 319,70 m por um trecho de 10,0 m, tem sua cota elevada por meio de uma escavação com inclinação 1,0V:6,0H, com o objetivo de se restituir as vazões turbinadas ao rio. Seu comprimento total será de aproximadamente 30,0 m e sua largura na base igual a 20,0 m.

A **Ilustração 17** apresenta o arranjo geral das estruturas.

12.2. Fases do Desvio e Sequência Construtiva

Neste item será apresentada uma breve descrição da sequência construtiva das obras civis do futuro empreendimento.

Na primeira etapa da obra o rio deverá permanecer em seu leito natural, enquanto terão início as escavações obrigatórias e o preparo/tratamento das fundações para implantação das estruturas. Para garantir que os níveis d'água excepcionais do rio não interfiram nas obras, a escavação deve ser protegida por septos naturais de solo remanescente. A segunda etapa do desvio do rio será caracterizada pela construção de enscadeiras a montante e a jusante do eixo de barramento. Dessa forma, o fluxo será integralmente conduzido, por um canal de aproximação, às adufas de desvio, construídas na margem esquerda do rio.

No primeiro estágio do primeiro ano de obra, com o rio em seu leito natural e mantendo-se septos naturais de solo remanescente, terão início as escavações nas seguintes áreas do barramento: canal de desvio, barragem de terra da margem esquerda, estrutura de controle (tomada d'água de baixa pressão) e estrutura de desvio (adufas). Cabe aqui ressaltar que nessa fase deverão ser preservados os septos naturais a montante (entrada) e jusante (saída) no canal de desvio. De forma concomitante, terão início as escavações das seguintes áreas do circuito de adução/geração: canal de adução, câmara de carga, tomada

d'água, condutos forçados, casa da força/área de montagem, pátio de manobras, subestação e, por fim, canal de fuga. Ressalta-se a manutenção do septo natural no final do canal de fuga.

No segundo estágio do primeiro ano de obra, está previsto o preparo e o tratamento das fundações da barragem de terra da margem esquerda, da estrutura de desvio, da tomada d'água de alta pressão e da casa de força. Nesse período da obra foi prevista a conclusão da estrutura de desvio e das estruturas de concreto da margem esquerda. A concretagem da estrutura da tomada d'água e da casa de força também serão iniciadas nessa fase da obra.

Para o primeiro estágio do segundo ano de obra foi prevista a conclusão das enscadeiras de montante e de jusante, com a remoção dos septos naturais nos extremos do canal de desvio. Dessa forma será possível, nessa fase da obra, a operação do desvio de segunda etapa. As obras de escavações obrigatórias e de limpeza e tratamento das fundações na área de implantação do vertedouro serão iniciadas e concluídas nesse período da obra. As escavações do canal de adução e da área dos condutos forçados serão concluídas. A montagem dos condutos forçados será feita nessa fase da obra, em conjunto com a conclusão da concretagem das estruturas da tomada d'água e da casa de força. Por fim, nesse estágio da obra será executado o tratamento das fundações para construção da barragem de terra da margem direita.

No segundo estágio do segundo ano de obra foi prevista a conclusão do vertedouro de soleira livre, da barragem de terra da margem direita e da montagem eletromecânica. Ocorrerá ainda o fechamento das comportas das adufas de desvio, com conseqüente enchimento do reservatório. Também será removido o septo de terreno natural na saída do canal de fuga. Por fim, a realização dos testes finais nos equipamentos permitirá o início da geração comercial da usina.

A **Ilustração 23** apresenta a planta do reservatório.

12.3. Reservatório

O reservatório formado pelo eixo de barramento da PCH SU-118 foi previsto para operar a fio d'água, com nível d'água definido pelo máximo normal do aproveitamento, ou seja, 353,00 m. O reservatório sofrerá variações de nível d'água apenas para a passagem das cheias.

A PCH SU-118 apresenta reservatório com uma área correspondente de 0,29 km² (incluindo a calha do rio) e volume de 0,58 hm³, para o nível máximo normal de operação. Considerando-se o reservatório operando nas cotas correspondentes aos níveis d'água máximos excepcionais (El. 354,50 m), a área de alague (incluindo a calha do rio) será de 0,45 km², considerando a passagem da cheia com recorrência de 1.000 anos.

Suas profundidades média e máxima serão, respectivamente, 2,0 m e 9,0 m, enquanto seu perímetro será de aproximadamente 9,8 km.

A **Ilustração 23** apresenta a planta do reservatório.

12.4. Desvio do Rio

O desvio do rio foi concebido admitindo-se diversos fatores, tais como as características topográficas e geológico-geotécnicas, vazões extremas, tipo de barramento, bem como aspectos logísticos da futura obra.

A configuração do desvio do rio foi definida em duas etapas distintas e consecutivas. No desvio de primeira fase as áreas em construção permanecerão protegidas por septos naturais de solo remanescente, tanto na região do barramento quanto no canal de fuga. Nessa fase, não ocorrerão interferências no leito natural do rio.

Visando a continuidade das obras no leito e nas adjacências de suas margens, a segunda fase de desvio será caracterizada pela execução de ensecadeiras a montante e a jusante do eixo do barramento, de forma a direcionar o fluxo para a estrutura de desvio de segunda etapa; um bloco estrutural com duas (2) adufas de desvio, localizado na margem esquerda do rio.

De acordo com o planejamento construtivo das obras civis, as proteções para a primeira fase (septos naturais) e para a segunda fase do desvio do rio (ensecadeiras de montante e jusante) foram dimensionadas para exposição a um período de cheias com tempo de retorno de 25 anos (91,0 m³/s).

As adufas, com seção hidráulica transversal quadrangular de 3,0 m de lado, apresentam comprimento total de 12,0 m. A estrutura de desvio será dotada de comportas tipo ensecadeira e vagão, com soleira na El. 343,50 m e coroamento na El. 355,50 m.

Nas **Ilustrações 40 e 42** estão sintetizadas as fases concebidas para o desvio do rio e ainda o detalhamento estrutural das estruturas de desvio.

12.4.1. Ensecadeiras

Este item apresenta uma breve descrição das ensecadeiras dimensionadas para as operações de desvio do rio.

12.4.1.1. Ensecadeiras de Segunda Etapa

A construção das ensecadeiras de segunda etapa (montante e jusante) permitirá o desvio de rio pelas adufas, com o início do tratamento de fundação para a construção do vertedouro, das obras localizadas nas adjacências das margens do rio e barragem de terra da margem direita.

As implantações das ensecadeiras de segunda etapa estão apresentadas na **Ilustração 40**, juntamente com sua seção típica.

A ensecadeira de montante, coroada na El. 349,20 m, apresenta seção de enrocamento lançado com vedação externa de solo lançado na água. Sua altura máxima é da ordem de 4,0 m e seu comprimento medido pela crista, de aproximadamente 38,8 m.

Para a ensecadeira de montante, os taludes em enrocamento lançado apresentam inclinação de 1,0V:1,3H, largura na crista de 3,0 m. A vedação externa lançada foi projetada com inclinação de 1,0V:3,0H e 3,0 m de largura. Entre os dois materiais foi projetada uma camada de 1,0 m de transição ampla com inclinação externa e interna iguais a 1,0V:1,5H e 1,0V:1,3H respectivamente.

A ensecadeira de jusante apresenta a mesma disposição geométrica da ensecadeira de montante, exceto pelo seu coroamento, dimensionado na El. 347,60 m. Sua altura máxima é da ordem de 2,5 m e seu comprimento medido pela crista, de aproximadamente 25,6 m.

As dimensões do enrocamento das ensecadeiras deverão ser definidas na fase do Projeto Executivo, em função das fases de fechamento do rio e de acordo com as vazões e grau de avanço das ensecadeiras e consequente estrangulamento da seção do rio.

12.4.2. Fechamento do Desvio e Enchimento do Reservatório

Após a conclusão das obras civis, a estrutura de desvio deverá ser fechada, tendo início o enchimento do reservatório.

A partir do fechamento do desvio e até que o nível d'água atinja a soleira do vertedouro, restabelecendo assim o fluxo natural para jusante, deverá ser mantida uma vazão remanescente para o trecho de jusante do rio.

Para esta operação foi prevista uma tubulação em aço, com diâmetro de 850 mm, locada no muro lateral esquerdo do vertedouro, que terá seu fluxo regulado e direcionado por meio da instalação de uma válvula dispersora.

A referida tubulação também deve ser utilizada durante a operação da usina, com o objetivo de atender ao trecho de vazão reduzida.

12.4.3. Equipamentos Eletromecânicos

Nas adufas de desvio serão implantadas ranhuras para receber uma comporta corta-fluxo, possibilitando o ensecamento dos vãos por montante.

Em uma das duas adufas foram previstas ranhuras para descida da comporta vagão tipo corta-fluxo e, imediatamente a montante, foi prevista a instalação de ranhuras para a descida de comporta ensecadeira de concreto.

Na outra adufa foram previstas apenas as ranhuras para descida da comporta vagão, que possibilitará eventuais operações de desarenação ou rebaixamento do reservatório.

Dessa forma, a operação de fechamento será da seguinte maneira:

- Lançamento da comporta corta-fluxo no primeiro vão;
- Lançamento dos elementos da comporta ensecadeira de concreto no primeiro vão;
- Retirada da comporta corta-fluxo do primeiro vão, com verificação da vedação da comporta ensecadeira de concreto;
- Lançamento da comporta corta-fluxo no segundo vão e retirada das equipes e equipamentos, em função do início do enchimento do reservatório;
- Lançamento, por jusante, dos plugues de concreto no primeiro vão.

Para essa operação será necessária apenas uma comporta corta-fluxo, que permitirá o fechamento de uma adufa de cada vez.

Sendo assim, o único equipamento mecânico a ser utilizado no desvio do rio será a comporta corta-fluxo de montante.

12.4.3.1. Comporta Vagão

Nas adufas de desvio serão instaladas guias para receber uma comporta vagão corta-fluxo, com a finalidade de possibilitar o ensecamento dos dois vãos.

A comporta vagão terá vedação a montante, e possuirá, além das rodas principais, rodas de contraguia e, para o guiamento lateral, sapatas de guia.

A movimentação da comporta será por meio de guindaste de obra, que deverá operar a partir do coroamento da barragem.

As características principais da comporta vagão serão as seguintes:

- Tipo vagão corta-fluxo
- Quantidade de adufas 2

- Número de comportas.....	1
- Quantidade de elementos articulados.....	2
- Dimensão do vão livre	3,00 m
- Altura da abertura livre.....	3,00 m
- Altitude da soleira.....	343,50 m
- Altitude da frontal.....	346,50 m
- Nível d'água máximo a montante	353,00 m
- Nível d'água máximo excepcional a montante	354,50 m
- Cota do coroamento da estrutura	355,50 m

12.5. Vazão Remanescente

A descarga da vazão sanitária será efetuada, desde o período de enchimento do lago até a operação da PCH, por um mecanismo a ser implantado no muro lateral esquerdo do vertedouro, capaz de escoar as vazões remanescentes durante o enchimento e a operação.

A garantia da vazão sanitária se dará pela instalação de uma tubulação em aço, capaz de descarregar a vazão a partir de uma carga mínima, dada por um determinado nível d'água, que deverá ser o nível mínimo para fechamento completo da adufa.

No trecho final do tubo haverá a incorporação de uma válvula dispersora, o que permitirá o controle de vazões para qualquer carga do reservatório. Dessa forma, esse sistema será utilizado a qualquer momento ao longo da operação da usina.

As características principais do sistema de tubulação e válvula dispersora são as seguintes:

- Quantidade de tubos	1
- Elevação de linha de centro do tubo	348,20 m
- Diâmetro do tubo	850 mm
- Comprimento do tubo	11,00 m
- Diâmetro da válvula dispersora	850 mm

Na **Ilustração 41** apresenta-se um detalhamento deste sistema.

12.6. Barragem

A seção transversal típica da barragem apresenta talude externo de montante com inclinação 1,0V:2,2H e o de jusante com inclinação 1,0V:2,0H e bermas de 3,5 m. A largura da crista foi fixada em 6,0 m.

A seção típica será do tipo zonada com região de vedação ao centro e filtro inclinado. Os espaldares serão compostos por aterro compactado proveniente das escavações obrigatórias, predominantemente arenoso e com características adequadas para aplicação no aterro. Na região inferior do espaldar de montante está previsto tapete de montante para aumentar o caminho de percolação e auxiliar a vedação da barragem. O tapete drenante será do tipo "sanduíche" de cinco camadas com 1,2 m de espessura total, devido à alta permeabilidade da fundação. A jusante, o tapete drenante será protegido com filtro de pé constituído de uma camada de transição fina, que por sua vez será confinada com uma camada intermediária de transição

grossa e uma camada externa de enrocamento de proteção, para assegurar que os materiais não sejam erodidos pela ação da água de jusante.

Em adição, haverá trincheira drenante, com profundidade mínima de 3,0 m e largura de 0,8 m, escavada no pé da barragem para interceptar percolação de água pela fundação e não captada pelo tapete drenante.

Foi prevista a instalação de geocélula GeoWeb (ou similar) com preenchimento de concreto para a proteção do talude de montante contra ondas, visto que provavelmente não serão obtidos blocos adequados para utilização como enrocamento.

A barragem deverá ser assentada em material ausente de matéria orgânica e com resistência satisfatória, obedecendo ao critério de índice SPT>7 em toda fundação.

A **Ilustração 37** apresenta a seção característica da barragem.

12.7. Vertedouro

O escoamento das vazões de cheia será feito por meio de um vertedouro de soleira livre localizado no leito do rio e parte das margens direita e esquerda. A estrutura vertente foi dimensionada para garantir a passagem da cheia milenar majorada pela unidade do coeficiente de Füller (124 m³/s). A passagem da cheia decamilenar (144 m³/s), também majorada pela unidade do coeficiente de Füller, foi verificada para que não ocorra galgamento das estruturas do barramento.

O vertedouro de soleira livre terá 31,0 metros de comprimento de crista, tendo sido dimensionado para uma carga de projeto de 1,5 m e projetado em traçado retilíneo e perpendicular ao curso natural do rio. A estrutura vertente será constituída por uma ogiva com paramento de montante inclinado (1,00V:0,30H), com o objetivo de se garantir a estabilidade da estrutura, e paramento de jusante com inclinação resultante de 1,00V:0,85H, após o trecho projetado com perfil tipo Creager.

Seu paramento de jusante será dotado de degraus para garantir a dissipação de parte da energia de fluxo das vazões vertidas. A energia remanescente do fluxo nos degraus será dissipada por ressalto hidráulico em uma pequena bacia a ser executada em concreto armado.

A **Ilustração 41** apresenta a seção típica do vertedouro de soleira livre.

12.8. Estrutura de Controle do Canal de Adução

A estrutura de controle será executada em concreto armado e composta por três (3) vãos com ranhuras para lançamento de comportas ensecadeiras metálicas. As comportas serão operadas por meio de talha elétrica, instalada em monovia.

O bloco da estrutura terá comprimento de 8,0 m e largura total de 18,7 m. Os vãos terão largura de 4,7 m cada, com pilares internos de espessura 1,3 m e pilares extremos com 1,0 m de largura.

Na **Ilustração 44** apresenta-se o detalhamento da tomada d'água de controle do canal de adução.

12.8.1. Equipamentos Eletromecânicos

Os equipamentos a serem implantados na tomada d'água de controle do canal de adução são representados pelas grades, comportas ensecadeiras e ponte rolante.

12.8.1.1. Grades

O emboque de montante do canal de adução será protegido por grades metálicas, com a finalidade de reter os detritos com dimensões prejudiciais ao canal e à tomada d'água de controle. Enquanto os detritos menores que não apresentam risco ao revestimento serão retirados no limpa grades da Tomada d'Água de Alta Pressão.

Cada emboque da tomada d'água de controle terá largura livre de 4,70 m, com carga de 3,40 m até o NA máximo. Cada grade terá três (3) painéis, com 4,70 m de largura por 1,90 m de altura, cada painel.

Nas laterais do emboque estão projetadas guias laterais para receber os painéis de grade. As grades serão fixas e com 90° em relação a horizontal.

As principais características das grades serão as seguintes:

- Tipo de grade fixa
- Cota da soleira 349,60 m
- Cota da frontal 354,90 m
- Cota do coroamento da Tomada d'Água 355,50 m
- Relação de inclinação vertical
- Largura do vão 4,70 m
- Altura livre inclinada do emboque 5,30 m
- Quantidade de vãos 3
- Quantidade de painéis por vão 3
- Dimensões aproximadas do painel (largura x altura) 4,70 x 1,90 m
- Vazão máxima para dimensionamento 39,00 m³/s
- Velocidade máxima do fluxo na seção bruta 1,00 m/s
- Carga de projeto 30 kN/m²
- Vão livre entre barras verticais 120 mm

12.8.1.2. Comporta Ensecadeira

Cada um dos vãos da estrutura poderá ser fechado por intermédio de uma (1) comporta ensecadeira, estando desligadas todas as unidades geradoras e fechadas as tomadas d'água (sem fluxo pelo canal).

Cada comporta ensecadeira será constituída por três (3) elementos. Estes possibilitarão o isolamento de todo o canal de adução, para eventuais manutenções.

A movimentação dos elementos da comporta ensecadeira será feita por meio de ponte rolante, operando no coroamento da estrutura, por meio de viga pescadora própria para a comporta.

Os elementos da comporta somente serão manobrados nas ranhuras em condições de carga hidráulica equilibrada, supervisionado pelo sistema de detecção de pressões diferenciais, incluindo no fornecimento.

O equilíbrio de pressões, para retirada dos elementos, será feito por meio de sistema de "by-pass", composto por duas (2) válvulas localizadas no elemento superior de cada comporta, acionadas pelo peso próprio da viga pescadora.

