



## ÍNDICE

<b>1. APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>2</b>
2.1. Objetivo .....	2
2.2. Histórico dos Estudos .....	2
2.3. Estudos Anteriores .....	3
2.4. Localização e Acessos .....	5
2.5. Organização do Relatório .....	6
<b>3. SUMÁRIO DAS PRINCIPAIS CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>8</b>
<b>4. EIH E PB: CARACTERÍSTICAS E JUSTIFICATIVAS PARA ALTERAÇÕES DE PROJETO.....</b>	<b>10</b>
<b>5. LEVANTAMENTOS CARTOGRÁFICOS E TOPOGRÁFICOS .....</b>	<b>13</b>
5.1. Levantamentos dos Estudos de Inventário .....	13
5.2. Perfilamento a Laser.....	16
5.2.1. Informações Gerais .....	16
5.2.2. Perfilamento Laser Aerotransportado .....	17
5.2.3. Ortorretificação .....	18
5.2.4. Fluxograma .....	18
5.2.5. Planejamento e Execução do Voo.....	20
5.2.6. Equipamentos Utilizados.....	21
5.2.7. Equipe Envolvida .....	23
5.2.8. Relatório de Voo.....	24
5.2.9. Considerações.....	24
5.2.10. Documentação de Referência .....	24
5.2.11. Documentação Oficial .....	28
5.2.12. Apoio de Campo .....	29
5.2.13. Processamentos dos Produtos.....	30
5.3. Levantamentos Topográficos Complementares.....	34
5.3.1. Levantamento Geodésico.....	34
5.3.2. Levantamento Topográfico.....	37
5.3.3. Sistema de Referência.....	38
5.3.4. Equipamentos e Softwares.....	41
5.3.5. Produtos e Resultados.....	42
5.3.6. Equipe Técnica .....	43
<b>6. ESTUDOS HIDROMETEOROLÓGICOS.....</b>	<b>44</b>
6.1. Caracterização Fisiográfica da Bacia.....	44
6.1.1. Localização e Hidrografia.....	44
6.1.2. Área de Drenagem e Perímetro .....	45
6.1.3. Índice de Compacidade.....	46
6.1.4. Fator de Forma.....	46
6.1.5. Declividade Média.....	46
6.1.6. Densidade de Drenagem .....	47
6.1.7. Tempo de Concentração.....	47
6.1.8. Geologia .....	47
6.1.9. Interpretação do Escoamento Fluvial.....	48
6.2. Caracterização Climatológica .....	48
6.2.1. Aspectos Gerais da Climatologia.....	49
6.2.2. Características Climatológicas Locais.....	49

6.3.	Dados Básicos .....	51
6.3.1.	Dados Fluviométricos .....	51
6.4.	Vazões Médias Mensais Afluentes .....	65
6.4.1.	Metodologia de Geração das Séries de Vazões .....	65
6.4.2.	Série de Vazões Médias Mensais Afluente no Local da PCH Vila União .....	66
6.4.3.	Comparação da Série de Vazões do Projeto Básico com a Série do Inventário .....	67
6.5.	Permanência de Vazões Médias Mensais Afluentes .....	68
6.6.	Vazões Extremas .....	69
6.6.1.	Dados Básicos .....	69
6.6.2.	Vazões Máximas Anuais .....	72
6.6.3.	Vazões Máximas na Estiagem .....	73
6.7.	Vazões Mínimas .....	74
6.8.	Curva-Chave no Canal de Fuga – PCH Vila União .....	74
6.9.	Curvas Cota-Área-Volume .....	75
6.10.	Enchimento do Reservatório .....	76
6.11.	Tempo de Residência .....	77
6.12.	Evaporação Líquida no Reservatório da PCH Vila União .....	78
6.12.1.	Metodologia de Cálculo .....	78
6.12.2.	Crítérios de Cálculo .....	79
6.12.3.	Resultados .....	79
6.13.	Borda Livre .....	79
6.14.	Assoreamento e Vida Útil do Reservatório da PCH Vila União .....	81
<b>7.</b>	<b>ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS .....</b>	<b>86</b>
7.1.	Caracterização Regional .....	86
7.2.	Geologia Regional .....	87
7.3.	Geotectônica e Geologia Estrutural .....	90
7.4.	Geomorfologia Regional .....	91
7.5.	Recursos Minerais .....	93
7.6.	Sismicidade Natural e Induzida .....	93
7.7.	Estanqueidade do Reservatório .....	95
7.8.	Estabilidade das Encostas .....	95
7.9.	Geologia Local .....	95
7.9.1.	Investigações Geológico-Geotécnicas Executadas .....	95
7.9.2.	Interpretação dos Resultados das Investigações Geológico-Geotécnicas .....	95
7.10.	Condições Geológico-Geotécnicas das Fundações Estruturais .....	96
7.10.1.	Barragem de Concreto – Margens Direita .....	96
7.10.2.	Barragem de Concreto – Margem Esquerda .....	96
7.10.3.	Vertedouro .....	97
7.10.4.	Adufas de Desvio .....	97
7.10.5.	Tomada d'Água de Controle .....	97
7.10.6.	Canal de Adução .....	97
7.10.7.	Câmara de Carga e Tomada d'Água .....	98
7.10.8.	Casa de Força e Canal de Fuga .....	98
7.11.	Disponibilidades de Materiais Naturais de Construção .....	99
7.11.1.	Solos .....	99
7.11.2.	Areias e Cascalho .....	99
7.11.3.	Material Rochoso .....	99
7.12.	Balanço de Materiais .....	100
7.13.	Áreas de Bota-Fora .....	101

<b>8. ESTUDOS DE CUSTOS .....</b>	<b>102</b>
8.1. Obras Civas.....	102
8.2. Equipamentos Eletromecânicos .....	111
8.3. Custos Indiretos e Juros Durante a Construção .....	112
<b>9. DIMENSIONAMENTOS HIDRÁULICOS.....</b>	<b>113</b>
9.1. Estruturas de Desvio do Rio .....	113
9.2. Vertedouros .....	119
9.3. Circuitos de Adução .....	124
9.3.1. Cálculo das perdas de carga no circuito de adução .....	125
<b>10. ESTUDOS DE ALTERNATIVAS .....</b>	<b>131</b>
10.1. Considerações Iniciais .....	131
10.2. Conceitos Gerais .....	131
10.2.1. Concepção Geral.....	131
10.2.2. Dimensionamentos Hidráulicos e Levantamentos de Custos de Implantação.....	131
10.2.3. Estruturas de Desvio do Rio .....	132
10.2.4. Vertedouros .....	132
10.2.5. Circuitos de Adução.....	132
10.2.6. Casa de Força e Canal de Fuga.....	133
10.2.7. Dimensionamentos Geotécnicos .....	133
10.2.8. Reservatórios.....	133
10.3. Características dos Arranjos Implantados .....	133
10.4. Seleção da Alternativa de Arranjo .....	138
<b>11. ESTUDOS ENERGÉTICOS .....</b>	<b>140</b>
11.1. Critérios para a Determinação da Energia Média Gerada .....	140
11.2. Valoração dos Benefícios Energéticos .....	143
11.3. Estudos de Motorização .....	146
11.4. Determinação do Número de Unidades Geradoras.....	161
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 .....	165
11.9. Determinação das Características Finais do Empreendimento .....	170
<b>12. DETALHAMENTO DO PROJETO .....</b>	<b>171</b>
12.1. Arranjo Geral da Usina.....	171
12.2. Fases de Desvio e Sequência Construtiva .....	172
12.3. Reservatório .....	173
12.4. Desvio do Rio .....	174
12.5. Ensecadeiras.....	174
12.6. Fechamento do Desvio e Enchimento do Reservatório .....	175
12.6.1. Equipamentos Eletromecânicos .....	175
12.7. Vazão Remanescente .....	176
12.8. Barragem.....	176
12.9. Vertedouro .....	177
12.10. Tomada d'Água de Controle do Canal de Adução .....	178
12.10.1. Equipamentos Eletromecânicos .....	178
12.11. Canal de Adução e Câmara de Carga .....	180