A estocagem dos elementos será feita em nichos situados no muro lateral direito da tomada.

As características principais das comportas ensecadeiras serão:

- Tipo.....deslizante
- Quantidade3
- Quantidade de elementos3
- Vão livre4,70 m
- Cota da soleira349,60 m
- Altura da comporta.....5,60 m
- Nível d'água máximo normal a montante.....353,00 m
- Cota do coroamento da tomada d'água de controle.....355,50 m

12.8.1.3. Ponte Rolante

No coroamento da estrutura será instalada uma ponte rolante, cujas finalidades são:

- movimentar os elementos da comporta ensecadeira;
- movimentar os painéis de grade.

Suas principais características serão:

- Capacidade do gancho..... 20 kN (*)
- Vão entre eixos7,15 m
- Comprimento do caminho do rolamento18,20 m
- Curso de levantamento do guincho.....9,60 m
- Cota da máxima elevação do gancho359,20 m
- Velocidade de translação da ponte
 - máxima..... 15,00 m/min
 - mínima 1,50 m/min
- Velocidade de direção do carro
 - máxima..... 10,00 m/min
 - mínima 1,00 m/min
- Velocidade de elevação do gancho
 - máxima..... 5,00 m/min
 - mínima 0,50 m/min

* Valor a ser confirmado pelo fabricante, quando do projeto executivo.

12.9. Canal de Adução

O canal de adução será implantado na margem esquerda do rio, com seção trapezoidal e totalmente escavado em solo, com comprimento total de 1.930 m, contendo trechos com seções tipo corte/aterro.

O canal possuirá largura de base de 4,8 m, com taludes laterais de 1,0V:1,8H, e será revestido por manta PEAD até a cota 354,50 m. Acima dessa cota, os taludes receberão cobertura vegetal.

O canal terá cota de fundo na El. 349,60 m em toda a sua extensão, uma vez que as perdas hidráulicas serão pequenas.

O revestimento previsto ao longo de toda a seção do canal será composto por geomembrana em PEAD e geotêxtil não-tecido para proteção mecânica.

Entre a estrutura de controle e a câmara de carga foi concebida uma linha de drenos longitudinais, compostos por trincheiras preenchidas por brita e tubulações KNT-S perfurados com diâmetro de 230 mm, com a finalidade de minimizar as subpressões desenvolvidas sob a manta PEAD. Foram previstas saídas transversais da drenagem em regiões topográficas mais favoráveis, com drenos KNT-S de 450 mm de diâmetro, para a condução das águas coletadas pelos drenos longitudinais.

Na **Ilustração 38** são apresentadas as seções típicas do canal de adução.

12.10. Câmara de Carga

Ao final do canal de adução e montante da tomada d'água foram previstas escavações para construção da câmara de carga para compensar as paradas e partidas das máquinas.

Essa estrutura, com comprimento aproximado de 20,0 m, foi dimensionada com fundo na El. 347,30 m e base com largura igual a 12,0 m.

A transição entre a câmara de carga e a tomada d'água será realizada por meio de estrutura de concreto armado, com seção transversal variável e largura total, em seu bloco principal, igual a 13,6 m. Os vãos, nesse bloco estrutural, terão largura de 4,2 m, separados por um pilar de 1,2 m de espessura. O piso desse bloco estrutural estará na El. 345,00 m.

Na **Ilustração 46** é apresentado o detalhamento da câmara de carga para o circuito de adução.

12.11. Tomada d'Água

Este item apresenta a descrição da tomada d'água projetada para a PCH SU-118, com ênfase em suas obras civis e equipamentos eletromecânicos.

12.11.1. Obras Civis

No trecho final do canal será implantada a tomada d'água (acoplada à câmara de carga), do tipo frontal, dotada de grades, comportas tipo enscadeira e comporta de emergência tipo vagão, que será seu dispositivo de segurança.

Será constituída por um bloco de concreto armado, com 11,6 m de largura total e 13,2 m de comprimento, apresentando dois vãos independentes.

A soleira, região de apoio das grades metálicas, estará posicionada na El. 345,00 m, as comportas apoiadas na El. 345,50 m e sua estrutura assentada em rocha, na El. 344,00 m. Seu coroamento foi dimensionado e posicionado na El. 355,50 m.

Na entrada da tomada existirão guias para os painéis de grade. A submersão da tomada d'água foi verificada segundo os critérios de Y.L. Gordon e do U.S.B.R., atendendo com folga aos limites preconizados.

O circuito de adução foi dimensionado para vazão máxima de engolimento, devendo atender aos requisitos de estabilidade do conjunto hidrogerador e de pressões máximas no circuito.

As principais características geométricas das estruturas são apresentadas na **Ilustração 48**.

12.11.2. Equipamentos Eletromecânicos

Os equipamentos hidromecânicos da tomada d'água de adução serão representados pela grade e rastelo limpa-grades, comporta ensecadeira, comporta vagão e ponte rolante.

12.11.2.1. Grades metálicas

O emboque a montante do conduto forçado será protegido por uma grade metálica, com a finalidade de reter os detritos com dimensões prejudiciais à operação das turbinas.

A grade terá três (03) painéis, com 4,20 m de largura por 1,70 m de altura, cada painel.

Nas laterais do emboque serão instaladas guias para receber os painéis de grade. As barras da grade deverão permitir a movimentação do rastelo limpa-grades.

A inclinação das guias laterais será de 1V:0,15H (~81,5º em relação a horizontal).

Para a retirada dos painéis da grade será utilizado o guincho da ponte rolante da tomada d'água. Esta operação será feita com auxílio de uma viga pescadora dotada de rodas que deslizarão nas mesmas guias da grade.

A perda de carga na grade será monitorada por meio de medidores de pressão instalados a montante e jusante do equipamento.

As principais características da grade serão as seguintes:

- Tipo de grade guiada removível
- Cota da soleira 345,00 m
- Cota da frontal 349,80 m
- Cota do coroamento da Tomada d'Água 355,50 m
- Relação de inclinação 0,15H:1,00V (81,5° em relação à horizontal)
- Largura do vão 4,20 m
- Quantidade de vãos 2
- Quantidade de painéis por vão 3
- Dimensões aproximadas do painel (largura x altura) 4,20 x 1,70 m
- Vazão máxima para dimensionamento 19,50 m³/s
- Velocidade máxima do fluxo na seção bruta 1,00 m/s
- Carga de projeto 30 kN/m²
- Vão livre entre barras verticais 80 mm
- Limpeza rastelo limpa-grades
- Acionamento ponte rolante e viga pescadora

12.11.2.2. Rastelo Limpa-Grades

Um rastelo limpa-grades, instalado sobre o coroamento da tomada d'água, possibilitará a remoção dos detritos retidos pela grade, sem que haja necessidade de interromper o funcionamento das turbinas.

O rastelo deverá operar sobre a grade, realizando a coleta de detritos na descida. As rodas do rastelo deslizarão sobre as barras verticais da grade. Os movimentos de descida e subida do rastelo serão proporcionados pelo guincho da ponte rolante (o mesmo que manobrará a grade).

As características principais do rastelo limpa-grades serão:

- Tipo..... guiado sobre as barras verticais com fechamento/abertura semiautomática
- Curso do rastelo.....10,50 m
- Capacidade volumétrica do rastelo 0,5 m³
- Capacidade gravimétrica 10 kN
- Cota da soleira345,00 m
- Cota do coroamento.....355,50 m
- Velocidade de descida/subidaver ponte rolante

12.11.2.3. Comporta Ensecadeira

A tomada d'água de cada unidade geradora poderá ser fechada por intermédio de uma (01) comporta ensecadeira, com qualquer nível d'água do reservatório, estando fechada a comporta de emergência.

A comporta ensecadeira será constituída por dois (02) elementos. Estes possibilitarão o esvaziamento do espaço existente a jusante desta comporta, para manutenção da galeria ou dos dispositivos da comporta vagão.

A manobra da comporta ensecadeira será efetuada pela ponte rolante que atende a tomada d'água, operando no coroamento da estrutura, por meio de viga pescadora própria para esta comporta.

Os elementos da comporta somente serão manobrados nas ranhuras em condições de carga hidráulica equilibrada, supervisionado pelo sistema de detecção de pressões diferenciais, incluindo no fornecimento.

O equilíbrio de pressões, para retirada dos elementos, será feito por meio de sistema de "by-pass", composto por duas (02) válvulas localizadas no elemento superior da comporta, acionadas pelo peso próprio da viga pescadora.

A estocagem do elemento será feita nas próprias ranhuras de um vão.

As características principais da comporta ensecadeira serão:

- Tipo.....deslizante
- Quantidade1
- Quantidade de elementos2
- Quantidade de vãos.....2
- Vão livre.....3,00 m
- Cota da soleira345,50 m
- Cota da viga frontal.....348,80 m
- Altura livre3,30 m
- Nível d'água máximo a montante.....353,00 m
- Cota do coroamento da tomada d'água355,50 m

12.11.2.4. Comporta Vagão

Cada conduto forçado e a respectiva unidade geradora serão protegidas por comporta vagão na tomada d'água, de deslocamento vertical, projetada para atuar como órgão de fechamento do conduto forçado, tanto em condições normais, para possibilitar o esvaziamento da turbina ou do conduto, quanto em condições de emergência, em caso de inoperância do distribuidor da turbina, sob qualquer nível d'água a montante e através da vazão máxima da turbina em condições de disparo.

A comporta será constituída por um painel com vedação a montante, o que facilita a aeração do conduto a jusante da comporta e reduz os esforços hidrodinâmicos por ocasião do fechamento.

A comporta vagão terá, além das rodas principais, rodas de contraguia e para o guiamento lateral, sapatas de guia.

A comporta será manobrada pelo gancho da ponte rolante.

Será instalado, numa posição intermediária, dispositivo de calagem de fácil manobra, que permitirá manter a comporta em repouso, tanto para a montagem como para manutenção.

O enchimento do conduto a jusante da comporta será efetuado por meio de válvulas by-pass situadas na comporta de emergência, ou por meio de operação de "cracking".

As características principais da comporta vagão serão:

- Tipo..... vagão em elementos
- Quantidade2
- Quantidade de vãos.....2
- Quantidade de elementos articulados.....2
- Dimensão do vão livre3,00 m
- Altura da abertura livre.....3,15 m
- Altitude da soleira.....345,50 m
- Altitude da frontal.....348,65 m
- Nível d'água máximo a montante353,00 m
- Nível d'água máximo excepcional a montante354,50 m
- Cota do coroamento da tomada d'água355,50 m

12.11.2.5. Ponte Rolante

No coroamento da tomada d'água será instalada uma ponte rolante, cujas finalidades são:

- movimentar as coberturas metálicas das ranhuras;
- movimentar os painéis de grade e o rastelo limpa-grades;
- movimentar a comporta ensecadeira;
- auxiliar na montagem e desmontagem e movimentar a comporta de emergência.

Suas principais características serão:

- Capacidade do gancho..... 20 kN (*)
- Vão entre eixos8,70 m

- Comprimento do caminho do rolamento11,10 m
- Curso de levantamento do guincho.....15,00 m
- Cota da máxima elevação do gancho362,00 m
- Velocidade de translação da ponte
 - máxima..... 15,00 m/min
 - mínima 1,50 m/min
- Velocidade de direção do carro
 - máxima..... 10,00 m/min
 - mínima 1,00 m/min
- Velocidade de elevação do gancho
 - máxima..... 5,00 m/min
 - mínima 0,50 m/min

* Valor a ser confirmado pelo fabricante, quando do projeto executivo.

12.12. Conduto Forçado

O circuito de alta pressão será composto por dois condutos forçados metálicos, conectados aos vãos da tomada d'água, com entrada independente nas duas unidades geradoras.

Cada conduto terá diâmetro de 3,00 m até a proximidade da casa de força, com comprimento de aproximadamente 140 m, desde a tomada d'água até a entrada nas unidades geradoras.

Os condutos terão espessura suficiente para suportar uma sobrepressão de até 40%, nas proximidades da entrada da turbina, e deverão ser autoportantes.

As características técnicas principais dos condutos forçados serão as seguintes:

- Número de condutos principais.....2
- Elevação da linha de centro do conduto forçado:
 - Início do trecho blindado347,00 m
 - Entrada da casa de força330,90 m
- Trecho 01 (conduto metálico principal):
 - Comprimento 2 x 140 m
 - Diâmetro 3.000 mm
 - Espessura mínima da chapa 9,53 mm (3/8")
- Trecho 02 (reduções cônicas):
 - Diâmetro de entrada 2 x 3.000 mm
 - Diâmetro de saída 2 x 2.200 mm
 - Espessura mínima da chapa 9,53 mm (3/8")
- Trecho 03 (entrada da turbina nas Unidade 01 e 02):
 - Comprimento 2 x 7 m

- Diâmetro 2.200 mm
- Espessura mínima da chapa 7,94 mm (5/16")
- Vazão máxima de dimensionamento..... 39,66 m³/s
- Máxima sobrepressão incluindo o golpe de aríete 40%
- Máxima pressão incluindo o golpe de aríete, calculado na seção de entrada da caixa espiral 360 kPa

12.13. Casa de Força, Área de Montagem e Canal de Fuga

A casa de força será do tipo abrigada e foi dimensionada para a instalação de dois (2) grupos hidrogeradores, seus equipamentos auxiliares e de comando e controle.

A área de montagem, contígua à casa de força, permitirá a recepção e montagem dos equipamentos, com intervalo máximo de dois meses entre a entrada em operação de cada unidade. A sala de comando e controle e demais dependências auxiliares são instaladas no interior do bloco da área de montagem.

12.13.1. Obras Civas

A casa de força apresentará dois (2) grupos hidrogeradores de eixo horizontal do tipo Francis, com larguras iguais a 20,0 m e 15,5 e comprimento igual a 16,5 m.

A área de montagem terá largura igual a 10,0 m. O piso da área de montagem foi dimensionado para a El. 332,80 m, piso no qual será feito o acesso à área de descarga e à casa de força.

A fundação mais profunda da estrutura da casa de força estará na El. 318,80 m, enquanto o topo de sua cobertura na El. 347,40 m. A saída do tubo de sucção estará na El. 320,20 m e a entrada do canal de fuga na El. 319,70 m.

Da saída do tubo de sucção, o canal de fuga, escavado na El. 319,70 m por um trecho de 10,0 m, tem sua cota elevada por meio de uma escavação com inclinação 1,0V:6,0H, com o objetivo de se restituir as vazões turbinadas ao rio. Seu comprimento total será de aproximadamente 30,0 m e sua largura na base igual a 20,0 m.

As *Ilustrações 53 a 60* apresentam as principais características das estruturas da casa de força e da área de montagem.

12.13.2. Equipamentos Eletromecânicos

Os equipamentos mecânicos da casa de força compreendem as turbinas hidráulicas, reguladores de velocidade, ponte rolante, comportas ensecadeiras do tubo de sucção e talha elétrica de jusante.

As *Ilustrações 62 a 64* apresentam o arranjo eletromecânico da casa de força e área de montagem.

12.13.2.1. Turbinas Hidráulicas e Reguladores

A casa de força possuirá dois grupos turbogeradores de eixo horizontal iguais, sendo cada grupo constituído basicamente de um gerador de potência nominal de 4.723 kVA, sob tensão de 13,8 kV e frequência de 60 Hz, e de uma turbina hidráulica, tipo Francis e potência nominal de 4.382 kW, sob queda líquida de referência de 24,65 m, na qual o engolimento é máximo, e queda líquida de projeto de 25,14 m, na qual o rendimento do conjunto será máximo.

Os grupos turbogeradores deverão operar com a velocidade de rotação síncrona de 360 rpm, controlados cada um por um regulador de velocidade eletrônico que, por meio de um sistema óleo-dinâmico, atuará sobre o distribuidor da turbina.

Cada turbina será alimentada por um conduto adutor. Em cada tomada d'água será instalada uma comporta corta-fluxo, que deverá atuar como órgão de fechamento da máquina, sob condições normais para manutenção ou sob condições de emergência, possibilitando que a turbina seja desligada e isolada sem prejuízo do funcionamento da outra turbina da casa de força.

A água será conduzida a cada turbina por uma caixa espiral metálica embutida parcialmente em concreto, e será restituída ao canal de fuga da casa de força por um tubo de sucção com trecho de saída sem partição e dotado de ranhuras para instalação de uma comporta ensecadeira.

Cada grupo turbogerador será dotado de mancais de escora e guia, com óleo recirculante resfriado a água.

Os componentes da turbina serão descarregados na área de montagem, e serão preparados para montagem e montados nos próprios "bays". As dimensões e as posições da área de montagem e da ponte rolante da casa de força possibilitarão receber e pré-estocar os componentes a serem montados, de modo a reduzir ao mínimo a quantidade e a complexidade dos serviços de montagem a serem realizados nos "bays" das unidades geradoras.

As turbinas deverão operar com um nível mínimo de jusante de até 325,92 m, para a vazão parcial de uma unidade, sem risco de erosão por cavitação.

Os níveis adotados para a operação da usina são:

- máximo normal de montante353,00 m
- normal de jusante327,40 m
- mínimo de jusante (vazão mínima operacional de uma máquina)326,00 m

As características técnicas principais das turbinas serão as seguintes:

- Tipo Francis de eixo horizontal
- Potência máxima unitária no eixo 4.382 kW
- Quantidade2
- Queda líquida de referência24,65 m
- Queda líquida de projeto25,14 m
- Vazão máxima de engolimento (unitária) 19,50 m³/s
- Rotação síncrona 360 rpm
- Rotação específica443,59
- Rendimento nominal da turbina93%
- Sistema de regulação regulador de velocidade eletrônico
- Dispositivo de proteção comporta vagão da tomada d'água
- Diâmetro de entrada na turbina2,20 m
- Afogamento mínimo $h_s = -2,02$ m
- Nível da linha de centro da turbina323,80 m
- Nível inferior do tubo de sucção320,20 m

12.13.2.2. Comporta Ensecadeira

As comportas ensecadeiras dos tubos de sucção terão a finalidade de possibilitar o esvaziamento das turbinas, vedando a entrada de água do canal de fuga nos tubos de sucção.

Na casa de força haverá uma comporta ensecadeira para cada tubo de sucção, que possibilitará o esvaziamento da unidade.

A comporta ensecadeira será constituída por dois elementos com vedações de soleira, laterais e frontal, podendo ser instalado indistintamente em quaisquer dos dois tubos de sucção existentes na casa de força. Será movimentada por meio de viga pescadora, por uma talha elétrica existente no lado externo da extremidade jusante da casa de força.

Cada comporta será dotada de válvulas de equilíbrio de pressões que, quando acionadas pelo peso próprio da viga pescadora, possibilitará a entrada da água do canal de fuga no tubo de sucção vazio, promovendo-se assim o enchimento da turbina e o equilíbrio de pressões necessário para a abertura da comporta ensecadeira.

Seu armazenamento se dará nas próprias ranhuras. A viga pescadora será armazenada em cavalete instalado no coroamento da estrutura.

As características técnicas principais da comporta ensecadeira serão as seguintes:

- Quantidade de vãos2
- Quantidade de comportas2
- Quantidade de elementos por comporta2
- Vão livre2,80 m
- Altura livre3,60 m
- Cota da soleira320,20 m
- Cota da peça fixa frontal323,80 m
- Nível da área externa de jusante (coroamento)332,80 m

12.13.2.3. Ponte Rolante

Na casa de força será instalada uma ponte rolante com capacidade de 350 kN, cuja finalidade principal é o descarregamento, o transporte e a montagem das turbinas, dos geradores e dos equipamentos auxiliares. Após a entrada em operação das unidades geradoras, a ponte será utilizada nas operações de manutenção dos equipamentos principais.

A ponte rolante deslocar-se-á sobre o caminho de rolamento apoiado sobre vigas de concreto engastadas nas paredes laterais da casa de força.

O vão entre eixos dos trilhos será de 12,0 m. O curso do gancho será de 19,50 m.

As características principais da ponte rolante são as seguintes:

- Capacidade de gancho 350 kN (*)
- Vão entre eixos dos trilhos12,00 m
- Comprimento do caminho de rolamento36,50 m
- Curso dos ganchos19,50 m

- Cota da máxima elevação dos ganchos341,80 m
- Velocidade de translação da ponte
 - máxima 10,00 m/min
 - mínima 1,00 m/min
- Velocidade de direção do carro
 - máxima 10,00 m/min
 - mínima 1,00 m/min
- Velocidade de elevação do gancho principal
 - máxima 1,50 m/min
 - mínima 0,10 m/min
- Velocidade de elevação do gancho auxiliar
 - máxima 5,00 m/min
 - mínima 0,50 m/min

* Valor a ser confirmado pelo fabricante, quando do projeto executivo.

12.13.2.4. Talha Elétrica

Na área externa de jusante estará instalada uma talha elétrica com a finalidade de movimentar as comportas ensecadeiras dos tubos de sucção.

Esta talha elétrica será dotada de trole motorizado e se movimentará em uma monovia fixada a uma viga de concreto.

O curso do gancho permitirá a movimentação da comporta ensecadeira dentro da ranhura, bem como retirá-la e colocá-la sobre um veículo.

Os movimentos de translação e elevação motorizados serão acionados por meio de uma botoeira pendente, por um operador que se deslocará na área externa de jusante.

As operações de descida e subida da comporta serão sempre realizadas com pressões equilibradas, entre montante e jusante, e com o auxílio da viga pescadora.

As características principais da talha elétrica são as seguintes:

- Capacidade da talha 10 kN (*)
- Curso do gancho 17,70 m
- Velocidade de elevação 5,0 m/min
- Velocidade de translação 15,0 m/min
- Extensão da monovia 36,50 m

* Valor a ser confirmado pelo fabricante, quando do projeto executivo.

12.14. Sistemas de Utilidades

12.14.1. Sistema de Esvaziamento e Enchimento

O sistema de esvaziamento e enchimento terá por finalidade esvaziar e encher completamente o canal de adução, o conduto forçado, caixa espiral e tubo de sucção das unidades geradoras.

A **Ilustração 67** apresenta a concepção desse sistema.

- **Enchimento do canal de adução**

O enchimento do canal de adução será feito por meio de válvulas "by-pass" instaladas nas comportas ensecadeiras da estrutura de controle.

O elemento superior do tabuleiro de cada comporta deverá ser provido de duas válvulas "by-pass", com diâmetro de DN 200 mm, que possibilitarão o enchimento do canal. As válvulas deverão ser abertas pela ação do peso próprio da viga pescadora e deverão fechar sempre que a viga pescadora for desacoplada da comporta ensecadeira.

- **Enchimento do conduto forçado**

O enchimento de cada circuito será feito por meio de válvulas "by-pass" instaladas na comporta ensecadeira da tomada d'água.

O elemento superior do tabuleiro das comportas deverá ser provido de duas válvulas "by-pass", com diâmetro de DN 200 mm, que possibilitarão o equilíbrio de pressões hidráulicas. As válvulas deverão ser abertas pela ação do peso próprio da viga pescadora e deverão fechar sempre que a viga pescadora for desacoplada da comporta ensecadeira.

Alternativamente, o enchimento poderá ser executado por meio da operação de "cracking" da comporta vagão.

- **Enchimento do tubo de sucção**

O enchimento do tubo de sucção será feito através de válvulas "by-pass" instaladas nas comportas ensecadeiras de jusante.

Um dos elementos da comporta ensecadeira da casa de força será dotado de duas válvulas de equilíbrio de pressões (válvula "by-pass"), com diâmetro de DN 150 mm que, quando acionadas pelo peso próprio da viga pescadora, possibilitarão a entrada da água do canal de fuga no tubo de sucção vazio, promovendo-se assim o enchimento deste.

- **Esvaziamento do circuito de adução**

O esvaziamento do circuito de adução será feito por gravidade até o nível de jusante. A água contida no circuito, abaixo do nível de jusante, será recalçada para fora da usina, por meio de conjunto eletrobomba, que será inserida no poço de esgotamento.

- **Esvaziamento da caixa espiral e tubo de sucção**

Após o fechamento da comporta da tomada d'água e abertura manual da válvula de esvaziamento, a água contida no conduto de adução, caixa espiral e tubo de sucção escoará para o canal de fuga, por gravidade, até se equilibrar com o nível de jusante.

Após o fechamento da comporta ensecadeira do tubo de sucção, a água restante será bombeada para o canal de fuga.

Será implantado um poço de esgotamento para o esvaziamento das unidades, por meio de lançamento da bomba de esgotamento. O poço estará situado na cota de fundo na El. 319,60 m.

O tempo de esvaziamento será de aproximadamente oito (8) horas.

As características técnicas das bombas serão as seguintes:

- Tipo submersível
- Quantidade 02
- Vazão 51,00 m³/h
- Altura manométrica 29,60 m.c.a.
- Potência estimada do motor 6,90 kW

12.14.2. Sistema de Água de Resfriamento e de Serviço

O sistema de água de resfriamento, de vedação e de serviço tem por finalidade fornecer água para o resfriamento dos equipamentos da casa de força, por meio dos respectivos trocadores de calor, água para as vedações dos eixos das turbinas e água de serviço para os diversos sistemas e instalações da casa de força e área de montagem.

Tem como equipamentos principais dois filtros de água instalados no piso das unidades geradoras (nível 322,30 m).

O critério de projeto estabeleceu que cada filtro terá 100% de capacidade adicional de reserva, para suprir a necessidade de água na eventual falha ou manutenção de um dos filtros.

A **Ilustração 66** apresenta a concepção desse sistema.

As características técnicas dos filtros são as seguintes:

- Tipo Limpeza Automática
- Vazão Unitária 30,00 m³/h
- Pressão de Trabalho 0,40 MPa (4,0 kgf/cm²)
- Malha de Filtragem 500 µm (35 mesh)

12.14.3. Sistema de Drenagem

O sistema de drenagem tem a finalidade de coletar e conduzir para o canal de fuga todas as águas de percolação e infiltração provenientes dos condutos blindados de adução e dos ambientes interiores da casa de força, bem como as águas provenientes de descargas dos equipamentos, tais como lavagem dos filtros, vazamentos de tubulações e limpeza de pisos.

Este sistema possuirá um poço de bombeamento localizado no piso da casa de força (El. 322,30 m), com nível de fundo na El. 317,00 m, com uma área útil de 9,0 m² (3,0 x 3,0 m).

Serão instaladas duas bombas de recalque, sendo uma de reserva. A bomba de reserva poderá entrar em operação nas condições excepcionais em que a vazão afluyente ao poço for superior à prevista.

Os critérios de projeto estabelecem que cada bomba terá 100% de capacidade adicional de reserva, tendo em vista a importância deste sistema na segurança da usina.

A **Ilustração 65** apresenta a concepção desse sistema.

As características técnicas de cada bomba serão as seguintes:

- Tipo..... submersível
- Quantidade02
- Vazão18,00 m³/h
- Altura manométrica..... 18,80 mca.
- Potência estimada do motor 2,40 kW

12.14.4.Sistema de Ar Comprimido de Serviço

O sistema de ar comprimido de serviço terá por finalidade produzir, armazenar e suprir as necessidades de ar comprimido da casa de força e da área de montagem, para limpeza de tubulações, equipamentos e superfícies, operação de ferramentas pneumáticas, alimentação de instrumentos, alimentação de ar para o sistema de freio do gerador, para os filtros do sistema de água de resfriamento, e para as vedações de parada dos eixos das turbinas.

Este sistema será constituído de dois (02) compressores, sendo um de reserva, um reservatório de ar, e uma rede de tubulações de distribuição.

Nos pontos baixos da rede de ar comprimido serão instalados purgadores de condensado para manter o ar seco.

A **Ilustração 68** apresenta a concepção desse sistema.

As características técnicas dos equipamentos são as seguintes:

- Compressor de Ar
 - Quantidade2
 - Tipoalternativo, com reservatório acoplado
 - Descarga Livre Efetiva 30 pcm
 - Pressão de Descarga 7,0 bar
 - Potência do Motor Estimada.....5,5 kW
- Reservatório de Ar
 - Tipo Cilindro vertical
 - Capacidade..... 1.000 l (1,0 m³)

12.14.5.Sistema de Ventilação

A ventilação da casa de força e área de montagem, incluindo galerias, será do tipo natural.

12.14.6.Sistemas de Água Potável e Esgoto Sanitário

• Água Potável

O projeto do sistema visa captar, armazenar e distribuir água potável para as instalações hidrossanitárias da casa de força.

Está projetada uma estação de tratamento de água tipo compacta. A água tratada será bombeada para caixa d'água elevada, localizada na parte externa da casa de força. A caixa possuirá uma capacidade total de 3.000 l (3 m³), suficiente para dois dias de consumo.

A estação de tratamento com capacidade de 1 m³/h, terá as seguintes funções:

- Dosagem de produtos químicos;
- Mistura rápida;
- Floculação mecânica;
- Decantação com módulos tubulares;
- Filtração;
- Bombeamento de água tratada.

• Esgoto Sanitário

O projeto do sistema tem por finalidade oferecer as condições de higiene aos funcionários e eventuais visitantes, através da coleta, tratamento e despejos do esgoto sanitário.

As quantidades, dimensões e localizações dos sanitários, copa e vestiário serão determinadas por requisitos arquitetônicos.

Os dejetos provenientes dos aparelhos sanitários serão descarregados para a fossa séptica e recalçados para área externa da Casa de Força. O lodo digerido efluente da fossa passará por filtro anaeróbico antes de ser lançado no canal da fuga.

12.14.7. Sistema de Proteção Contra Incêndios

Os sistemas de proteção contra incêndio têm por finalidade proteger, detectar e combater incêndio em equipamentos e ambientes da usina sujeitos à ocorrência de sinistro.

A usina disporá dos seguintes sistemas de proteção contra incêndio:

• Sistema de Hidrantes para Proteção Contra Incêndio

O sistema será do tipo fixo pressurizado por conjuntos moto-bombas centrífugas e entrará em funcionamento abrindo-se manualmente qualquer hidrante.

Os hidrantes serão instalados na área de montagem e na área externa ao edifício de acesso, para combater eventuais incêndios e dar proteção à saída de pessoal de dentro do edifício.

• Sistema de Extintores para Proteção Geral das Instalações

O sistema será constituído basicamente de extintores portáteis do tipo CO₂ e pó químico seco (PQS).

Os extintores de CO₂ serão destinados a proteger os equipamentos elétrico/eletrônicos, e os de pó químico para proteger locais e/ou equipamentos que contenham produtos inflamáveis.

O dimensionamento do sistema e a distribuição adequada das unidades extintoras serão feitos por ocasião do projeto executivo da usina.

12.14.8. Sistema de Medições Hidráulicas

O sistema de medições hidráulicas possuirá os seguintes instrumentos de medição, conforme mostrado na **Ilustração 69**.

- **Medições dos Níveis de Água da Estrutura de Controle, da Tomada d'Água e a Jusante da Usina**

Será instalado um medidor de nível tipo limnómetro de boia em local próximo a estrutura de controle para medição de variações de níveis do reservatório. Outro medidor do mesmo tipo será instalado a montante da tomada d'água para medição de variações de níveis da câmara de carga. Por fim, será instalado outro medidor a jusante, próximo a saída d'água no canal de fuga.

- **Medição de Perda de Carga nas Grades da Estrutura de Controle**

Serão instalados detectores de pressão diferencial na estrutura de controle, para medição de perda de carga nas grades.

- **Deteção de Equilíbrio de Pressão nas Comportas Ensecadeira da Estrutura de Controle**

Serão instalados detectores de pressão diferencial na estrutura de controle para deteção de equilíbrio de pressões nas comportas ensecadeira.

- **Medição de Perda de Carga na Grade da Tomada d'Água Principal**

Será instalado detector de pressão diferencial na tomada d'água, para medição de perda de carga na grade.

- **Deteção de Equilíbrio de Pressão na Comporta Ensecadeira da Tomada d'Água**

Será instalado detector de pressão diferencial na tomada d'água para deteção de equilíbrio de pressões na comporta ensecadeira.

- **Deteção de Equilíbrio de Pressão na Comporta de Emergência**

Será instalado detector de pressão diferencial na tomada d'água para deteção de equilíbrio de pressões na comporta vagão.

- **Medição de Vazão**

Serão instaladas tomadas de pressão em duas secções de cada turbina, para medição de vazão turbinada.

- **Medição de Pressão do Tubo de Sucção**

Serão instaladas duas (02) tomadas de pressão no tubo de sucção de cada turbina, para medição de pressão do tubo de sucção.

Será instalada uma (01) tomada de pressão em cada ramal do tubo de sucção de cada turbina próximo a extremidade, para medição de pressão.

- **Deteção de Equilíbrio de Pressão na Comporta Ensecadeira de Jusante**

Serão instalados detectores de pressão diferencial em cada uma das unidades geradoras para deteção de equilíbrio de pressão na comporta ensecadeira do tubo de sucção.

12.15. Equipamentos e Sistemas Elétricos Principais

No interior da Casa de Força os equipamentos eletromecânicos serão dispostos conforme mostrado nas **Ilustrações 62 a 64**.

Assim, próximo a cada gerador será instalado um cubículo de proteção contra surto de tensão e de fechamento de neutro.

Os demais cubículos com disjuntores de saída, do transformador elevador e de alimentação dos serviços auxiliares, bem como os sistemas auxiliares elétricos gerais (corrente alternada e corrente contínua), serão distribuídos nas áreas disponíveis da Casa de Força e no anexo à Área de Montagem.

A Sala de Controle Centralizada (Estação de Operação, Painéis de Proteção e Medição e de Comunicação) estará em área própria reservada com acesso pela Área de Montagem. Nesta área será instalado o grupo gerador diesel de emergência.

O transformador elevador trifásico ficará localizado no interior da Subestação Elevadora, juntamente com os equipamentos de manobra, os transformadores para instrumentos e para-raios, conforme mostrado na **Ilustração 74**.

Na **Ilustração 70** é apresentado o Diagrama Unifilar de Proteção e Medição do Sistema Elétrico concebido para a PCH SU-118, bem como para a Subestação Elevadora associada.

A configuração do sistema elétrico contempla dois geradores síncronos de 4.723 kVA, acionados por turbinas hidráulicas do tipo Francis, de eixo horizontal.

Os geradores serão conectados aos seus respectivos cubículos de fechamento de neutro e de surto, e destes interligados ao conjunto de cubículos nos correspondentes cubículos disjuntores. Um seccionador próprio será conectado ao transformador elevador trifásico 6,9-34,5kV, por meio de cabos isolados.

Do mesmo conjunto de cubículos serão alimentados os transformadores de serviços auxiliares, por meio de seccionadores com fusíveis incorporados.

As características elétricas obtidas no pré-dimensionamento para os equipamentos elétricos principais são apresentadas nos itens seguintes.

12.15.1. Geradores

O gerador síncrono, de eixo horizontal, potência de 4.723 kVA, será instalado em maciço de concreto, com sistema de resfriamento a ar, com sistema de excitação brushless e com reguladores de tensão do tipo digital.

Os equipamentos de proteção contra surtos de tensão e de fechamento do neutro do gerador, compreendendo para-raios, capacitores, transformadores de corrente e transformador de aterramento serão instalados em um cubículo próprio junto à caixa de terminais do gerador.