12.12. Tomada d'Água .....	181
12.12.1. Equipamentos Eletromecânicos .....	181
12.13. Galeria de Adução e Conduto Forçado.....	185
12.14. Casa de Força, Área de Montagem e Canal de Fuga .....	186
12.14.1. Equipamentos Eletromecânicos .....	186
12.15. Sistemas de Utilidades.....	189
12.15.1. Sistema de Esvaziamento e Enchimento .....	189
12.15.2. Sistema de Água de Resfriamento e de Serviço.....	190
12.15.3. Sistema de Drenagem .....	191
12.15.4. Sistema de Ar Comprimido de Serviço .....	191
12.15.5. Sistema de Ventilação.....	192
12.15.6. Sistemas de Água Potável e Esgoto Sanitário .....	192
12.15.7. Sistema de Proteção Contra Incêndios.....	192
12.15.8. Sistema de Medições Hidráulicas .....	193
12.16. Equipamentos e Sistemas Elétricos Principais .....	194
12.16.1. Geradores .....	194
12.16.2. Cubículos de Média Tensão .....	195
12.16.3. Transformador Elevador.....	197
12.16.4. Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC).....	197
12.16.5. Sistema de Proteção.....	198
12.16.6. Subsistema de Medição e Supervisão .....	199
12.16.7. Sistema de Segurança Eletrônica.....	200
12.16.8. Sistema de Telecomunicações .....	200
12.16.9. Serviços Auxiliares em Corrente Alternada .....	200
12.16.10. Serviços Auxiliares em Corrente Contínua.....	202
12.16.11. Sistema de Iluminação e Tomadas .....	203
12.16.12. Sistema de Vias Para Cabos e Condutores .....	204
12.16.13. Sistema de Aterramento e de Proteção Contra Descargas Atmosféricas .....	205
12.16.14. Subestação Elevadora .....	206
12.16.15. Linha de Transmissão.....	207
<b>13. COMPONENTE AMBIENTAL.....</b>	<b>209</b>
13.1. Área de Estudo.....	209
13.2. Diagnóstico Ambiental .....	209
13.2.1. Meio Físico.....	209
13.2.2. Meio Biótico .....	218
13.2.3. Meio Socioeconômico .....	220
13.3. Análise Ambiental.....	230
13.3.1. Características do Aproveitamento.....	230
13.3.2. Interferências Ambientais.....	230
13.3.3. Descrição dos Impactos.....	230
13.3.4. Caracterização dos Impactos .....	233
13.3.5. Medidas Mitigadoras .....	235
13.4. Plano de Controle Ambiental .....	236
13.5. Considerações e Recomendações .....	237
<b>14. INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA DE ABASTECIMENTO.....</b>	<b>239</b>
14.1. Acessos .....	239
14.2. Logística.....	241
14.3. Canteiro e Alojamentos .....	242
14.3.1. Canteiro de Obras.....	242
14.3.2. Alojamentos.....	242
<b>15. CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO.....</b>	<b>243</b>

---

<b>16. ORÇAMENTO PADRÃO ELETROBRÁS .....</b>	<b>247</b>
<b>17. AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA DO EMPREENDIMENTO .....</b>	<b>249</b>
<b>18. FICHA TÉCNICA PADRÃO ANEEL.....</b>	<b>250</b>
<b>19. PARTICIPANTES DOS ESTUDOS.....</b>	<b>251</b>
<b>20. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA .....</b>	<b>253</b>
<b>21. ANEXOS.....</b>	<b>256</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2-1: Usinas inventariadas no rio das Mortes e seus afluentes (conforme Despacho ANEEL nº 4.899 de 22 de dezembro 2014).....	4
Tabela 4-1: Quadro comparativo entre Inventário e Projeto Básico .....	10
Tabela 5-1: Cartas topográficas na escala 1:100.000 utilizadas nos Estudos de Inventário de referência .....	13
Tabela 5-2: Lista de produtos entregues (serviços executados) .....	43
Tabela 6-1: Dados Obtidos – PCH Vila União .....	45
Tabela 6-2: Características Climatológicas – Estação Cuiabá (83361) .....	50
Tabela 6-3: Postos Fluviométricos – Região da Bacia do Rio das Mortes .....	51
Tabela 6-4: Série de Vazões Observadas – Rio das Mortes (26040000).....	53
Tabela 6-5: Série de Vazões Observadas – Toriqueje (26050000) .....	55
Tabela 6-6: Série de Vazões Observadas – Xavantina (26100000) .....	56
Tabela 6-7: Série de Vazões Observadas – Ponte do Rio Casca Man-F2 (66173000) .....	58
Tabela 6-8: Medições de Vazões Realizadas – Rio das Mortes – Posto Vila União .....	59
Tabela 6-9: Classificação – Capacidade Natural de Regularização .....	60
Tabela 6-10: Capacidade Natural de Regularização – Postos Fluviométricos.....	60
Tabela 6-11: Série de Vazões Médias Mensais – Posto Rio das Mortes (26040000) .....	64
Tabela 6-12: Série de Vazões Médias Mensais – PCH Vila União – AD = 3.945 km <sup>2</sup> .....	66
Tabela 6-13: Permanência de Vazões Médias Mensais Afluentes – PCH Vila União(m <sup>3</sup> /s) .....	68
Tabela 6-14: Vazões Máximas Diárias Anuais – Setembro a Agosto (m <sup>3</sup> /s).....	70
Tabela 6-15: Vazões Máximas Diárias na Estiagem – Junho a Novembro (m <sup>3</sup> /s).....	71
Tabela 6-16: Vazões Máximas Diárias Anuais – Posto Rio das Mortes (m <sup>3</sup> /s).....	72
Tabela 6-17: Vazões Máximas Diárias e Instantâneas Anuais – PCH Vila União (m <sup>3</sup> /s) .....	72
Tabela 6-18: Vazões Máximas Diárias na Estiagem – Posto Rio das Mortes (m <sup>3</sup> /s).....	73
Tabela 6-19: Vazões Máximas Diárias e Instantâneas na Estiagem – PCH Vila União (m <sup>3</sup> /s) .....	73
Tabela 6-20: Vazões Mínimas – PCH Vila União (m <sup>3</sup> /s) .....	74
Tabela 6-21: Pontos Cota (m), Área (km <sup>2</sup> ) e Volume (hm <sup>3</sup> ) – PCH Vila União .....	75
Tabela 6-22: Tempos de Enchimento do Reservatório – PCH Vila União.....	77
Tabela 6-23: Tempo de Residência – PCH Vila União .....	78
Tabela 6-24: Dados de Entrada do SISEVAPO – PCH Vila União .....	79
Tabela 6-25: Evaporação Líquida (mm) – PCH Vila União.....	79
Tabela 6-26: Parâmetros da Altura de Ondas no Reservatório, Segundo o Método de Saville.....	80
Tabela 6-27: Resultados dos estudos de borda livre .....	81
Tabela 6-28: Estimativa da Produção Específica de Sedimentos – Rio das Mortes.....	82
Tabela 6-29: Postos do Rio das Mortes – Medições de Descargas Sólidas.....	82
Tabela 6-30: Estimativa de Vida Útil – PCH Vila União – Volume Total .....	85
Tabela 7-1: Coluna Litoestratigráfica (CPRM, 2004) .....	87
Tabela 7-2: Balanço de materiais simplificado .....	100
Tabela 8-1: Obras Cíveis – Preços Unitários (setembro/2015).....	109
Tabela 10-1: Principais características físicas das alternativas de Arranjo e Circuito de Geração de Baixa Pressão.....	137
Tabela 10-2: Principais características físicas das alternativas de Circuito de Geração de Alta Pressão.....	138
Tabela 10-3: Estudos de alternativas – Resumos dos orçamentos .....	139
Tabela 11-1: Série de vazões médias mensais no local da PCH Vila União .....	140
Tabela 11-2: Vazões remanescentes utilizadas.....	142
Tabela 11-3: Empreendimentos Hidrelétricos Considerados na Simulação.....	144
Tabela 11-4: Mapeamento energético preliminar .....	146
Tabela 11-5: Estudos de motorização – Coeficientes das equações de perda de carga .....	150
Tabela 11-6: Estudos de Motorização – Simulações energéticas .....	150
Tabela 11-7: Estudos de Motorização – Parâmetros do circuito de adução alterados com a potência instalada (parte 1) .....	153