As características técnicas principais dos geradores serão as seguintes:

- Tipo..... síncrono, eixo horizontal
- Quantidade.....2
- Potência nominal.....4.723 kVA
- Tensão nominal6.900 V
- Número de fases.....3
- Fator de potência.....0,90
- Frequência nominal 60 Hz
- Velocidade Síncrona Nominal 360 rpm
- Rendimento médio97%
- Tipo de acionamento.....sem multiplicador de velocidade
- Sistema de resfriamento preferencial ar
- Temperaturas de funcionamento:
 - 80°C no enrolamento do estator na potência nominal

- 40°C ambiente
- Classe de Isolamento F
- Resistências de aquecimento 1 conjunto
- Supervisão de temperatura do estator 2 RTD's/fase
- Supervisão de temperatura dos mancais 2 RTD's
- Supervisão de temperatura do óleo dos mancais 2 RTD's
- Termômetros para supervisão e proteção dos mancais 2 unidades
- Resistência para desumidificação 3 unidades
- Valores de reatância (síncrona, transitória e subtransitória) a ser confirmado pelo fabricante na fase do projeto executivo;
- Aterramento do neutro por meio de transformador de aterramento;
- Sistema de excitação sem escovas "Brushless" com excitatriz estática e com transformador de excitação do tipo seco.

12.15.1.1. Sistema de Excitação

Cada gerador deverá ser fornecido com o sistema de excitação do tipo "Brushless" com diodos rotativos, alternador de excitação, diretamente acoplado ao gerador, equipamento de excitação, inclusive transformador de excitação, dispositivos de desexcitação e de escorvamento do campo e regulador de tensão. O fornecimento deve incluir todos os equipamentos necessários para perfeito funcionamento em todas as condições de operação.

O equipamento de excitação e regulação de tensão deve ser do tipo com componentes de estado sólido e circuitos integrados, proporcionando uma regulação automática de tensão, de ação muito rápida, nos bornes do gerador, em todas as condições de carga.

O sistema de excitação deve possuir todas as características necessárias de modo a se ter uma excitação adequada em condições permanentes, bem como durante as possíveis perturbações transitórias, ajudando assim na operação estável dos geradores em paralelo.

12.15.2. Cubículos de Média Tensão

Os cubículos de média tensão serão blindados, tipo *metal-clad*, equipados com todos os componentes e ligações internas necessárias para a pronta operação, completos com disjuntores, TC's, TP's e demais componentes. As siglas dos equipamentos estão mostradas na **Ilustração 70**.

Estão previstos os seguintes cubículos:

- Cubículo de Prot. Contra Surtos e de Fecham. de Neutro da Unidade 1 CSN-U1
- Cubículo de Prot. Contra Surtos e de Fecham. de Neutro da Unidade 2 CSN-U2
- Cubículo do Disjuntor da Unidade 1 CDU-U1
- Cubículo do Disjuntor da Unidade 2 CDU-U2
- Cubículo de Alimentação do Transformador Elevador CSTE
- Cubículo Alimentador do Transf. de Serviços Auxiliares 1 CSA1

- Cubículo Alimentador do Transf. de Serviços Auxiliares 2 CSA2

12.15.2.1. Características Principais

- Cubículos de Proteção Contra Surtos e de Fechamento de Neutro do Gerador
 - Quantidade02
 - Tensão Nominal (eficaz) 7,2 kV
 - Frequência nominal..... 60 Hz
 - Corrente nominal em regime contínuo..... 1.250 A
 - Nível Básico de Isolamento 60 kV
 - Tensão de ensaio a 60 Hz 20 kV
 - Corrente de curta duração por 1s (eficaz)..... 25 kA
- Cubículos dos Disjuntores das Unidades
 - Quantidade02
 - Tensão Nominal (eficaz) 7,2 kV
 - Frequência nominal..... 60 Hz
 - Corrente nominal em regime contínuo..... 1.250 A
 - Nível Básico de Isolamento 60 kV
 - Tensão de ensaio a 60 Hz 20 kV
 - Corrente de curta duração por 1s (eficaz)..... 25 kA
- Cubículo de Alimentação do Transformador Elevador
 - Quantidade01
 - Tensão Nominal (eficaz) 7,2 kV
 - Frequência nominal..... 60 Hz
 - Corrente nominal em regime contínuo..... 1.250 A
 - Nível Básico de Isolamento 60 kV
 - Tensão de ensaio a 60 Hz 20 kV
 - Corrente de curta duração por 1s (eficaz)..... 25 kA
- Cubículo do Seccionador para Serviços Auxiliares
 - Quantidade02
 - Tensão Nominal (eficaz) 7,2 kV
 - Frequência nominal..... 60 Hz
 - Corrente nominal em regime contínuo..... 400 A
 - Nível Básico de Isolamento 60 kV
 - Tensão de ensaio a 60Hz 20 kV
 - Corrente de curta duração por 1s (eficaz)..... 25 kA

12.15.3. Transformador Elevador

O transformador elevador será trifásico, com dois enrolamentos, adequado para instalação externa, imerso em óleo mineral isolante, com tanque de expansão e comutador de derivações sem tensão.

As características técnicas dos transformadores serão as seguintes:

- Tipo trifásico
- Quantidade 01
- Potência nominal 8/10 MVA
- Tensão primária 6,9 kV
- Tensão secundária 34,5 kV ($\pm 2 \times 2,5\%$)
- Frequência Nominal 60 Hz
- Reatância indutiva a 75 °C 10%
- Ligação YNd1
- Método de resfriamento ONAN/ONAF
- Comutador de taps em vazio
- Classe de isolamento F

12.15.4. Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC)

O Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDCD) da usina e subestação será concebido conforme a Arquitetura Geral Simplificada, mostrado na *Ilustração 73*.

Resumidamente, este sistema será responsável pela integração dos diversos equipamentos assegurando um nível de operacionalidade conjunta e harmônica, realizando as funções de comando, controle e proteção, assim como, a monitoração e o registro sequencial dos eventos inerentes.

São pré-requisitos do SDSC: a confiabilidade, a modularidade, a intercomunicabilidade e a robustez. Portanto, deverá ser assegurada a completa compatibilidade lógica e operacional entre os equipamentos que integrem o sistema de automação.

O comando, o controle e a supervisão da usina serão executados normalmente a partir da Estação de Operação localizada no interior da Casa de Força ou ainda pelos painéis de proteção e controle de cada unidade. Adicionalmente, prevê-se para o SDSC a capacidade de executar as mesmas funções a partir do Centro de Operação Remota (COR), fora do presente escopo, por meio de comunicação em protocolo aberto com o Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC).

Este sistema possibilitará a operação a partir de três níveis, assim definidos:

- Nível 1: Unidades de aquisição de dados e controle (UACs) que deverão ser constituídas por módulos funcionais, tais como processadores e interfaces com o processo e comunicação;
- Nível 2: Corresponde às funções centralizadas da usina, de comando, supervisão e controle. O conjunto de equipamentos do nível 2 deverá estar totalmente interconectado por meio de rede digital de comunicação de alta velocidade;
- Nível 3: Corresponde às funções centralizadas no COR. O conjunto de equipamentos do nível 3 deverá estar totalmente interconectado por meio de rede digital de comunicação (fora do presente escopo).

Os equipamentos que compõem o SDSC, incluindo os reguladores eletrônicos de velocidade e de tensão, serão instalados na Sala de Controle em ambiente climatizado.

12.15.4.1. Descrição dos Painéis dos Sistemas do SDSC

Na **Ilustração 73** são apresentados os painéis que compõem o SDSC, que serão instalados na Sala de Controle.

Os painéis previstos são os seguintes:

- Painel de Controle e Proteção da Unidade 1PCP-U1
- Painel de Controle e Proteção da Unidade 2PCP-U2
- Painel de Controle e Proteção da Subestação e Serv. AuxiliaresPCP-SE
- Quadro de Distribuição CA – Tomada d Água..... QDA-TA
- Painel de Segurança Eletrônica.....PSE-01
- Painel de Comunicação.....PCOM
- Enlace Rádio Digital ERD

O quantitativo de painéis poderá sofrer variações em função do tipo de equipamento oferecido pelos Fabricantes.

12.15.5.Sistema de Proteção

Na **Ilustração 70** é apresentado o Diagrama Unifilar de Proteção e Medição concebido para a Casa de Força da PCH SU-118 e para a respectiva Subestação.

O sistema de proteção elétrica dos geradores, do transformador elevador e da linha de transmissão será baseado em relés numéricos “stand alone”, usualmente utilizados para proteção desses equipamentos. Os relés de proteção serão instalados nos painéis de controle e proteção de cada unidade, conforme mostrado na **Ilustração 70**.

As proteções deverão apresentar como pré-requisitos básicos: a seletividade, a superposição das áreas protegidas (sem zonas de sombra) e retaguarda.

Os equipamentos deverão apresentar interfaces padronizadas e protocolos de comunicação abertos, dando-se preferência para a comunicação pelo protocolo MODBUS ou IEC865-101 ou DNP3.0, com possibilidade de parametrização local por meio de botões frontais ou via software; e desejável possibilidade de parametrização remota, por meio de linha discada.

Preveem-se as seguintes funções, segundo o padrão ANSI:

- Proteção das Unidades Geradoras:
 - Proteção de subtensão (27)
 - Relé de Verificação de Sincronismo (25)
 - Proteção de Potência Reversa (32)
 - Proteção de Perda de Excitação (40)
 - Proteção de Corrente de Sequência Negativa (46)
 - Proteção de Sobrecorrente Instantânea (50)
 - Proteção de Sobrecorrente Instantânea de Neutro (50N)

- Proteção de Sobrecorrente Temporizada (51)
- Proteção de Sobrecorrente Temporizada de Neutro (51N)
- Proteção de Sobrecorrente com Restrição de Tensão (51V)
- Proteção de Sobretensão (59)
- Proteção de Sobretensão de Neutro (59N)
- Proteção de Falha Disjuntor (50BF)
- Proteção de Terra do Estator (64)
- Proteção de Sub e Sobrefrequência (81)
- Relé de Bloqueio do Gerador (86)
- Proteção Diferencial do Gerador (87G)
- Proteção do Transformador Elevador:
 - Relé de Pressão da Válvula de Segurança (20VS)
 - Relé de Temperatura do Óleo (26)
 - Relé de Temperatura do Enrolamento (49)
 - Proteção de Sobrecorrente Instantânea (50)
 - Proteção de Sobrecorrente Instantânea de Neutro (50N)
 - Proteção de Sobrecorrente Temporizada (51)
 - Proteção de Sobrecorrente Temporizada de Neutro (51N)
 - Proteção de Falha Disjuntor (50BF)
 - Relé de Pressão de Gás – Bochholz (63)
 - Relé de Nível de Óleo (71)
 - Relé de Bloqueio do Transformador (86)
 - Proteção Diferencial do Transformador (87T)
- Proteção da Linha de Transmissão 34,5 kV:
 - Relé de distância (21)
 - Relé de sincronismo (25)
 - Relé de Subtensão (27)
 - Relé de Sobrecorrente Instantânea (50)
 - Relé de Sobrecorrente Temporizada (51)
 - Relé de Sobretensão (59)
 - Relé de Direcional de Sobrecorrente (67)

As proteções primária e secundária de distância (21) deverão ser sensíveis a todos os tipos de faltas entre fases e entre fase e terra. Deverão ter no mínimo três zonas de proteção e elementos direcionais de partida.

Será previsto ainda um relé para detecção de falta à terra na barra do cubículo de média tensão, função 59N, para o caso de alimentação da barra por meio do sistema interligado e de um relé de sincronização e de verificação de sincronismo dos geradores e a barra do cubículo de média tensão, função 25.

12.15.6. Subsistema de Medição e Supervisão

Os medidores das grandezas elétricas serão digitais e possuirão interfaces de comunicação com o Subsistema Supervisivo. Este subsistema irá monitorar também os sinais analógicos e digitais vitais nos equipamentos da usina e da subestação, condicioná-los para leitura remota por meio de interfaces padrão Ethernet ou RS485, quando cabíveis, e promover o seu registro e a elaboração de relatórios gerenciais no computador de comando e supervisão do subsistema. A determinação dos pontos e quantidades monitoradas será objeto do projeto executivo.

As medições de faturamento serão efetuadas por sistemas dedicados e instalados na subestação da PCH SU-104. Para estas medições preveem as interfaces de comunicação requisitadas pela CCEE/ONS.

12.15.7. Sistema de Segurança Eletrônica

O sistema de segurança eletrônica da usina, tomada d'água e subestação será concebido conforme a Arquitetura Geral Simplificada, mostrado na *Ilustração 73*.

Será composto pelos equipamentos necessários à proteção do patrimônio e auxílio à operação. Prevê-se o monitoramento das áreas exclusivas do empreendimento, por meio de sistema CFTV (circuito fechado de televisão) composto por câmeras de vídeo fixas e móveis, coloridas, multiplexadores de vídeo, gravadores de sinais de vídeo, controladores das câmeras móveis, monitores e gabinetes de alojamento do sistema.

Adicionalmente, prevê-se a instalação de sensores de presença e intrusão em ambientes selecionados.

É prevista o monitoramento por vídeo nos seguintes pontos:

- Tomada d'Água..... 1 câmera móvel
- Subestação 1 câmera móvel
- Casa de Força, piso dos geradores..... 2 câmeras fixas
- Casa de Força – Sala de Controle..... 1 câmera fixa

12.15.8. Sistema de Telecomunicações

O sistema será composto por uma central telefônica digital com capacidade para até 8 ramais para atendimento às necessidades de comunicação interna. A transmissão de fonia e dados entre a PCH SU-118, o COR e a subestação da PCH SU-104, será realizada por intermédio de Enlace Rádio Digital. O Sistema deverá ainda ser capaz de fornecer ao menos dois canais ETHERNET para integração de rede local e Sistema de Supervisão e Controle.

Para sistema de comunicação alternativo de emergência, e com viaturas móveis, será prevista uma estação fixa de rádio em VHF e unidades móveis portáteis e veiculares.

12.15.9. Serviços Auxiliares em Corrente Alternada

12.15.9.1. Configuração do Sistema

O Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Alternada terá a configuração apresentada no diagrama unifilar mostrado na *Ilustração 71*.

O sistema será composto por dois cubículos (CSA1 e 2) derivados do conjunto de cubículos de MT, que alimentam seus respectivos Transformadores de Serviços Auxiliares (TSA-01 e 2) e deste o Quadro Geral de Serviços Auxiliares em Corrente Alternada (QDA-CF).

Será previsto ainda, como fonte de emergência, um Grupo Gerador Diesel de Emergência (GGD-CF) que também alimentará o mesmo quadro geral (QDA-CF) com potência adequada a atender aos serviços auxiliares prioritários da Casa de Força, Subestação e Tomada d'Água.

A partir do Quadro Geral de Serviços Auxiliares (QDA-CF), serão alimentados o Quadro de Tomadas de Força da Casa de Força (QTF-CF), o Quadro de Iluminação e Tomadas da Casa de Força (QIT-CF), o Quadro de Distribuição CA da Tomada d'Água (QDA-TA), o Quadro de Distribuição CA da Subestação (QDA-SE), e as demais cargas em corrente alternada da Casa de Força.

Será adotado o nível de tensão de 380/220 V \pm 10%, trifásico, 4 fios, solidamente aterrado para alimentação de todos os motores de potência, tomadas de força trifásicas e alimentação primária do sistema de iluminação.

Para as cargas monofásicas dos resistores de aquecimento e das iluminações internas dos quadros elétricos e das tomadas de força será utilizada tensão de 220 V (F+N).

12.15.9.2. Critérios de Operação

As alimentações desde o cubículo e do Grupo Gerador Diesel de Emergência (GGD-CF) até o Quadro Geral de Serviços Auxiliares em Corrente Alternada (QDA-CF) serão feitas radialmente não sendo permitida a operação, em paralelo, de qualquer uma das fontes.

Em condições normais de operação a fonte proveniente do transformador de serviços auxiliares alimentará o quadro geral (QDA-CF). Na ocorrência da falta desta entrará automaticamente em operação a fonte proveniente do Gerador Diesel (GGD-CF).

12.15.9.3. Descrição dos Quadros Auxiliares em Corrente Alternada

Na **Ilustração 71** são apresentados os quadros que compõem os Serviços em Corrente Alternada.

Os quadros previstos são os seguintes:

- Quadro Geral de Serviços Auxiliares de CA da Casa de Força..... QDA-CF
- Quadro de Distribuição CA da Unidade 1QDA-U1
- Quadro de Distribuição CA da Unidade 2QDA-U2
- Quadro de Iluminação e Tomadas da Casa de Força QIT-CF
- Quadro de Tomadas de Força..... QTF-CF
- Quadro de Distribuição CA da Subestação QDA-SE
- Quadro de Distribuição CA – Tomada d'Água..... QDA-TA

12.15.9.4. Transformadores de Serviços Auxiliares

Será previsto, para os serviços auxiliares de corrente alternada, o fornecimento de 02 (dois) Transformadores Trifásicos instalados na Sala de MT da Casa de Força.

Principais características do Transformador de Serviços Auxiliares instalados na Casa de Força:

- Quantidade02
- Potência nominal225 kVA
- Tipo seco

- Ligação delta-estrela..... Dyn1
- Frequência nominal60 Hz
- Tensão nominal no enrolamento primário6.900 V
- Tensão máxima.....7.200 V
- Tensão nominal no enrolamento secundário 380 V ($\pm 2 \times 2,5\%$)
- Comutador de tapsem vazio

12.15.10. Gerador Diesel de Emergência

Para atender, em emergência, as cargas com maior probabilidade de funcionamento quando a usina e a subestação estiverem sob colapso total de energia, será instalado um Grupo Gerador Diesel de Emergência (GGD-CF) de corrente alternada.

A potência do grupo deverá ser suficiente para alimentação dos motores e outros equipamentos acionados por energia elétrica, em corrente alternada, dos quais a usina não pode prescindir em caso de falha no sistema elétrico.

O sistema de resfriamento do motor deverá ser a ar/água, com radiador. O gerador síncrono será trifásico, 380/220V, 60Hz e terá sistema de excitação com regulador automático de tensão.

Um tanque de combustível, para uso diário, terá capacidade tal que permita o funcionamento ininterrupto do grupo, sob carga nominal, por um período superior a 8 (oito) horas.

12.15.11. Serviços Auxiliares em Corrente Contínua

12.15.11.1. Configuração do Sistema

O Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Contínua terá a configuração apresentada no diagrama unifilar simplificado mostrado na *Ilustração 72*.

O Quadro Geral de Serviços Auxiliares em Corrente Contínua (QDC-CF) será alimentado por dois Carregadores de Baterias (CB-01/02), e destes à Bateria de Acumuladores (BAT).

A partir do Quadro Geral de Serviços Auxiliares (QDC-CF) será alimentado o Quadro de Distribuição (QDC-SE) da Subestação e as demais cargas em corrente contínua da Casa de Força.

Será adotado o nível de tensão de $125 \text{ V} \pm 10\%$ para todas as cargas.

12.15.11.2. Critérios de Operação

Em condições normais de operação, uma das fontes provenientes dos Carregadores de Baterias (CB-01/02) alimentará o quadro geral (QDC-CF). Na ocorrência da falta de uma delas deverá ocorrer a comutação automática da outra.

12.15.11.3. Descrição dos Quadros Auxiliares em Corrente Contínua

Na *Ilustração 72* são apresentados os quadros que compõem os Serviços em Corrente Contínua.

Os quadros previstos são os seguintes:

- Quadro Geral de Serviços Auxiliares em Corrente Contínua QDC-CF

- Quadro de Distribuição em Corrente Contínua – SubestaçãoQDC-SE
- Quadro de Distribuição em Corrente Contínua – Tomada d'Água QDC-TA

12.15.11.4. Carregadores de Baterias

Os carregadores de baterias (CB-01 e CB-02) serão do tipo estático, constituídos por retificadores de silício, alimentados em 380/220 V, a partir do Quadro Geral de Serviços Auxiliares em Corrente Alternada (QDA-CF), com um alimentador independente para cada carregador.

Os carregadores de baterias terão como ciclo de serviço seu funcionamento com todas as unidades operando normalmente, ou seja, o mesmo ciclo de serviço usado para dimensionamento da bateria que considera todas as unidades funcionando normalmente.

- Quantidade02
- Tensão de entrada nominal 380 Vca a 4 fios $\pm 10\%$
- Tensão de saída nominal 125 Vcc $\pm 0,5\%$
- Tensão de flutuação 132 Vcc
- Tensão de equalização..... 144 Vcc
- Corrente nominal.....35 A
- Frequência de entrada..... 60 Hz +/- 5%
- Limitação de corrente em % da potência nominal 150%

12.15.11.5. Bateria de Acumuladores

O Banco de Baterias de Acumuladores (BAT) será formado por elementos do tipo selado, para sistema com tensão de 125 V (+10% a -20%).

- Quantidade01
- Tensão nominal de serviço 125 Vcc (+10% a -20%)
- Capacidade em (Ah) do banco 100 Ah

12.15.12. Sistema de Iluminação e Tomadas

12.15.12.1. Iluminação Normal

A iluminação normal será projetada de tal modo a possibilitar a livre circulação pelas diversas áreas da usina e permitir o bom desempenho, com segurança, de todas as atividades normais do pessoal de operação e manutenção.

Os níveis médios mínimos de iluminância a serem adotados para a iluminação normal estarão de acordo com as normas brasileiras pertinentes, dentre as quais, a NBR 5413 – Iluminância de Interiores e NBR 510 –1 Iluminação Pública. As instalações elétricas serão concebidas de acordo com a NBR – 5410 Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

Na iluminação normal, serão empregados os seguintes tipos de luminárias:

- Luminárias equipadas com lâmpadas do tipo fluorescente, destinadas a áreas internas com pé direito baixo e médio, tais como, galerias, escritórios, sala de controle, oficinas, depósitos,

instalações sanitárias, escadas de acesso, etc. Estas luminárias serão adequadas ao ambiente do local, ambiente normal ou com presença de umidade, gases ou vapores ou com risco de explosão;

- Luminárias equipadas com lâmpadas a vapor de sódio, destinadas a áreas internas com pé direito elevado, tais como, a sala de máquinas;
- Luminárias equipadas com lâmpadas a vapor de sódio destinadas a áreas externas, tais como, plataforma dos transformadores e canal de fuga, vias e acessos, plataformas do pórtico na tomada d'água e pátio da subestação.

O comando local da iluminação será feito por meio de interruptores junto aos acessos. Em áreas especiais, serão previstos interruptores convenientemente distribuídos.

Em áreas externas, a iluminação será comandada por dispositivos fotoelétricos e de maneira centralizada por chaves de comando manual local. O acionamento será feito por contadores.

12.15.12.2. Iluminação de Emergência

A iluminação de emergência será projetada de modo a possibilitar o escoamento de pessoal e manter níveis de iluminância adequados nas áreas mais críticas de operação, nos períodos de falta da iluminação normal.

Os níveis de iluminância serão compatíveis para estabelecer um balizamento das passagens e áreas de circulação, mantendo um nível mínimo de iluminância que possibilite a circulação e, principalmente, a saída de pessoal dos locais de menor segurança.

Poderão ser empregados sistemas autônomos de iluminação de emergência, compostos por alojamento, carregador, bateria de níquel cádmio, inversor e lâmpadas fluorescentes compactas.

12.15.12.3. Tomadas

A seguir estão definidos os tipos de tomadas a serem empregadas e instaladas onde necessário:

- Tomadas monofásicas, tipo universal, 16 A, 220 Vca, 60 Hz, 2 polos + terra, instaladas a 0,30 m do piso acabado nas galerias elétricas;
- Conjunto de tomadas montado em caixa de material plástico resistente, composto por uma tomada monofásica, tipo universal, 16 A, 220 Vca, 60 Hz, 2 polos + terra, e uma tomada trifásica, 30 A, 380 Vca, 60 Hz, 3 polos + terra, instalado a 0,90 m do piso das unidades geradoras;
- Conjunto de tomadas em caixa de alumínio com tampa mola, composto por uma tomada monofásica, tipo universal, 16 A, 220 Vca, 60Hz, 2 polos + terra, e uma tomada trifásica, 30 A, 380 Vca, 60 Hz, 3 polos + terra, instalado a 0,90 m do piso acabado em áreas externas;
- Tomadas trifásicas, 60 A, 380 Vca, 60 Hz, 3 polos + terra, instaladas a 0,90 m do piso das unidades geradoras, área de montagem, pátio da subestação e na tomada d'água.

As tomadas para uso externo serão apropriadas para tal, com blindagem em caixa de alumínio fundido com tampa mola e vedação.

Aquelas destinadas a áreas internas serão instaladas em caixas de ligação aparentes em alumínio, instaladas diretamente em parede.

12.15.13. Sistema de Vias Para Cabos e Condutores

12.15.13.1. Sistema de Vias Para Cabos

O projeto do sistema de vias de cabos será executado numa fase inicial do projeto da obra, permitindo, assim, que sejam tomadas as devidas providências, como a inclusão no projeto civil de blackouts, canaletas, eletrodutos embutidos, perfilados embutidos, etc.

Os cabos serão instalados em leitos metálicos, em canaletas, em eletrodutos, em bancos de dutos ou em galerias.

Os leitos para cabos ou bandejas serão utilizados extensivamente em toda Usina, principalmente na casa de força, fixadas em perfilados embutidos nas paredes, teto e no fundo de canaletas.

Os eletrodutos rígidos serão utilizados, em sua maioria, para instalação dos circuitos de iluminação, telefonia e na derivação a partir dos leitos para os equipamentos de controle, instrumentação e na alimentação de motores. Nos casos em que os equipamentos estiverem sujeitos a vibração serão utilizados eletrodutos flexíveis.

As dimensões das canaletas e galerias serão definidas conforme a necessidade, sendo que as mesmas deverão possuir sistema de drenagem.

Os bancos de dutos deverão ser envelopados em concreto, quando em áreas sujeitas a trânsito de veículos, ou areia, utilizando-se eletrodutos rígidos ou flexíveis, respectivamente, adequadamente espaçados, devendo proporcionar a segregação dos circuitos de diferente natureza, o mesmo ocorrendo com as caixas de passagem.

Na sala de controle poderá ser utilizado piso elevado e, neste caso, as vias de cabos deverão ser constituídas de leitos, eletrocalhas ou eletrodutos aparentes.

O sistema de vias de cabos no pátio da subestação será composto de canaletas e eletrodutos, convenientemente distribuídos em toda a área da subestação.

12.15.13.2. Condutores

No dimensionamento da seção dos cabos para iluminação serão considerados queda de tensão máxima, conforme norma NBR-5410, os critérios de capacidade de condução de corrente, de curto circuito e o de coordenação com a proteção.

Para instalação em eletrodutos, serão utilizados cabos com isolamento de 750 V e para instalação em canaletas e leitos 0,6/1 kV.

A seção mínima dos condutores a ser empregada será de 2,5 mm².

12.15.14. Sistema de Aterramento e de Proteção Contra Descargas Atmosféricas

O sistema será concebido de tal modo que atenda, primordialmente, às seguintes finalidades:

- Estabelecer uma ligação entre a terra e as carcaças de equipamentos, cubículos, estruturas metálicas, etc., visando a proteção de pessoas durante a ocorrência de uma falta de fase para terra;
- Possibilitar uma baixa resistência de aterramento para os sistemas elétricos, contribuindo para um melhor desempenho dos relés de terra;
- Propiciar um controle adequado das tensões de passo e de toque, na subestação, durante os curtos-circuitos fase-terra;

- Oferecer proteção contra as descargas diretas de origem atmosférica, seu escoamento e a equalização de potencial, garantindo a integridade das instalações e equipamentos, bem como a segurança pessoal. O SPDA será projetado conforme norma NBR-5419, na sua última revisão.

A fim de superar as dificuldades causadas pela alta resistividade do terreno e atingir as finalidades do sistema de aterramento, o mesmo deverá contar, basicamente, dos seguintes componentes:

- Malhas de aterramento embutidas e de conexão de estruturas e equipamentos na Casa de Força, na Tomada d' Água e no Vertedouro;
- Malha de aterramento da subestação;
- Malha auxiliar (se necessário);
- Condutores de interligação entre malhas.

Além de suportar as correntes de curto-circuito, os cabos deverão ser robustos o bastante para não sofrerem danos, devido a eventuais ações mecânicas que possam ocorrer durante a construção ou durante a vida útil dos mesmos. Deste modo, os cabos das malhas enterradas ou embutidas terão seção mínima de 95 mm².

Os cabos das derivações para aterramento dos equipamentos e estruturas serão dimensionados também para suportarem a corrente de curto-circuito a que ficarão expostos. A seção mínima recomendável para estes cabos, por razões mecânicas, é 35 mm².

Todas as emendas, junções ou conexões inacessíveis (embutidas no concreto ou enterradas) deverão ser feitas, exclusivamente, por soldas exotérmicas.

As conexões acessíveis serão feitas por meio de conectores aparafusados. No percurso exposto dos cabos de aterramento, os mesmos deverão ser presos firmemente às estruturas e/ou equipamentos, por meio de conectores adicionais e/ou braçadeiras, em quantidades adequadas, de acordo com o comprimento do cabo.

12.15.15. Subestação Elevadora

A subestação de 34,5 kV da usina terá configuração de barras simples, conforme mostrado no desenho de arranjo geral incluído no volume de desenhos deste relatório (*Ilustração 74*).

A subestação será constituída de um vão de transformação e um vão de saída de linha de transmissão em 34,5 kV para a subestação da PCH SU-104.

A tensão de transmissão de 34,5 kV é a utilizada pela distribuidora na região, assim como os equipamentos de alta tensão da subestação como transformador elevador, disjuntor, chave seccionadora, transformadores de medição e pára-raios.

A alimentação do transformador será realizada através de cabos isolados de 6,9 kV, provenientes das unidades geradoras passando pelo conjunto de cubículos

Os equipamentos de alta tensão serão de classe de isolamento 36 kV, próprios para instalação ao ar livre, categoria adequada para sistemas de transmissão.

Os disjuntores serão de acionamento tripolar, isolamento interno e câmara de extinção a gás, trifásico montado sobre estrutura metálica.

As chaves seccionadoras serão de abertura vertical, enquanto as com função by-pass serão de abertura horizontal. As chaves seccionadoras de linha adicionalmente serão equipadas com lâmina de aterramento.

Os transformadores de corrente e de potencial serão especificados com núcleos de categoria para proteção, dando cobertura à medição, inclusive faturamento.

As distâncias entre equipamentos no pátio e o dimensionamento das vias internas possibilitam o acesso aos equipamentos e o trânsito de pessoas e veículos para montagem, manutenção e ensaios.

Os sistemas de serviços auxiliares da subestação serão dispostos nos quadros de distribuição QDA-SE e QDC-SE, e serão localizados junto à área de montagem.

A proteção da subestação será disposta no painel de controle e proteção PCP-SE, localizado junto à sala de controle.

Os barramentos e condutores serão dimensionados para operar na potência máxima de transmissão sem atingir o limite térmico, nas condições mais adversas que possam ocorrer, com capacidade para suportar o curto circuito do Sistema Interligado pelo tempo mais longo de atuação das proteções.

As instalações da subestação, além das obras e estruturas civis, compreenderão estruturas metálicas ou estruturas de concreto pré-formado de suporte dos equipamentos, condutores aéreos do barramento, isoladores de ancoragem, condutores e conectores dos barramentos e elementos anti-corona.

Toda a área da subestação terá instalações de aterramento, iluminação, canaletas e dutos de distribuição de cabos de força e de controle.

A subestação será protegida contra descargas de origem atmosférica e sobretensões por surtos de tensão por um sistema de cabos pára-raios e blindagens contra surtos.

As características principais da subestação na fase do projeto básico da usina estão indicadas em seguida.

- Potência nominal do sistema de barras..... 10 MVA
- Configuração de barra Simples
- Tipo de disjuntor..... Extinção e isolamento a gás SF6
- Quantidade de disjuntor..... 1
- Quantidade de seccionadores.....3
- Tipo da chave seccionadora de linhaAbertura vertical
- Transformadores de corrente.....3
- Transformadores de potencial.....3
- Para-raios tipo estação3

12.15.16. Linha de Transmissão

O traçado preliminar da Linha de Transmissão será conforme o mostrado na **Ilustração 75**, onde a inserção da energia gerada no Sistema Elétrico será feita na SE Manobra Sapezal, da Energisa MT, passando pelas subestações das PCHs SU-104 e SU-93, por meio de uma linha de transmissão em 34,5 kV, circuito simples, com aproximadamente 7 km de extensão.

Os critérios para a definição dos parâmetros da linha de transmissão na fase do projeto deverão ser os utilizados pela distribuidora local, coincidindo com os usuais das linhas de transmissão da Energisa MT para conexão neste nível de potência de geração. Deverão ser contemplados os requisitos indicados em seguida para condições de tempo bom:

- Sistema de proteção adequado ao fluxo de potência;

- Potência máxima transmitida de 10,0 MVA sob fator de potência 0,90, compatível com a potência aparente da usina;
- Garantia de preservação do limite térmico dos condutores e isoladores, mesmo com temperatura ambiente máxima e velocidade de ar mínima;
- Capacidade de suportar o curto circuito do Sistema Interligado pelo tempo regulado de atuação das proteções.

O resumo dos critérios básicos para o projeto da linha de transmissão são os seguintes:

- Comprimento..... 7 km
- Tensão nominal de isolamento..... 34,5 kV
- Configuração..... Trifásica com circuito simples
- Potência máxima transmitida 10 MVA
- Corrente nominal..... 168 A
- Tipo de condutores aéreos 336,4 MCM

13. INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA DE ABASTECIMENTO

Neste capítulo serão apresentados os principais aspectos referentes à infraestrutura e logística de abastecimento para construção do futuro empreendimento.

13.1. Localização e Principais Acessos ao Sítio

O aproveitamento hidrelétrico deverá ser implantado em área do município de Sapezal, localizado no estado de Mato Grosso.

Para acesso ao local previsto para construção da usina, devem ser percorridos, a partir da cidade de Cuiabá, aproximadamente 580 km (acesso ao sítio pela margem esquerda do rio), transitando-se por rodovias federais e estaduais, além de estradas de acesso às fazendas da região, denominadas aqui vicinais.

No Item 2.4 deste relatório apresenta-se a localização da área definida para construção da usina e suas principais rotas de acesso.

13.2. Infraestrutura Disponível

As cidades mais próximas ao sítio previsto para implantação da PCH são:

- Sapezal/MT, localizada a 80 km do sítio (distância aproximada), com aproximadamente 26.688 habitantes (2020; estimativa IBGE);
- Campos de Júlio/MT, localizada a 140 km do sítio (distância aproximada), com aproximadamente 7.070 habitantes (2020; estimativa IBGE);
- Campo Novo do Parecis/MT, localizada a 190 km do sítio (distância aproximada), com aproximadamente 36.143 habitantes (2020; estimativa IBGE);
- Comodoro/MT, localizada a 210 km do sítio (distância aproximada), com aproximadamente 21.008 habitantes (2020; estimativa IBGE);
- Brasnorte/MT, localizada a 300 km do sítio (distância aproximada), com aproximadamente 20.140 habitantes (2020; estimativa IBGE);
- Vilhena/RO, localizada a 330 km do sítio (distância aproximada), com aproximadamente 102.211 habitantes (2020; estimativa IBGE).