Tabela 11-8: Estudos de Motorização – Parâmetros do circuito de adução alterados com a potência instalada (parte 2)	154
Tabela 11-9: Estudos de Motorização – Estimativa de custos do circuito de geração (R\$ x 10 <sup>9</sup> ) – Parte 1	156
Tabela 11-10: Estudos de Motorização – Estimativa de custos do circuito de geração (R\$ x 10 <sup>9</sup> ) – Parte 2	157
Tabela 11-11: Estudos de Motorização – Estimativa de custos do circuito de geração	158
Tabela 11-12: Relação dos incrementais de custos com as alterações na rotação dos grupos geradores, largura do canal de adução e/ou largura da base da galeria de adução	159
Tabela 11-13: Estudos de Motorização – Variação Custo/Benefício anual para cada potência instalada	160
Tabela 11-14: Estudo comparativo entre a implantação de 2 ou 3 unidades geradoras	161
Tabela 12-1: Sobrelevações (h <sub>v</sub> ) no vertedouro para passagem das vazões remanescentes	176
Tabela 13-1: Unidades estratigráficas ocorrentes na área de estudo no rio das Mortes	212
Tabela 13-2: Compartimentação geomorfológica do trecho superior sub-bacia do rio das Mortes	214
Tabela 13-3: Compartimentação Pedológica do trecho superior da sub-bacia do rio das Mortes	215
Tabela 13-4: População residente em Primavera do Leste em 1991, 2000, 2010 e 2014	221
Tabela 13-5: Unidades escolares de educação infantil, segundo dependência administrativa no ano 2006	222
Tabela 13-6: Docentes de educação infantil, segundo dependência administrativa no ano 2006	222
Tabela 13-7: Matrícula inicial da educação infantil e classe de alfabetização, por dependência administrativa no ano 2006	222
Tabela 13-8: Unidades escolares que administram o ensino fundamental, por dependência administrativa, nos municípios da região em estudo, no ano de 2006	223
Tabela 13-9: Docentes do ensino fundamental, por dependência administrativa no ano de 2006	223
Tabela 13-10: Matrícula inicial do ensino fundamental, por dependência administrativa em 2006	223
Tabela 13-11: Rendimento escolar no ensino fundamental (aprovação, reprovação e abandono), por dependência administrativa, na região de estudo em 2006	223
Tabela 13-12: Número de unidades escolares e de professores do ensino médio, por dependência administrativa, nos municípios da região de estudo, no ano de 2006	224
Tabela 13-13: Matrícula do ensino médio por dependência administrativa, nos municípios da região de estudo, no ano de 2006	224
Tabela 13-14: Rendimento escolar no ensino médio (aprovação, reprovação e abandono), por dependência administrativa no ano de 2005	224
Tabela 13-15: Número de cursos, matrículas e concluintes do ensino superior e especialização no ano de 2007	226
Tabela 13-16: Características da PCH Vila União	230
Tabela 13-17: Caracterização de Impactos da PCH Vila União	234
Tabela 13-18: Programas Ambientais Propostos para implantação da PCH Vila União	236
Tabela 16-1: Resumo das quantidades (obras civis)	247
Tabela 16-2: OPE – Resumo das Contas	248

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1: Rio das Mortes – Acessos [Fonte: Mapa Multimodal do Mato (DNIT - 2009)] .....	6
Figura 4-1: EIH e PB – Séries de vazões médias mensais – Curvas de permanência comparativas .....	11
Figura 5-1: Mapa-índice de cartas topográficas na escala 1:1.000.000 .....	13
Figura 5-2: Articulação de cartas topográficas na escala 1:100.000 utilizadas nos Estudos de Inventário de referência ...	14
Figura 5-3: Localização da área do levantamento .....	17
Figura 5-4: Fluxograma de atividades .....	19
Figura 5-5: Captação dos dados Lidar.....	20
Figura 5-6: Sistemas aerotransportados.....	22
Figura 5-7: GPS para apoio de campo .....	22
Figura 5-8: Modelo Geoidal MAPGEO2010.....	25
Figura 5-9: Modelo Geoidal SIRGAS2000 Brasil .....	26
Figura 5-10: Erro existente no Modelo Geoidal MAPGEO2010 .....	27
Figura 5-11: Modelo Geoidal MAPGEO2010 na região do levantamento.....	28
Figura 5-12: Parâmetros de classificação .....	31
Figura 5-13: Curvas de Nível (exemplo).....	32
Figura 5-14: Exemplo de tamanho de pixel e visualização de zoom.....	33
Figura 5-15: Triangulação geodésica para ajuste planimétrico .....	35
Figura 5-16: Derivação marcos SAT a partir do FRR403 .....	36
Figura 5-17: Esquema de ocupação por GPS.....	37
Figura 5-18: Desenho esquemático do levantamento topográfico .....	38
Figura 5-19: Elipsoide x Geoide .....	39
Figura 5-20: Sistema de interpolação de ondulação geoidal (MAPGEO 2010) .....	40
Figura 6-1: Rio das Mortes – Localização (Fonte: Mapa Político do Estado do Mato Grosso – IBGE – 2014) .....	44
Figura 6-2: Geologia na Bacia do Rio das Mortes – PCH Vila União (Fonte: Mapa Geológico do Estado do Mato Grosso – CPRM – 2004) .....	48
Figura 6-3: Curva-Chave – Rio das Mortes (26040000).....	53
Figura 6-4: Curva-Chave – Toriqueje (26050000).....	54
Figura 6-5: Curva-Chave – Xavantina (26100000) .....	56
Figura 6-6: Curva-Chave – Ponte do Rio Casca Man-F2 (66173000).....	58
Figura 6-7: Geologia na Bacia do Rio das Mortes – Postos Fluviométricos (Fonte: Mapa Geológico do Estado do Mato Grosso – CPRM – 2004) .....	59
Figura 6-8: Vazões Médias Mensais de Longo Termo Adimensionais – Postos Fluviométricos.....	61
Figura 6-9: Curvas de Regionalização de Vazões Específicas – Rio das Mortes .....	62
Figura 6-10: Correlação Toriqueje x Rio das Mortes.....	63
Figura 6-11: Correlação Xavantina x Rio das Mortes .....	63
Figura 6-12: Correlação Ponte Rio Casca x Rio das Mortes.....	64
Figura 6-13: Comparação da Série de Vazões – Projeto Básico x Estudos de Inventário.....	67
Figura 6-14: Comparação da Permanência de Vazões – Projeto Básico x Estudos de Inventário .....	68
Figura 6-15: Curva de Permanência – Vazões Médias Mensais Afluentes – PCH Vila União (m³/s) .....	69
Figura 6-16: Curva-Chave – Canal de Fuga – PCH Vila União .....	74
Figura 6-17: Curva Cota-Área – PCH Vila União .....	76
Figura 6-18: Curva Cota-Volume – PCH Vila União .....	76
Figura 6-19: Mapa Potencial de Produção de Sedimentos na Bacia do Rio das Mortes (Fonte: Estudos de Inventário do Rio das Mortes (obtido em <a href="http://sigel.aneel.gov.br">http://sigel.aneel.gov.br</a> )) .....	82
Figura 6-20: Curvas-Chaves de Sedimentos – Rio das Mortes .....	83
Figura 7-1: Sismos no Brasil.....	94
Figura 9-1: Planta e seção transversal típica de canal de desvio .....	114
Figura 9-2: Coeficiente de descarga para vertedouro com ogiva de paramento vertical.....	120
Figura 9-3: Correção do coeficiente de descarga para vertedouro com ogiva de paramento inclinado .....	121

Figura 9-4: Correção do coeficiente de descarga para vertedouro submetido a cargas diferentes da carga de projeto .....	121
Figura 9-5: Correção do coeficiente de descarga para vertedouro sob influência do nível d'água de jusante .....	122
Figura 9-6: Gabarito Hidráulico para vertedouro de soleira livre – Definição do Perfil Creager .....	123
Figura 9-7: Vertedouro de soleira livre com paramento de jusante em escada – Definição das dimensões dos degraus .....	124
Figura 10-1: Localização dos Eixos Estudados .....	134
Figura 10-2: Estudos de Alternativas PCH Vila União - Barramento - Alternativa 01 .....	135
Figura 10-3: Estudos de Alternativas PCH Vila União - Barramento - Alternativa 02 .....	136
Figura 10-4: Estudos de Alternativas PCH Vila União - Circuito de Geração - Alternativa 03 .....	136
Figura 10-5: Estudos de Alternativas PCH Vila União - Barramento - Alternativa 03 .....	137
Figura 11-1: Curva de energia média produzida (preliminar) .....	149
Figura 11-2: Estudos de Motorização – Energia média e Fator de Capacidade .....	151
Figura 11-3: Estudos de Motorização – Variação custo/benefício .....	160
Figura 11-4: Curva de perdas de carga no circuito de adução .....	163
Figura 11-5: Curva de energia produzida pelo aproveitamento .....	163
Figura 11-6: Curva de permanência de quedas brutas .....	164
Figura 11-7: Curva de permanência de quedas líquidas .....	164
Figura 11-8: Croqui esquemático do sistema de conexão para a PCH Vila União .....	166
Figura 11-9: Séries de vazões vertidas e turbináveis históricas (1976 a 2014) .....	168
Figura 11-10: Série de potências médias mensais históricas (1976 a 2014) .....	169
Figura 12-1: Curva de descarga do vertedouro .....	177
Figura 13-1: Representação das isolinhas que dividem os intervalos dos índices pluviométricos (MT) .....	210
Figura 13-2: Localização da bacia hidrográfica do Araguaia .....	211
Figura 13-3: Recorte do mapa geológico da área do trecho superior da sub-bacia com indicação do barramento da PCH Vila União .....	213
Figura 13-4: Recorte do mapa geomorfológico da região de interesse com destaque ao trecho superior da bacia do alto rio das Mortes .....	215
Figura 13-5: Recorte do mapa pedológico da região de interesse com destaque ao trecho superior da sub-bacia do rio das Mortes .....	216
Figura 13-6: Mapa temático do uso e ocupação do solo com destaque ao trecho superior da sub-bacia do rio das Mortes .....	217
Figura 13-7: Escola estadual Prof.ª. Alda G. Scopel – Primavera do Leste .....	225
Figura 13-8: Escola estadual para jovens e adultos – Primavera do Leste .....	225
Figura 13-9: Extensão da Universidade de Cuiabá – UNIC instalada em Primavera do Leste .....	226
Figura 13-10: Plantio de soja (zona rural do município de Primavera do Leste) .....	228
Figura 13-11: Lavoura de algodão em fase de colheita (zona rural do município de Primavera do Leste) .....	229
Figura 14-1: PCH Vila União – Acessos ao sítio de implantação (Fonte: Google Earth – Imagem 2016) .....	240
Figura 14-2: PCH Vila União – Canteiro de obras proposto .....	240
Figura 15-1: Histograma de consumo de concreto estrutural .....	243
Figura 15-2: Histograma de consumo de concreto massa .....	244
Figura 15-3: Histograma de consumo de concreto (total) .....	244
Figura 15-4: Histograma de escavação comum .....	245
Figura 15-5: Histograma de escavação em rocha a céu aberto .....	245
Figura 15-6: Histograma de aterro .....	246

## 1. APRESENTAÇÃO

A bacia do rio das Mortes, localizada na sub-bacia 26, bacia hidrográfica do rio Tocantins, no Estado do Mato Grosso, foi objeto de Estudos de Inventário Hidrelétrico, no trecho limitado pela sua nascente e pelo remanso da UHE Água Limpa. Tais estudos, que incluíram todos os seus afluentes, foram aprovados por meio do Despacho ANEEL nº 4.899, de 22 de dezembro de 2014.

Dentre os aproveitamentos selecionados encontra-se a **PCH Vila União**, localizada no rio principal, distante 884 km da foz, com queda bruta da ordem de 19 m e potência instalada de referência de 20,9 MW.

Desde o início de 2015 a Nacional Energia, Participações e Investimentos Ltda., titular dos estudos de inventário, vem desenvolvendo as atividades com vistas à obtenção da outorga de autorização para este empreendimento.

Para tanto, foram executados, ao longo dos anos de 2015 e 2016, todos os levantamentos de campo necessários para a elaboração do projeto básico de engenharia.

Nesse sentido, o projeto básico desenvolvido contempla a avaliação e complementação aos serviços de campo realizados no inventário, bem como todo o detalhamento necessário para a concepção da PCH e a abordagem a respeito da componente ambiental.

Ante ao exposto, por meio deste e demais documentos complementares e visando a futura implantação do aproveitamento, a **Nacional Energia, Participações e Investimentos Ltda.** submete à Agência Nacional de Energia Elétrica os Estudos de Projeto Básico da PCH Vila União, com atendimento a todos os aspectos de engenharia, ambientais e econômicos envolvidos.

Os estudos de engenharia foram elaborados tendo 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 343/2008 e seus anexos;
- Resolução ANEEL nº 673/2015 e demais normativas publicadas pela ANEEL;
- Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio das Mortes, no trecho limitado pela sua nascente e pelo remanso da UHE Água Limpa, incluindo todos os seus afluentes, localizados na sub-bacia 26, bacia hidrográfica do rio Tocantins, no estado do Mato Grosso, aprovados por meio do Despacho ANEEL nº 4.899/2014.