Dessa forma, pode-se concluir que essas cidades não estão próximas o suficiente da área da futura obra para lhe oferecer algum tipo de apoio direto.

As obras de infraestrutura têm como objetivo principal dar suporte à construção do aproveitamento de acordo com o cronograma estabelecido em projeto. O local de implantação da usina não possui infraestrutura estabelecida, sendo seu acesso local, como já descrito, previsto por caminhos internos das propriedades rurais da região.

No âmbito da obra deverão ser projetados e construídos os acessos aos locais de implantação das estruturas do empreendimento, levando-se em consideração as frentes de serviço, as dependências administrativas e o canteiro de obras.

Em adição, deverá ser prevista a construção do canteiro de obras, com suas instalações administrativas e industriais, tais como almoxarifado, escritórios e central de concreto.

O fato de não se ter infraestrutura pré-estabelecida próxima ao local da futura obra exigirá a construção de alojamentos para mão de obra e para a equipe técnica especializada (engenheiros, consultores, entre outros).

Especial atenção deverá ser dada ao projeto e à construção do ambulatório do canteiro de obras, pois, em caso de necessidade, as distâncias a serem percorridas serão grandes e o tempo poderá não ser suficiente para o socorro de uma eventual vítima.

13.3. Logística para as Obras

A logística é a área da gestão responsável por prover recursos, equipamentos e informações para a execução de todas as atividades de uma obra. Entre as atividades da logística está o transporte, a movimentação de materiais, o armazenamento, a produção de materiais de construção e gerenciamento de informações.

Em termos quantitativos, uma parte dos materiais de construção e de consumo poderá ser adquirida diretamente nos municípios localizados mais próximos ao local da futura obra.

Cabe aqui ressaltar que o local previsto para implantação da usina fica distante de centros urbanos, não sendo seu acesso muito simples, o que deverá exigir um planejamento mais criterioso para a compra de insumos da obra e manutenção do canteiro/alojamentos.

Os principais materiais a serem transportados para a obra são o cimento, os produtos siderúrgicos, tais como chapas, perfis e barras de aço para construção e os diversos equipamentos eletromecânicos da usina.

As alternativas mais próximas para o fornecimento de cimento ao canteiro de obras são fábricas da indústria VOTORANTIM:

(1) **VOTORANTIM**

Nobres/MT
Rodovia BR-163/364, Km 480,5;
Pinhal – CEP: 78.460-000
www.votorantimcimentos.com.br
Fone: (65) 3376-4417
Distante aproximadamente 470 km do sítio da usina;
Marca: ITAÚ
Tipos: CP II-Z 32 e CP IV 32RS
Coordenadas Geográficas: 14°38'27,32" (Sul) e 56°16'41,62" (Oeste).

(2) **VOTORANTIM**

Cuiabá/MT
Rodovia MT-401, Km 14,4 – Zona Rural, Fazenda Bela Vista, Distrito do Aguaçu;
Cuiabá – CEP: 78.018-000
www.votorantimcimentos.com.br
Fone: (65) 3637-6766
Distante aproximadamente 600 km do sítio da usina;
Marca: ITAÚ
Tipos: CP II-Z 32 e CP IV 32RS
Coordenadas Geográficas: 15°20'22,54" (Sul) e 56°08'37,99" (Oeste).

A Figura 13-1 apresenta imagens aéreas das áreas dessas duas fábricas de cimento da empresa Votorantim, obtidas a partir do Google Earth.



Figura 13-1: Fábricas de cimento Votorantim (Nobres e Cuiabá) (Fonte: Google Earth)

Para o suprimento de produtos siderúrgicos, as indústrias mais próximas do local da obra estão a uma distância aproximada de 2.000 km (ARCELORMITTAL Aços Longos – Piracicaba/SP; GERDAU Aços Longos – Divinópolis/MG e SINOBRAS Siderúrgica Norte Brasil S.A. – Marabá/PA).

De forma suplementar, os produtos siderúrgicos poderão ser obtidos a partir dos estados de Minas Gerais, São Paulo e Paraná, indicando, nesses casos, como potencial fornecedor para a obra as indústrias de aços GERDAU, que possui duas lojas no estado do Mato Grosso, uma na cidade de Cuiabá e outra na cidade de Sinop.

O transporte do cimento e dos produtos siderúrgicos deverá ser feito por via rodoviária até o local do aproveitamento, transitando-se por rodovias federais e estaduais pavimentadas e por estradas de acesso às fazendas da região.

Cabe ressaltar que esses acessos internos deverão passar por substanciais reformas, para oferecerem condições adequadas ao tipo do tráfego que será exigido durante a execução da obra.

Os equipamentos eletromecânicos poderão ser adquiridos a partir do parque industrial de São Paulo, Santa Catarina ou Paraná, e serão transportados por via terrestre.

A implantação das obras da PCH, tomando-se por base as informações disponíveis, os dados de projeto, os materiais de construção e os estudos de planejamento desenvolvidos, requer recursos convencionais, tanto dos equipamentos quanto de mão-de-obra para o desenvolvimento dos trabalhos das obras civis, e de fácil mobilização.

Quanto à rocha para produção de agregados de concreto, os ensaios realizados durante a execução das investigações geológico-geotécnicas no sítio do aproveitamento indicaram que o produto das escavações obrigatórias será inadequado para implantação das estruturas. De forma alternativa, deverá ser prevista a utilização de pedreiras comerciais e/ou de jazidas a serem oportunamente mapeadas e exploradas.

A areia natural, necessária para complementar o traço de concreto, poderá ser adquirida direto da cidade de Campo Novo do Parecis. Em caso de insuficiência no fornecimento, as cidades São José do Rio Claro e Brasnorte devem ser consideradas.

Onde possível e a critério do empreiteiro, desde que previamente aprovado pela empresa responsável pelo Projeto Executivo, poderão ser utilizadas peças em concreto pré-moldado.

A energia elétrica utilizada para a construção das obras será obtida por meio de geradores portáteis movidos a óleo diesel e ou por meio de suprimento do sistema elétrico de baixa tensão (13,8 kV) existente na região.

A água necessária para abastecimento dos canteiros será proveniente de poços profundos. Caso sejam necessárias, serão previstas estações de tratamento de água (ETA) compactas para tratamento da água não industrial.

Especial atenção será dada à coleta e ao tratamento das águas servidas, visando impedir a poluição do rio Sauê-Uiná por dejetos industriais ou residenciais.

As estradas de serviço serão encascalhadas e regadas periodicamente, impedindo, deste modo, a formação prejudicial de nuvens de poeira causada pelo tráfego.

Com base no volume de trabalho necessário à implantação das obras e na experiência em obras anteriores, estima-se que o número de trabalhadores envolvidos na construção será da ordem de 250 pessoas no período máximo e 50 pessoas no período mínimo.

13.4. Canteiros e Acampamentos

Em princípio, canteiros de obras e alojamentos para construção de empreendimentos do porte de usinas hidrelétricas deverão ser construídos próximos à área de maior concentração de obras e com topografia a menos acidentada possível.

No caso específico da PCH em estudo, o canteiro de obras deverá ser construído próximo à área definida para implantação do circuito de geração, na margem esquerda do rio.

A **Ilustração 22** apresenta a disposição geral de parte das obras da usina com a localização do canteiro de obras principal e seus alojamentos.

O canteiro será implantado em área do município de Sapezal, na margem esquerda do rio Sauê-Uiná, e será formado pelas seguintes unidades principais, agrupadas em conjuntos separados de edificações. Cumpre aqui informar que a numeração entre parênteses refere-se à identificação da edificação na **Ilustração 22**.

- Escritório de serviços gerais (administração) – edificação em madeira destinada aos serviços de recursos humanos, recrutamento, segurança do trabalho e transporte (12);
- Ambulatório médico – prédio em madeira/alvenaria (13);
- Refeitório central/cozinha industrial – ambos instalados em uma mesma edificação (14);
- Alojamentos/sanitários – blocos de alojamentos construídos em madeira, em formato retangular com sanitários coletivos posicionados entre os blocos de alojamento (16), (17) e (18);
- Lavanderia – área coberta, localizada próximo aos alojamentos, dotada de tanques e, eventualmente, máquinas, para lavagem de roupas de uso pessoal ou de serviço, dos funcionários alojados (19);
- Sistema compacto de filtros para tratamento de água – destinado ao tratamento de água dos canteiros, para utilização humana nos escritórios, alojamentos, sanitários e refeitórios (33);
- Captação e reservatório de água bruta – sistemas dotados de flutuantes, bombas d’água e redes. Destinam-se à captação de água de poços subterrâneos para abastecimento de reservatório elevado, para utilização doméstica e industrial nos serviços de corte, produção e cura do concreto, lavagem de equipamentos, materiais (33);
- Balança rodoviária – balança com guarita de controle, destinada a aferição de pesos dos materiais e insumos a serem utilizados na construção, tais como: cimento, aço, equipamentos etc., locada em área terraplenada com drenagem superficial (09);
- Portaria – guarita localizada próxima aos acessos das áreas de construção, com vigilância para controle de acesso de pessoas e veículos aos canteiros de obra, bem como controle de entrada e saída de materiais (01);
- Oficina mecânica – composta de oficina destinada à manutenção dos equipamentos leves e pesados, funilaria, reparos e pintura, instalações elétricas de equipamentos e fabricação dos embutidos metálicos do concreto de primeiro estágio, e de galpão coberto, construído em estrutura metálica, onde serão instaladas as máquinas e acessórios tais como: furadeira de coluna e radial, tornos mecânicos, plaina, serra hidráulica, prensas, calandra, talhas, máquinas de solda elétrica, máquina de dobrar tubos, e ferramentaria (24);
- Almoxarifado/compras – instalado sob a cobertura em estrutura metálica e ou alvenaria/madeira, para abrigar escritórios de compra/romaneio e estocagem de materiais, peças e insumos (26);

- Borracharia/lubrificação/lavador – composta de oficina destinada a reparos, montagem e manutenção de pneus, lubrificação e lavagem dos equipamentos e veículos leves e pesados em serviço no canteiro de obra, e de galpão coberto, construído em estrutura metálica, onde serão instaladas as máquinas e acessórios tais como: máquina de montar pneus, compressores, calibradores e depósito de pneus. A rampa de lubrificação e lavagem não terá cobertura (23) e (30);
- Central de armação – composta de oficina destinada ao corte, dobra, emendas, pré-armação e identificação das barras de aço estruturais que serão incorporadas às estruturas de concreto, e de galpão coberto, construído em estrutura metálica, onde serão instaladas as máquinas e acessórios tais como: baias para estocagem de barras de aço, mesas para corte de barras e máquinas de dobrar, máquina para solda de topo, máquinas de soldas convencionais. Poderá ser provida de guindaste para apoio conjunto à central de carpintaria e ao pátio de pré-moldados (28);
- Central de carpintaria – composta de oficina, destinada à confecção e preparo de formas de madeira/metálica para moldagem das geometrias finais das estruturas de concreto, e de galpão coberto para instalação das máquinas e acessórios tradicionalmente utilizados para os trabalhos de carpintaria, tais como serra de fita/circular, desengrosso, plaina, lixadeiras, furadeiras, tupia, bancada, prancheta, para pré-montagem de formas. Poderá ser provida de guindaste para apoio conjunto à central de armação e ao pátio de pré-moldados (27);
- Escritórios de campo (produção) – edificações em madeira ou containers metálicos, destinadas ao pessoal de gerenciamento das frentes de serviços (12);
- Laboratório de concreto e solos – edificação coberta destinada à realização de ensaios de traços de concreto e solos, equipado com os seguintes equipamentos: betoneira portátil, prensas hidráulicas para rompimento de corpo de prova de concreto e barras de aço, balança para dosagem de agregados graúdos e miúdos, câmara úmida para cura de corpo de prova, baias para estocagem de pequenos volumes de areia, brita e cimento (08);
- Central de concreto – instalações industriais, posicionadas em áreas descobertas, destinada à fabricação de concreto nos traços previamente ensaiados em laboratórios, composta dos seguintes componentes: sala de controle, silos de cimento e aditivos, dosadora de agregados graúdos e miúdos com balança (areia, britas e cimento), misturadores com descargas automáticas para caminhões betoneiras e/ou “dumpcrete” (05);
- Central de ar comprimido – galpão coberto, com piso cimentado, fechada lateralmente com venezianas de madeira, destinado ao abrigo dos compressores de ar comprimido fixos, de grande capacidade, para abastecimento de centrais, oficinas e de frentes de serviços dotadas de equipamentos pneumáticos (24).

De forma complementar, o canteiro de obras ainda contém as seguintes instalações: estacionamento (31), posto de abastecimento (11), tanque de combustíveis (22), banheiros industriais (29), subestação (20), grupos geradores (21), elétrica/bombeamento/embutidos/oficina industrial (25), depósito de resíduos (10), estoque de brita (06), estoque de areia (07), torre de telecomunicações (02), depósito de cimento (03) e (04), estação compacta de tratamento de esgotos (32) e centro de convivência (15).

14. CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO

A PCH SU-118 deverá ser construída em 22 meses, com os seguintes marcos principais:

- Início efetivo das obras abril do Ano 01
- Desvio do rio maio do Ano 02
- Início do enchimento do reservatório novembro do Ano 02
- Entrada em operação comercial da 1ª unidade janeiro do Ano 02
- Entrada em operação comercial da 2ª unidade fevereiro do Ano 03

A **Ilustração 76** apresenta, de forma sucinta, o cronograma das principais atividades a serem desenvolvidas.

De posse do cronograma físico-financeiro, com os respectivos desembolsos mensais, foram estimados os juros durante a construção (JDC) do aproveitamento, que valeram **9,30%**, inseridos no Orçamento Padrão Eletrobrás – OPE.

As figuras seguintes apresentam os histogramas de consumo de concreto, escavações obrigatórias e de aterro para a execução do empreendimento.