## 2. INTRODUÇÃO

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

### 2.1. Objetivo

O objetivo destes Estudos de Projeto Básico é detalhar a Pequena Central Hidrelétrica Vila União, de sorte a permitir, após os trâmites legais junto ao Poder Concedente, 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 de fundamentação técnica para obtenção da Outorga de Autorização, a ser emitida pelo Poder Concedente;
- Servir como elemento técnico de engenharia para o processo de licenciamento ambiental do empreendimento;
- 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;
- 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 Vila União foi identificada nos Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio das Mortes, no trecho limitado pela sua nascente e pelo remanso da UHE Água Limpa, incluindo todos os seus afluentes, localizados na sub-bacia 26, bacia hidrográfica do rio Tocantins, no estado do Mato Grosso, apresentados pela empresa Nacional Energia, Participações e Investimentos Ltda., e aprovados por meio do Despacho ANEEL nº 4.899, de 22 de dezembro de 2014.

De acordo com os referidos estudos, o aproveitamento teria as seguintes características principais:

- Área de drenagem ..... 4.113 km<sup>2</sup>
- Nível d'água de montante ..... 579,05 m
- Nível d'água de jusante ..... 560,40 m
- Potência instalada de referência ..... 20,90 MW
- Área do reservatório ..... 0,09 km<sup>2</sup>

Em 4 de março de 2015, por meio do Despacho ANEEL nº 574, a Nacional Energia Participações e Investimentos Ltda. obteve registro ativo para desenvolvimento dos estudos de projeto básico deste empreendimento.



Os serviços de cartografia e topografia foram executados entre os meses de maio e julho de 2013 e englobaram, pelo método do perfilamento a laser, o levantamento de curvas de níveis equidistantes de 1,0 m em todo o sítio, em atendimento às exigências da SGH/ANEEL contidas nas Diretrizes de Cartografia e Topografia, em sua versão mais atualizada. Desse trabalho, resultou o mapeamento topográfico nas áreas das estruturas e do reservatório da PCH Vila União.

Completando os trabalhos topográficos, foram levantadas três (3) seções topográficas planialtimétricas, três (3) seções topobatimétricas, sendo duas (2) nas proximidades da região prevista para captação e uma (1) próxima ao canal de fuga da usina. Além disso, foram locados os pontos e definidas as "cotas de boca" de nove (9) furos de sondagens da campanha de investigações geológico-geotécnicas na área de implantação da futura usina e executada a instalação e amarração topográfica de RRNN correspondentes a uma (1) estação fluviométrica locada próxima ao local previsto para o canal de fuga da PCH Vila União. Foi também executada a Planialtimetria de uma área de 12 ha, prevista para ser utilizada como área de empréstimo para a futura obra. Todos esses serviços topográficos complementares foram executados entre os meses de abril e julho de 2015.

A campanha de sondagens para o projeto básico da PCH Vila União teve início em julho de 2015 e foi concluída em agosto do mesmo ano, tendo sido realizadas em concordância com as especificações técnicas fornecidas e regidas especialmente pelo manual de sondagens da ABGE – 1999 e normas da ABNT. Foram executados quatro (3) furos de sondagens do tipo percussivas e cinco (6) furos de sondagens do tipo mista, nos locais previstos para implantação da futura obra. Além disso, na área prevista para empréstimo, foram executados seis (6) furos de sondagens a trado para definição da qualidade e adequabilidade do material a ser utilizado na futura construção da usina.

Os estudos ambientais para composição dos estudos de projeto básico da PCH Vila União foram elaborados concomitantemente com os estudos de engenharia e concluídos no mês de fevereiro de 2016.

De posse de todas essas informações os estudos técnicos de engenharia referentes aos estudos de projeto básico da PCH Vila União foram desenvolvidos e concluídos em abril de 2016.

Com o cumprimento desta etapa e de posse dos estudos de projeto básico da PCH Vila União, serão retomadas as articulações com o órgão ambiental do Estado do Mato Grosso, no sentido de obter o licenciamento prévio ambiental para o empreendimento.

---

## **2.3. Estudos Anteriores**

---

A solicitação à ANEEL para o desenvolvimento dos estudos de inventário hidrelétrico do rio das Mortes foi protocolizada no dia 07 de abril de 2009 pela empresa Nacional Energia Participações e Investimentos Ltda.

Em 04 de setembro de 2009, por meio do Despacho Nº. 3.336, a ANEEL efetivou como ativo o registro para a realização dos Estudos de Inventário Hidrelétrico no Rio das Mortes, no trecho da nascente ao remanso do reservatório da UHE Água Limpa e seus afluentes, sub-bacia 26, bacia hidrográfica do rio Tocantins, no Estado do Mato Grosso, em nome da empresa Nacional Energia Participações e Investimentos Ltda.

Como resultado deste trabalho, foram identificados 9 (nove) aproveitamentos hidrelétricos no rio das Mortes, 3 (três) no rio Cumbuco, 1 (um) no ribeirão dos Macacos, 2 (dois) no ribeirão Sangradouro Grande, 1 (um) no córrego Lavradinho, 1 (um) no ribeirão Matrinxã, 2 (dois) no rio Suspiro, 1 (um) no ribeirão Chimbica e 1 (um) no córrego Galheiros, que totalizaram um potencial de 306,90 MW, conforme aprovação dos estudos de inventário do rio das Mortes por meio do Despacho ANEEL nº 4.899, de 22 de dezembro de 2014, com a partição de queda aprovada apresentada na Tabela 2-1.

**Tabela 2-1: Usinas inventariadas no rio das Mortes e seus afluentes (conforme Despacho ANEEL nº 4.899 de 22 de dezembro 2014)**

AHE	Coordenadas Geográficas dos Eixos dos Barramentos (*)	Distância Aproximada da Foz (km)	Área de Drenagem (km²)	NA Máximo Normal de Montante (m) (**)	NA Normal de Jusante (m) (**)	Potência Instalada (MW)	Área do Reservatório (km²)
<b>Rio das Mortes</b>							
PCH Primavera (***)	15° 22' 52,12"S 54° 24' 43,48"W	884,10	4.108,95	589,45	579,05	11,80	0,46
PCH Vila União	15° 22' 33,37"S 54° 24' 18,57"W	883,50	4.113,00	579,05	560,40	20,90	0,09
PCH Águas Claras	15° 18' 15,63"S 54° 11' 29,77"W	837,80	5.360,00	558,00	544,50	16,80	12,94
PCH Entre Rios	15° 15' 30,77"S 53° 58' 08,91"W	796,90	6.067,00	540,00	521,00	29,50	5,91
UHE Buritizal	15° 15' 14,25"S 53° 51' 14,39"W	775,40	10.276,00	521,00	504,80	42,80	8,75
PCH Sangradourozinho	15° 15' 54,07"S 53° 49' 06,39"W	770,80	10.299,00	504,80	495,00	27,10	0,76
UHE Jatobá	15° 17' 27,07 "S 53° 47' 16,29"W	764,60	12.381,00	495,00	482,00	41,80	5,28
PCH Couro de Porco	15° 20' 42,38"S 53° 39' 14,05"W	735,90	14.091,00	482,00	475,50	22,90	7,57
PCH Samambaia	15° 22' 26,12"S 53° 30' 58,03"W	714,70	14.993,00	475,50	468,00	25,20	3,60
<b>Rio Cumbuco</b>							
PCH Córrego Fundo	15° 12' 10,30"S 54° 04' 8,22"W	24,00	2.261,00	587,00	576,00	5,40	0,07
PCH Geóloga Lucimar Gomes	15° 13' 35,10"S 54° 04' 07,05"W	18,70	2.317,00	576,00	548,30	13,80	0,14
PCH Cumbuco	15° 12' 51,76"S 53° 59' 53,27"W	9,70	2.386,00	548,30	521,60	13,90	0,21
<b>Ribeirão dos Macacos</b>							
PCH Macacos	15° 27' 52,67"S 53° 37' 45,03"W	19,90	389,00	520,00	492,00	2,30	2,87
<b>Ribeirão Sangradouro Grande</b>							
PCH Encantado	15° 26' 48,43"S 53° 50' 55,61"W	33,30	901,00	525,00	511,00	2,70	3,00
PCH Sangradouro Grande	15° 21' 33,32"S 53° 45' 43,32"W	7,70	1.094,00	510,00	482,00	2,30	2,56
<b>Córrego Lavradinho</b>							
PCH Córrego Lavradinho	15° 14' 27,34"S 53° 43' 49,58"W	4,60	752,00	517,00	495,00	3,40	3,00
<b>Ribeirão Matrinã</b>							
PCH Matrinã	15° 13' 07,52"S 53° 45' 54,00"W	17,60	1.319,00	522,00	495,00	7,50	NA

AHE	Coordenadas Geográficas dos Eixos dos Barramentos (*)	Distância Aproximada da Foz (km)	Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )	NA Máximo Normal de Montante (m) (**)	NA Normal de Jusante (m) (**)	Potência Instalada (MW)	Área do Reservatório (km <sup>2</sup> )
<b>Rio Suspiro</b>							
PCH Suspiro	15° 01' 01,08"S 53° 56' 20,55"W	43,20	539,00	615,00	560,00	6,50	0,003
PCH Buriti	15° 04' 38,96"S 53° 56' 23,18"W	32,80	581,00	560,00	535,00	3,00	0,29
<b>Ribeirão Chimbica</b>							
PCH Chimbica	15° 16' 58,83"S 54° 17' 30,99"W	5,90	254,00	583,00	563,00	1,90	0,02
<b>Córrego Galheiros</b>							
PCH Galheiros	15° 05' 57,55"S 54° 43' 17,25"W	59,60	195,00	706,00	630,00	5,40	0,10

(\*) Coordenadas em SIRGAS 2000.

(\*\*) Altimetria determinada a partir do modelo MAPGEO2010.

(\*\*\*) Aproveitamento existente com outorga concedida por meio do Decreto S/N de 10/12/1997, publicado no DOU em 11/12/1997, válida até 11/12/2027.

O aproveitamento hidrelétrico denominado **PCH Vila União** é o segundo eixo da cascata do rio das Mortes, de montante para jusante, tendo sido disponibilizado para estudos de projeto básico, à luz da Resolução ANEEL Nº. 343/2008.

## 2.4. Localização e Acessos

O rio das Mortes tem suas nascentes na Serra dos Coroados ou São Lourenço, nas proximidades da rodovia BR-364, no trecho que liga a cidade de Cuiabá à localidade de São José da Serra, em altitudes superiores a 600 metros.

A bacia hidrográfica do alto rio das Mortes está inserida na Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia (sub-bacia 26), localizada na região Sudeste Matogrossense, tem características eminentemente agrícolas e faz parte da bacia do Alto Araguaia, que por sua vez é englobada pela bacia hidrográfica do Tocantins.

O principal contribuinte é o rio Cumbuco e o seu afluente rio Suspiro, que nascem no município de Primavera do Leste.

A bacia hidrográfica do rio Cumbuco está localizada no quadrilátero formado pelas coordenadas geográficas aproximadas de 14° a 16° de Latitude Sul e de 53° a 55° de Longitude Oeste, na região Centro-Oeste do Brasil, no estado do Mato Grosso, sendo afluente do rio das Mortes pela margem esquerda.

A PCH Vila União, localizada no rio das Mortes, dista aproximadamente 883 km de sua foz, no rio Araguaia.

O rio das Mortes atravessa sete municípios matogrossenses: Campo Verde, Primavera do Leste, Novo São Joaquim, Dom Aquino, Santo Antônio do Leste, Poxoréo e General Carneiro. O rio das Mortes ainda corta a terra indígena de Sangradouro.

Os acessos aos rios da região podem ser realizados tanto por rodovias pavimentadas federais e estaduais, como por rodovias sem pavimentação. Localmente, os sítios em estudo podem ser

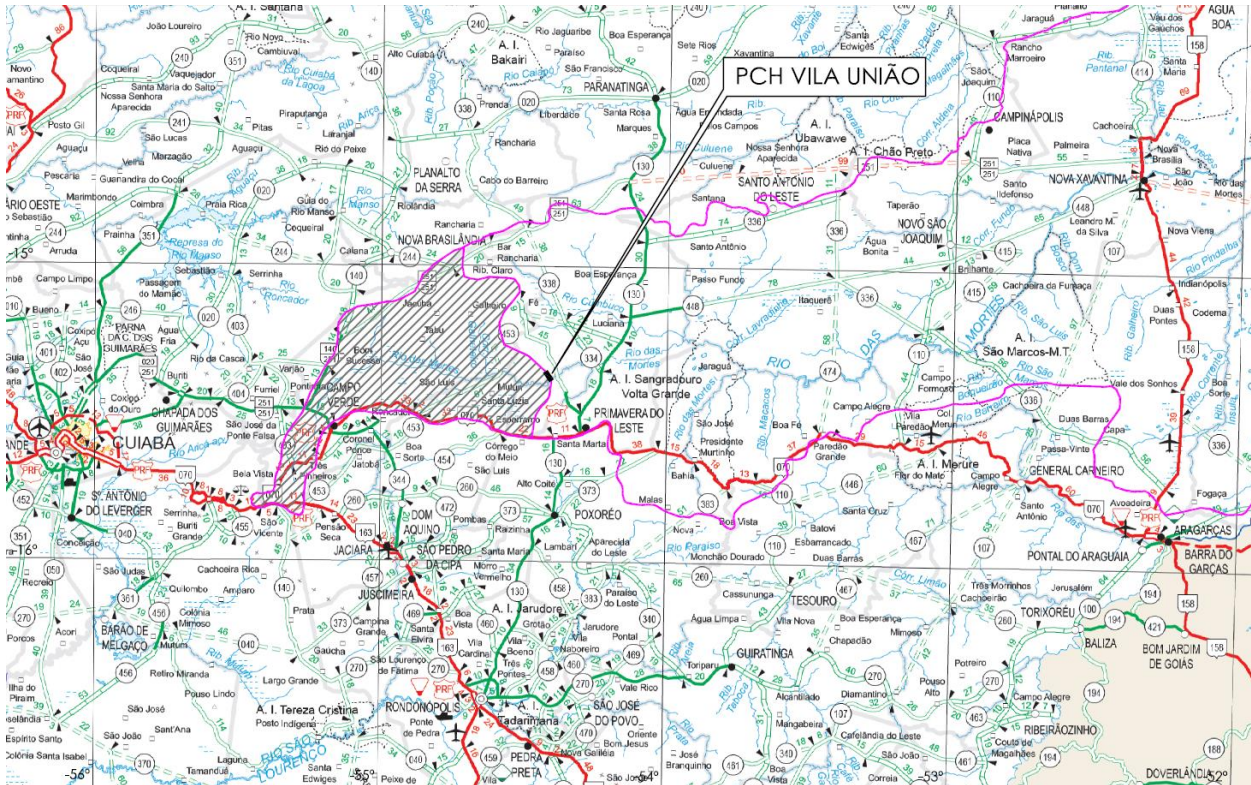
acessados por meio de estradas não pavimentadas que formam uma malha por meio das fazendas particulares da região.