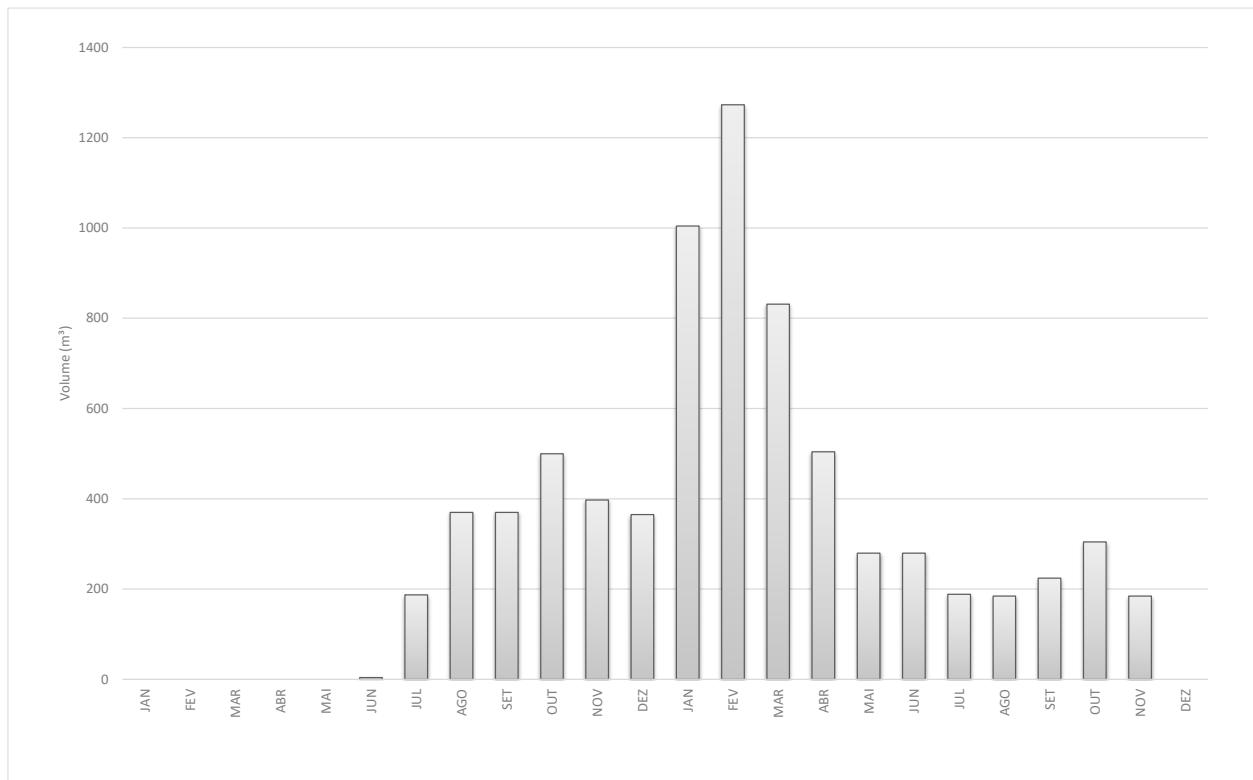


Figura 14-1: Histograma de consumo de concreto estrutural

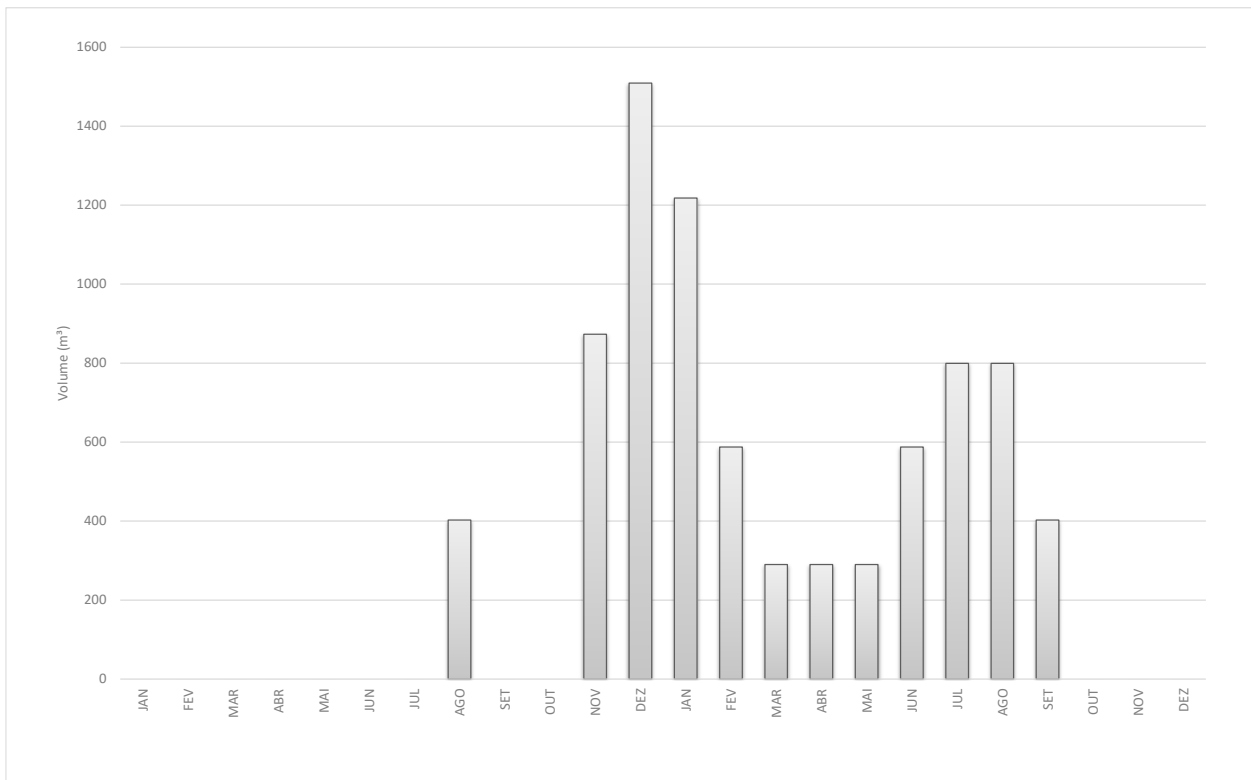


Figura 14-2: Histograma de consumo de concreto massa

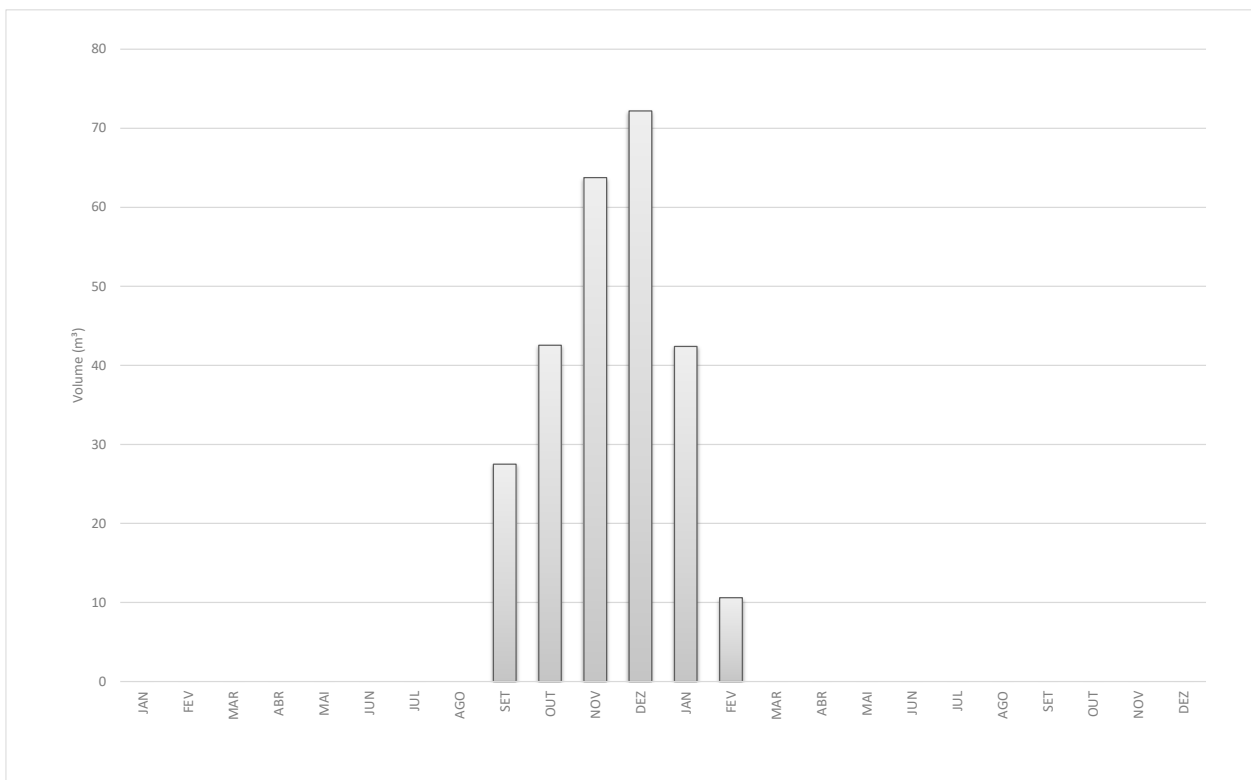


Figura 14-3: Histograma de consumo de concreto projetado

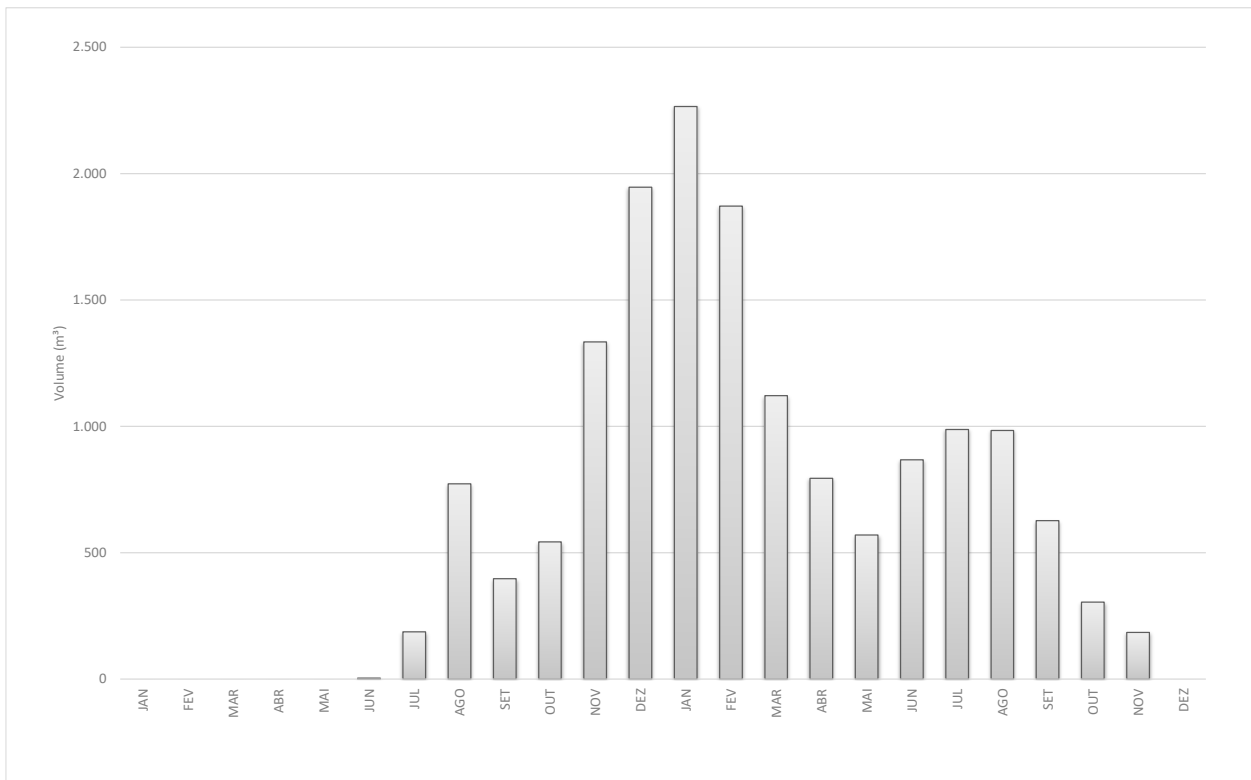


Figura 14-4: Histograma de consumo de concreto (total)

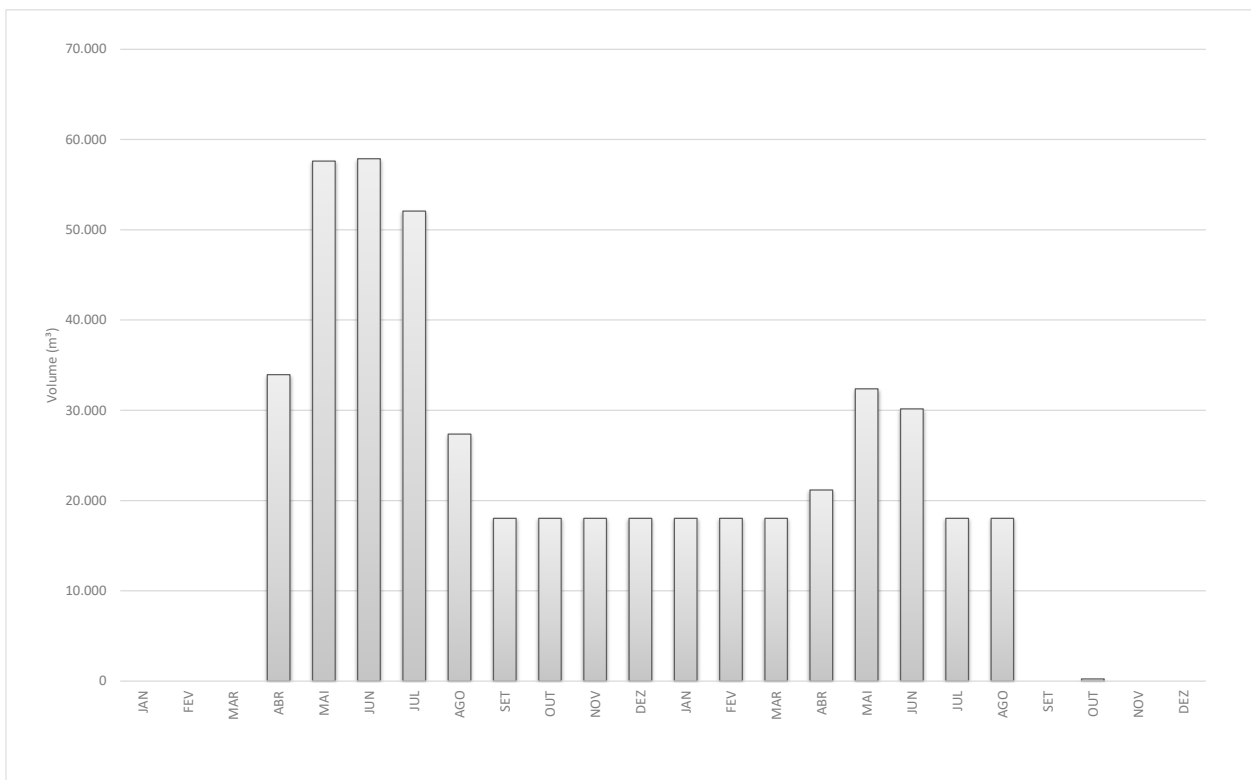


Figura 14-5: Histograma de escavação comum

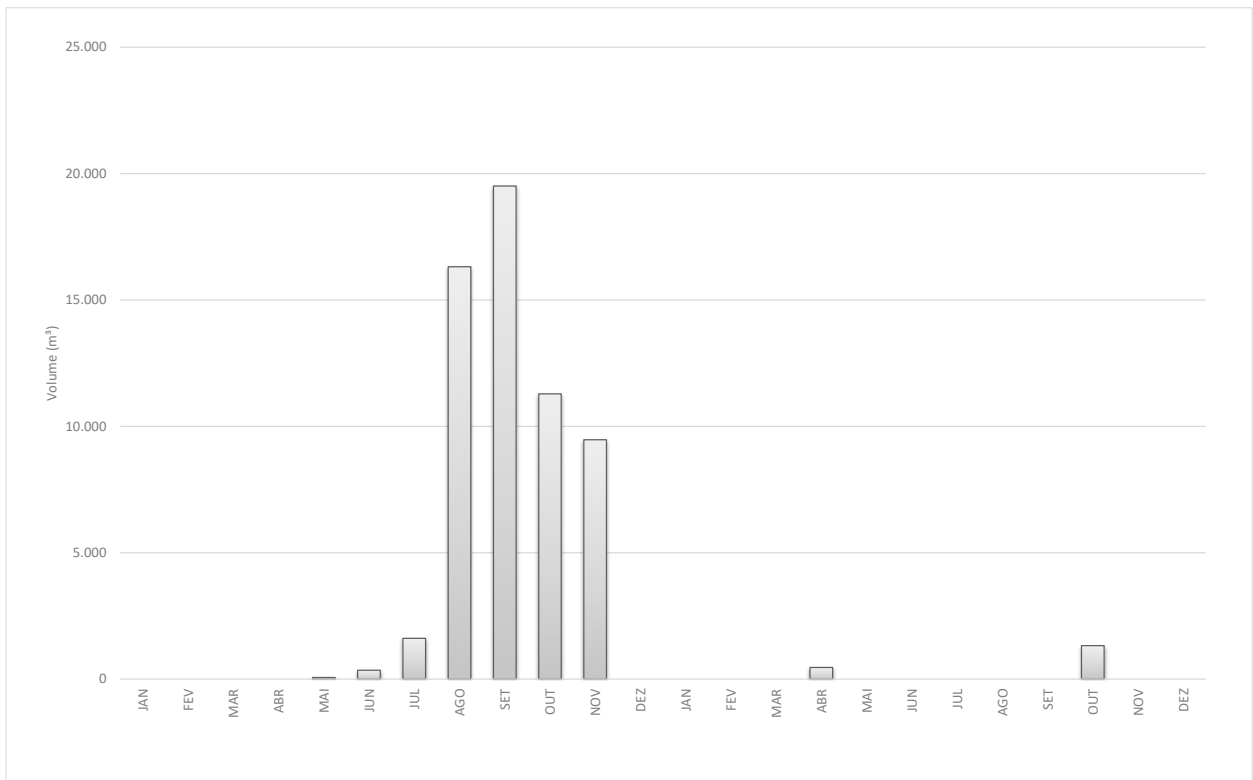


Figura 14-6: Histograma de escavação em rocha a céu aberto

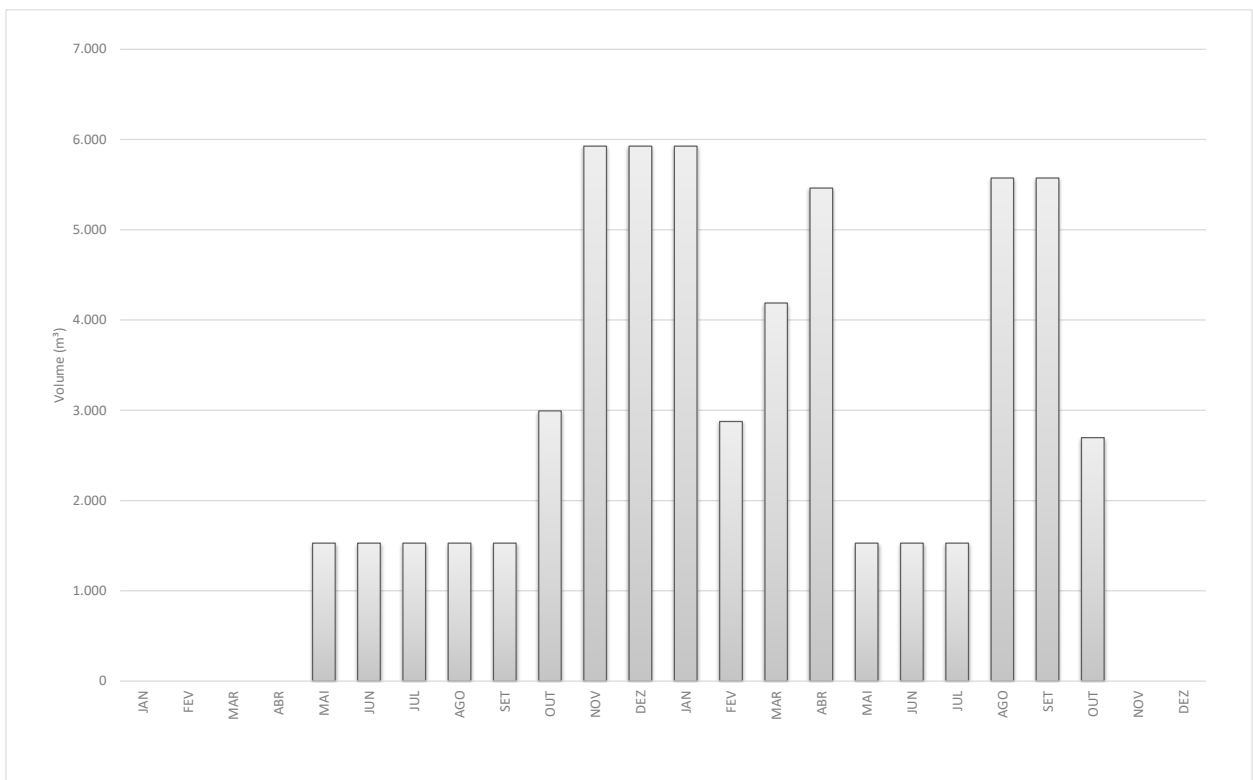


Figura 14-7: Histograma de aterro

15. ORÇAMENTO PADRÃO ELETROBRÁS

O custo de implantação da PCH SU-118 foi determinado com a aplicação de preços unitários de materiais, serviços e equipamentos necessários à implantação do aproveitamento, de acordo com o Plano de Contas dos Orçamentos Padrão ELETROBRÁS.