Avaliando-se os acessos à bacia, de acordo com a base disponibilizada pelo DNIT, iniciando-se pelas nascentes do rio das Mortes, encontram-se cruzando as margens direita e esquerda, as rodovias BR-070/MT-140, BR-163 e BR-364, todas asfaltadas e de uso permanente.

Na cabeceira do rio Cumbucu, vizinho pela margem direita do rio Suspiro, encontra-se a rodovia MT-251 e estradas não identificadas e também não pavimentadas. Os rios Cumbucu e Suspiro possuem acessos por meio das rodovias MT-251, MT-130 e MT-448, todas não pavimentadas e de uso permanente, além de uma rede de acesso por rodovias sem identificação, sem pavimentação e de uso periódico.

Durante a construção da usina, a cidade de Primavera do Leste pode ser considerada boa base para alojamento da equipe técnica especializada (engenheiros, consultores, entre outros).

A Figura 2-1 ilustra esquematicamente o que aqui foi explicado, com delimitação da bacia do rio das Mortes de uma maneira geral.



**Figura 2-1: Rio das Mortes – Acessos [Fonte: Mapa Multimodal do Mato (DNIT - 2009)]**

## 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 18 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.

O Capítulo 13 sintetiza os estudos ambientais realizados para a fase do projeto básico.

No Capítulo 14 foram feitos comentários acerca da infraestrutura e logística de abastecimento, visando à implantação do empreendimento.

No Capítulo 15 encontra-se o detalhamento do Cronograma Físico de Construção, descrevendo as considerações assumidas.

O Capítulo 16 apresenta o orçamento detalhado do empreendimento, no modelo adotado pela Eletrobrás.

Finalmente, no Capítulo 17 encontra-se a análise técnico-econômica do empreendimento, juntamente com os critérios adotados e, no Capítulo 18, 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: Sondagens e Hidrometria;
- Tomo III: Estudos Energéticos e de Motorização;
- Tomo IV: Documentos processuais.

### 3. SUMÁRIO DAS PRINCIPAIS CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A PCH Vila União foi identificada nos Estudos de Inventário Hidrelétrico da bacia do Rio das Mortes, aprovados por meio do Despacho nº 4.899/2014.

Considerando todos os levantamentos de campo realizados no sítio do empreendimento, os estudos de Projeto Básico definiram a implantação de uma Pequena Central Hidrelétrica com potência instalada de 18,0 MW, com queda bruta nominal da ordem de 19 m e área de reservatório de apenas 1 ha.

Os níveis operacionais serão os seguintes:

- Montante:
  - Nível d'água máximo normal..... 579,05 m
  - Nível d'água mínimo normal ..... 579,05 m
  - Nível d'água máximo maximorum ..... 580,55 m
- Jusante:
  - Nível d'água normal ..... 560,22 m
  - Nível d'água mínimo (despacho parcial de uma unidade geradora) ..... 559,00 m
  - Nível d'água máximo excepcional (cheia de projeto) ..... 563,08 m
- Jusante (conforme Sumário Executivo no padrão ANEEL):
  - Nível d'água normal (mediana das vazões do histórico) ..... 560,04 m
  - Nível d'água mínimo (mínima média mensal do histórico) ..... 559,59 m
  - Nível d'água máximo (máxima média mensal do histórico) ..... 561,40 m

A concepção do arranjo final previu o aproveitamento da queda por meio de um barramento em concreto, composto por vertedouro de soleira livre, adufas para o desvio do rio, tomada de controle do canal de adução e muros de ligação e de fechamento.

A usina será do tipo derivação clássica, com restituição afastada do eixo de barramento e implantação de um canal a céu aberto na margem esquerda.

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. Será implantado na margem esquerda do rio, predominantemente em concreto massa.

Justaposto ao vertedouro foi prevista a implantação de um conjunto de duas adufas para o desvio do rio (2ª fase), dimensionado para escoar uma cheia com recorrência de 50 anos do período seco. Sua operação permitirá a construção do vertedouro no leito do rio.

Por ser uma usina de derivação, será mantida uma vazão remanescente no trecho entre o barramento e o canal de fuga. Essa vazão será variável mensalmente (10% das médias de longo termo em cada mês) e será garantida por meio de pequenas sobrelevações no vertedouro.

Na margem esquerda foi prevista a implantação de uma estrutura em concreto para possibilitar eventuais manutenções no canal de adução.

O circuito de adução será composto por um trecho de baixa pressão e outro de alta pressão. O circuito de baixa pressão será composto pela estrutura de controle, seguida de canal de adução e câmara de carga.

O canal de adução será escavado em solo e rocha, com seção molhada revestida em concreto projetado, no trecho em rocha, e em manta PEAD, no trecho em solo.

A câmara de carga, construída em concreto, terá volume suficiente para suportar as oscilações de carga nos processos de abertura e fechamento das máquinas, sem riscos para as estruturas da usina.

O circuito de alta pressão será composto pelas tomadas d'água, seguidas de galerias em concreto até a entrada da casa de força. Para a entrada das turbinas foi prevista a transição para um conduto metálico.

As tomadas d'água serão implantadas contíguas à câmara de carga e serão individualizadas, formando um circuito de alta pressão para cada grupo gerador.

As galerias e condutos forçados foram calculados para garantir a regulação das unidades geradoras, e terão espessura suficientes para suportar uma sobrepressão máxima de 45% na entrada das turbinas, garantindo também a condição autoportante.

Na casa de força foi prevista a implantação de duas unidades geradoras, com turbinas Kaplan "S" de eixo horizontal e geradores acoplados diretamente ao eixo da turbina.

A subestação será localizada próximo à casa de força e a conexão da PCH será feita a partir da construção de uma linha de transmissão em 138 kV, circuito simples, com 23 km de extensão, até a SE Primavera da CEMAT.

As **Ilustrações 39 a 76** apresentam o arranjo geral e detalhes das estruturas componentes da PCH Vila União.

A operação da usina será a fio d'água, com produção estimada de 12,07 MW médios (expectativa de Garantia Física), correspondendo a um fator de capacidade médio de 0,67, resultando em aproximadamente 105.700 MWh/ano de energia gerada.

O custo total do empreendimento foi estimado em **R\$ 113.642.120,00 (cento e treze milhões, seiscentos e quarenta e dois mil, cento e vinte reais)**, incluindo o sistema de transmissão e juros durante a construção, referenciados a setembro de 2015.

O custo de implantação será de aproximadamente R\$ 6.300 por kW instalado, incluindo Usina, SE, LT e juros durante a construção, e o Índice Custo-Benefício (ICB) foi estimado em 144 R\$/MWh.

Tendo como cenário atual tarifas no ACR para empreendimentos hidrelétricos de pequeno porte, verifica-se boa possibilidade de implantação da PCH Vila União, tornando-o prioritário no planejamento de expansão da capacidade de geração brasileira.

Além disso, recomenda-se que sejam iniciadas as tratativas com os fornecedores de equipamentos, objetivando a redução de custos do empreendimento.