Os preços unitários de obras civis, custos de equipamentos, custos indiretos e eventuais tiveram seus critérios apresentados no Capítulo 8.

Os Juros Durante a Construção foram estimados a partir do cronograma de desembolsos previstos para a construção do empreendimento, considerando-se o período de 21 meses para o início da geração comercial.

A Tabela 15-1 apresenta o resumo das quantidades de obras civis levantadas para a composição do orçamento final do empreendimento.

Tabela 15-1: Resumo das quantidades (obras civis)

Item	Quantidade	Un.
Concreto estrutural + Concreto massa	15.759	m³
Cimento	4.675	t
Concreto sem cimento (estrutural)	7.450	m ³
Concreto massa	8.050	m ³
Concreto projetado	259	
Armadura	493	t
Escavação	535.505	
Comum	475.120	m ³
Em rocha a céu aberto	60.385	m ³
Aterro	59.370	m³

Para a implantação do aproveitamento será necessário um volume de concreto total da ordem de 16.000 m³, com uma relação de aproximadamente 1.900 m³/MW instalado, considerada normal para o porte do empreendimento.

Destaca-se que o volume de concreto convencional, com custo mais elevado, será de aproximadamente 7.500 m³ (47% do volume total), concentrados nas obras do circuito de adução. O volume de concreto massa, da ordem de 8.000 m³ estará concentrado na barragem de concreto, vertedouro e muros de ligação.

Os volumes de escavação em solo se mostraram elevados, em função da implantação do canal de adução (60% do volume total).

Já os volumes de escavação em rocha foram de pequena monta, uma vez que as cotas das fundações se mostraram muito profundas.

Por fim, o volume de aterros também foi pequeno, em sua maior parte aplicados no canal de adução.

A Tabela 15-2 apresenta o resumo do OPE gerado para a PCH SU-118, contendo os custos de todas as contas envolvidas, formando o custo direto, os custos indiretos, os juros durante a construção e o custo total da obra.

Consideraram-se também os custos das obras da subestação e linha de transmissão.

Tabela 15-2: OPE – Resumo das Contas

Conta	Valor (R\$×10³)	Valor (US\$×10³)	% do Custo Direto	% do Custo Total
.10	4.287,02	824,43	6,54%	4,73%
.11	10.971,75	2.109,95	16,73%	12,10%
.12	32.226,37	6.197,38	49,14%	35,54%
.13	12.852,67	2.471,67	19,60%	14,17%
.14	3.672,00	706,15	5,60%	4,05%
.15	1.569,95	301,91	2,39%	1,73%
.16				
Custo Direto	65.579,76	12.611,49	100,00%	72,32%
Custos Indiretos	8.316,14	1.599,26	12,68%	9,17%
Custo Total sem Juros (Usina)	73.895,90	14.210,75		81,49%
Subestação + Conexão	9.068,57	1.743,96		10,00%
Custo Total sem Juros (sem SE e LT)	82.964,47	15.954,71		91,49%
JDC	7.715,70	1.483,79		8,51%
Custo Total da Usina	90.680,17	17.438,49		

Os custos também podem ser divididos da seguinte forma:

Obras Civas:	37.307,63	41,14%
Equipamentos Eletromecânicos:	23.985,11	26,45%
Meio Ambiente:	4.287,02	4,73%
Outros Custos:		
Custo Direto Total:	65.579,76	72,32%
Custos Indiretos:	8.316,14	9,17%
Custo Total sem JDC (Usina):	73.895,90	81,49%
Sistema de Transmissão Associado:	9.068,57	10,00%
Custo Total sem JDC (Usina + SE + Conexão):	82.964,47	91,49%
Juros Durante a Construção – JDC:	7.715,70	8,51%
Custo Total com JDC e Sistema de Transmissão:	90.680,17	

O Orçamento Padrão ELETROBRÁS (OPE) da PCH SU-118 é apresentado no Capítulo 20 deste relatório.

16. AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA DO EMPREENDIMENTO

A inclusão na matriz energética nacional da PCH SU-118, como fonte de geração de energia limpa, vem ao encontro das demandas por energia, atendendo, por consequência, aos requisitos básicos para a sustentação dos processos de crescimento e modernização da produção na região.

O arranjo geral do aproveitamento e as estruturas que o compõem correspondem a soluções convencionais de engenharia civil, empregadas em obras desta natureza no Brasil. Da mesma forma, os equipamentos eletromecânicos projetados possuem características amplamente dominadas na fabricação, transporte, operação e manutenção em nosso território.

O custo estimado para a implantação do aproveitamento, incluindo os juros durante a construção, foi de R\$ 90.680.170,00 (noventa milhões, seiscentos e oitenta mil, cento e setenta reais), referenciados a junho de 2021. Esses custos incluem as obras da Usina, Subestação e Linha de Transmissão.

A avaliação econômica do empreendimento pode ser resumida da seguinte forma:

- Custo total da Usina, sem juros durante a construçãoR\$ 73.895.900,00
- Custo do Sistema de Transmissão (SE + LT)R\$ 9.068.570,00
- Custo total da Usina + SE + LT, sem juros durante a construçãoR\$ 82.964.470,00
- Custo total com JDC.....R\$ 90.680.170,00
- Garantia Física Estimada 6,84 MW médios
- Custo de Operação e Manutenção (O&M) R\$ 1.191.360,00/ano
- Custo Total (com O&M)R\$ 101.911.020,00
- Taxa de Juros 10% ao ano
- Período da exploração comercial (contratos)..... 30 anos
- Custo Total Anual.....R\$ 10.810.640,00
- Índice Custo/Benefício (ICB) R\$ 180,42/MWh
- Custo Índice (potência instalada)..... R\$ 10.668/kW instalado
- Custo Índice (energia produzida).....R\$ 13.257/kW médio

O custo para implantação do empreendimento, que tem uma expectativa de Garantia Física estimada em 6,84 MW médios, proporcionada pelos 8,5 MW instalados, resultou num índice de mérito de 180 R\$/MWh e custo de instalação de 10.700 R\$/kW.

Tendo como cenário atual tarifas no ACR para empreendimentos hidrelétricos de pequeno porte, verifica-se que a PCH SU-118 se mostrou bastante competitiva.

Dentre as ações a serem tomadas para a viabilização do projeto, recomenda-se que sejam iniciadas as tratativas com fornecedores de equipamentos, objetivando a customização das soluções, considerando a construção do complexo com 4 usinas de mesmo porte: SU-118 (8,50 MW), SU-104 (6,70 MW), SU-93 (9,15 MW) e SU-75 (8,10 MW), totalizando 32,45 MW, com similaridade em alguns equipamentos.

Recomenda-se também o aprofundamento das campanhas de investigações geológico-geotécnicas, para subsidiar os estudos de otimização do arranjo, em conjunto com empreiteira civil, visando à simplificação da logística para as obras e dos custos unitários dos insumos.

Por fim, recomenda-se a realização de estudos junto à concessionária de energia, visando à definição e, se possível, simplificação do sistema de conexão para o complexo.

17. FICHA TÉCNICA PADRÃO ANEEL

Em anexo apresenta-se a ficha resumo da PCH, no padrão ANEEL.

18. PARTICIPANTES DOS ESTUDOS

PROJETO DE ENGENHARIA	
Engº Rodrigo Gomes Otsuki	Coordenação, Responsável Técnico Geral, Estudos Hidrometeorológicos, Estudos Hidráulicos, Arranjos, Planejamento, Custos e Orçamentos
Engº Danilo Jorge Santos	Responsável Técnico Geral, Gerente de Contrato, Estudos Energéticos, Dimensionamentos Eletromecânicos e Orçamentos
Engº Edson Benjamim Barbosa Filho	Responsável Técnico Geral, Estudos Geotécnicos, Dimensionamentos, Arranjos, Custos e Orçamentos
Engº Luciano Jorge Santos	Responsável Técnico Geral, Estudos Hidráulicos, Dimensionamentos e Arranjos
Engº Celso Rubens Vareta	Estudos Hidráulicos, Geotécnicos, Planejamento, Arranjos e Custos
Engº Joaquim Roriz da Silva	Estudos Hidrometeorológicos
Geól. Paulo Guimarães	Estudos Geológicos
Engª Flávia Naves Lins	Mecânica e Utilidades
Engº Bruno Resende de Araújo	Estudos Elétricos e de Interligação
Engº Shinichi Ono	Estudos Geotécnicos
Engº Felipe Marçal Barbosa de Melo Gois	Estudos Geológicos e Geotécnicos
Engº Victor Ulysses Sousa Oliveira	Planejamento, Arranjos e Orçamentos
Engº Fernando Marçal Vieira Filho	Coordenação, Dimensionamentos, Arranjos, Custos e Orçamentos
Marina Crema	Coordenação técnica, Orçamentos, Qualidade
Proj. Eduardo Henrique Araújo Cavalcante	Arranjos
Proj. Rodrigo César de Oliveira Santos	Desenhos de Estruturas
Proj. Nayguel Andrys	Desenhos
Proj. Iata Anderson Paes de Almeida	Desenhos
Proj. Gevanildo Peixoto	Desenhos

Proj. Marcos Sirley Cardoso	Desenhos
Proj. Rudson Santos	Desenhos
LEVANTAMENTOS DE CAMPO	
SAI – Serviço Aéreos Industriais	Levantamentos cartográficos (perfilamento laser)
TOPOGEO Topografia e Geomática Ltda.	Levantamentos topográficos
NACON Sondagens	Investigações Geológico-Geotécnicas
HYDROCONSULT Hidrometria Comércio e Serviços Ltda.	Levantamentos Hidrométricos

19. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Os seguintes desenhos complementam este memorial descritivo:

Ilustração e Descrição	Número
1. Mapa de Localização e Acessos	PR268/20-DE-40021
2. Rio Sauê-Uiná – Divisão de Queda	PR268/20-DE-40022
3. Rio Sauê-Uiná – Perfil de Linha d'Água	PR268/20-DE-40023
4. Bacia Hidrográfica do Rio Sauê-Uiná	PR268/20-DE-40024
5. Localização dos Postos Fluviométricos	PR268/20-DE-40025
6. Mapa de Isoietas	PR268/20-DE-40026
7. Características Climatológicas	PR268/20-DE-40027
8. Características do Escoamento Fluvial	PR268/20-DE-40028
9. Mapa Geológico Regional	PR268/20-DE-40029
10. Mapa Geomorfológico Regional	PR268/20-DE-40030
11. Levantamento Planialtimétrico – Fl. 1/2	PR268/20-DE-40031
12. Levantamento Planialtimétrico – Fl. 2/2	PR268/20-DE-40032
13. Localização das Seções Topobatimétricas	PR268/20-DE-40033
14. Seção Topobatimétrica STB-07	PR268/20-DE-40034
15. Seção Topobatimétrica STB-08	PR268/20-DE-40035
16. Seção Topobatimétrica STB-23	PR268/20-DE-40036
17. Arranjo Geral – Planta	PR268/20-DE-40037
18. Arranjo Geral – Barramento – Detalhes – Fl. 1/2	PR268/20-DE-40038
19. Arranjo Geral – Circuito de Geração – Detalhes – Fl. 2/2	PR268/20-DE-40039
20. Elementos Geométricos para Locação das Estruturas – Planta – Fl. 1/2	PR268/20-DE-40040
21. Elementos Geométricos para Locação das Estruturas – Planta – Fl. 2/2	PR268/20-DE-40041
22. Obras de Infraestrutura – Planta	PR268/20-DE-40042
23. Reservatório – Planta e Curvas Características	PR268/20-DE-40043
24. Mapa Geológico Local e Localização das Investigações Geológico-Geotécnicas	PR268/20-DE-40044
25. Sondagens – Mini-Logs – Fl. 1/2	PR268/20-DE-40045
26. Sondagens – Mini-Logs – Fl. 2/2	PR268/20-DE-40046
27. Seção Geológico-Geotécnica – Eixo do Barramento	PR268/20-DE-40047
28. Seção Geológico-Geotécnica – Canal de Adução – Fl. 1/2	PR268/20-DE-40048
29. Seção Geológico-Geotécnica – Canal de Adução – Fl. 2/2	PR268/20-DE-40096
30. Seção Geológico-Geotécnica – Circuito de Geração	PR268/20-DE-40097
31. Áreas de Bota-Fora – Planta	PR268/20-DE-40049
32. Seção Longitudinal pelo Eixo do Barramento	PR268/20-DE-40050
33. Escavação das Estruturas – Barramento – Planta – Fl. 1/2	PR268/20-DE-40051
34. Escavação das Estruturas – Circuito de Geração – Planta – Fl. 2/2	PR268/20-DE-40052

Ilustração e Descrição	Número
35. Escavação das Estruturas – Seções – Fl. 1/2	PR268/20-DE-40053
36. Escavação das Estruturas – Seções – Fl. 2/2	PR268/20-DE-40054
37. Barragem de Terra – Seção Típica	PR268/20-DE-40055
38. Canal de Adução – Seções Típicas	PR268/20-DE-40056
39. Sequência Construtiva das Obras Civas – Planta	PR268/20-DE-40057
40. Desvio do Rio – 2ª Fase – Planta e Seção Típica da Ensecadeira	PR268/20-DE-40058
41. Estruturas do Barramento – Planta e Cortes	PR268/20-DE-40059
42. Desvio do Rio – Obras de Concreto – Plantas e Cortes	PR268/20-DE-40061
43. Desvio do Rio – Modelo Tridimensional	PR268/20-DE-40062
44. Estrutura de Controle – Plantas e Cortes	PR268/20-DE-40063
45. Estrutura de Controle – Modelo Tridimensional	PR268/20-DE-40064
46. Câmara de Carga – Planta e Cortes	PR268/20-DE-40065
47. Câmara de Carga – Modelo Tridimensional	PR268/20-DE-40066
48. Tomada d'Água – Plantas e Cortes	PR268/20-DE-40067
49. Tomada d'Água – Modelo Tridimensional	PR268/20-DE-40068
50. Circuito de Geração – Planta	PR268/20-DE-40069
51. Circuito de Geração – Corte	PR268/20-DE-40070
52. Circuito de Geração – Modelo Tridimensional	PR268/20-DE-40071
53. Circuito de Geração – Casa de Força – Cobertura	PR268/20-DE-40072
54. Circuito de Geração – Casa de Força – Planta El. 332,80 m	PR268/20-DE-40073
55. Circuito de Geração – Casa de Força – Planta El. 322,30 m	PR268/20-DE-40074
56. Circuito de Geração – Casa de Força – Corte A	PR268/20-DE-40075
57. Circuito de Geração – Casa de Força – Corte B	PR268/20-DE-40076
58. Circuito de Geração – Casa de Força – Corte C	PR268/20-DE-40077
59. Circuito de Geração – Casa de Força – Corte D	PR268/20-DE-40078
60. Circuito de Geração – Casa de Força – Corte E	PR268/20-DE-40079
61. Circuito de Geração – Casa de Força – Modelo Tridimensional	PR268/20-DE-40080
62. Casa de Força – Arranjo Eletromecânico – Planta El. 322,30 m	PR268/20-DE-40081
63. Casa de Força – Arranjo Eletromecânico – Planta El. 332,80 m	PR268/20-DE-40082
64. Casa de Força – Arranjo Eletromecânico – Seção Longitudinal	PR268/20-DE-40083
65. Sistema de Drenagem – Fluxograma	PR268/20-DE-40084
66. Sistema de Água de Resfriamento e de Serviço – Fluxograma	PR268/20-DE-40085
67. Sistema de Esvaziamento e Enchimento – Fluxograma	PR268/20-DE-40086
68. Sistema de Ar Comprimido de Serviço – Fluxograma	PR268/20-DE-40087
69. Sistema de Medições Hidráulicas – Fluxograma	PR268/20-DE-40088
70. Sistema Elétrico – Sistema de Proteção e Medição – Diagrama Unifilar Simplificado	PR268/20-DE-40089
71. Sistema Elétrico – Serviços Auxiliares de CA – Diagrama Unifilar Simplificado	PR268/20-DE-40090

Ilustração e Descrição	Número
72. Sistema Elétrico – Serviços Auxiliares de CC – Diagrama Unifilar Simplificado	PR268/20-DE-40091
73. Sistema Elétrico – Sistema Digital de Supervisão e Controle – Arquitetura Geral Simplificada	PR268/20-DE-40092
74. Sistema Elétrico – Subestação Elevadora 34,5 kV – Arranjo Geral – Planta e Corte	PR268/20-DE-40093
75. Sistema Elétrico – Mapa Eletrogeográfico e Diagrama Unifilar Simplificado	PR268/20-DE-40094
76. Cronograma Físico Financeiro	PR268/20-DE-40095

20. ANEXOS

Em anexo encontram-se os seguintes documentos:

- Orçamento Padrão Eletrobrás – OPE;
- Orçamento dos sistemas elétricos;
- Planilhas de perdas de cargas no circuito de adução.