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

Ao longo do desenvolvimento do Projeto Básico da PCH Vila União, buscou-se a adequação do mesmo com os parâmetros principais, definidores do potencial hidráulico, estabelecidos nos Estudos de Inventário de referência, observando também as condicionantes ambientais já definidas ao longo do processo.

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.

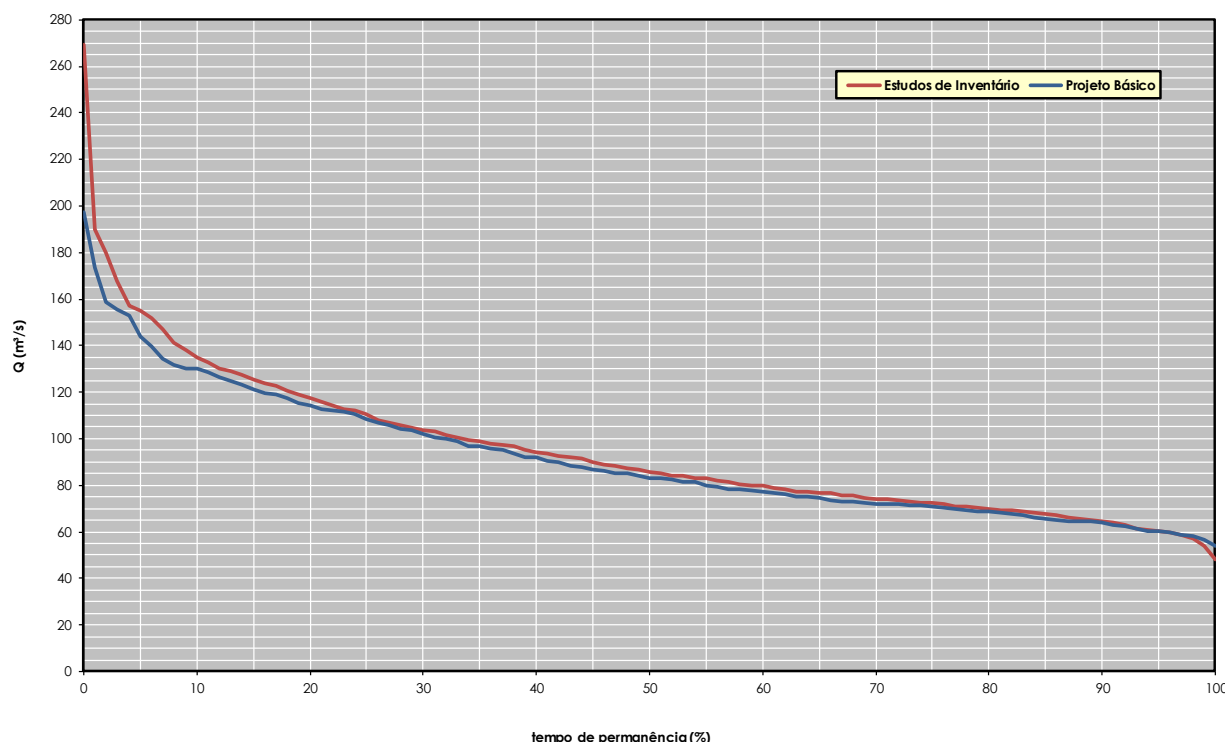
**Tabela 4-1: Quadro comparativo entre Inventário e Projeto Básico**

Características	Estudos de Inventário	Projeto Básico
	2014	2016
Coordenadas de referência (barramento)	15° 22' 33,37" S / 54° 24' 18,57" W	<b>15° 22' 42,40" S / 54° 24' 34,50" W</b>
Distância até a foz (km)	883,50	<b>884,13</b>
Área de drenagem (km²)	4.113	<b>3.945</b>
Potência instalada (MW)	19,60	<b>18,00</b>
Energia média (MW médios)	12,70	<b>12,40</b>
Número de unidades	2	<b>2</b>
Nível d'água de montante (m)	579,05	<b>579,05</b>
Nível d'água normal de jusante (m)	560,40	<b>560,22</b>
Queda bruta média (m)	18,65	<b>18,83</b>
Perda hidráulica média ponderada (m)	0,55	<b>0,42</b>
Perda hidráulica nominal (m)	0,55	<b>0,66</b>
Queda líquida nominal (m)	18,10	<b>18,17</b>
Tipo de turbina	Kaplan "S" Jusante	<b>Kaplan "S" Jusante</b>
Rendimento do conjunto turbina-gerador	89,70%	<b>90,21%</b>
Indisponibilidade forçada	-	<b>1,26%</b>
Indisponibilidade programada	-	<b>3,73%</b>
Vazão de projeto do vertedouro (m³/s)	571	<b>479</b>
Vazão remanescente + usos consuntivos (m³/s)	9,45	<b>Variável (10% da média em cada mês)</b>
Área do reservatório (km²)	0,09	<b>0,01</b>
Vazão média de longo termo (m³/s)	94,50	<b>91,31</b>

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 e distância até foz: o eixo do barramento sofreu alguns ajustes com relação ao inventário, visando à otimização do projeto.
- b) Área de drenagem: para a etapa de projeto básico a área de drenagem no local da PCH foi novamente calculada, resultando numa diferença da ordem de 4%.
- c) Nível d'água de jusante: a determinação dos níveis de jusante foi feita a partir de novos levantamentos topográficos e de um monitoramento hidrométrico nas proximidades do canal de fuga, possibilitando a formatação de uma curva-chave. A alteração no nível de jusante foi da ordem de apenas 20 cm, confirmando que na etapa de inventário esta grandeza havia sido adequadamente definida.
- d) Queda bruta: houve aumento da ordem de 20 cm na queda bruta disponível, em função da aplicação da curva-chave no canal de fuga elaborada para o projeto básico.
- e) Perda hidráulica: nos estudos de inventário as perdas de carga foram estimadas a partir de um percentual fixo da queda bruta. 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.
- f) Queda líquida: houve pequeno aumento na queda líquida do aproveitamento, inferior a 10 cm, em função do exposto nos itens c), d) e e).
- g) Vazão média de longo termo ( $Q_{mit}$ ): os estudos hidrometeorológicos, detalhados no Capítulo 6, foram atualizados e mostraram diferenças em relação ao inventário, em termos de média de longo termo, com redução da ordem de 3%. A Figura 4-1 apresenta as curvas de permanência de vazões médias mensais para as duas fases do projeto.



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

- h) Rendimento do conjunto gerador: para a etapa de projeto básico foram utilizados rendimentos compatíveis com as máquinas propostas, obtidos a partir da experiência em projetos similares e de consultas a fornecedores especializados.
- i) Indisponibilidades forçada e programada: foram aplicados valores compatíveis com o porte do empreendimento e com os períodos previstos para manutenções, totalizando aproximadamente 440 horas por ano para as manutenções em cada grupo gerador.
- j) Potência instalada e energia média: nos Estudos de Inventário, a potência foi definida apenas 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.
- k) Vazão de projeto do vertedouro: os estudos de vazões extremas foram revisados e atualizados. 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.
- l) Área do reservatório: a execução do perfilamento laser em toda a área de interesse do projeto permitiu a determinação precisa da área do reservatório. As variações foram pequenas, devido ao porte do reservatório.
- m) Vazão remanescente: os critérios utilizados para a previsão de vazão remanescente foram os mesmos nas duas etapas. As variações ocorreram em função das alterações nos valores das vazões médias de longo termo em cada mês.

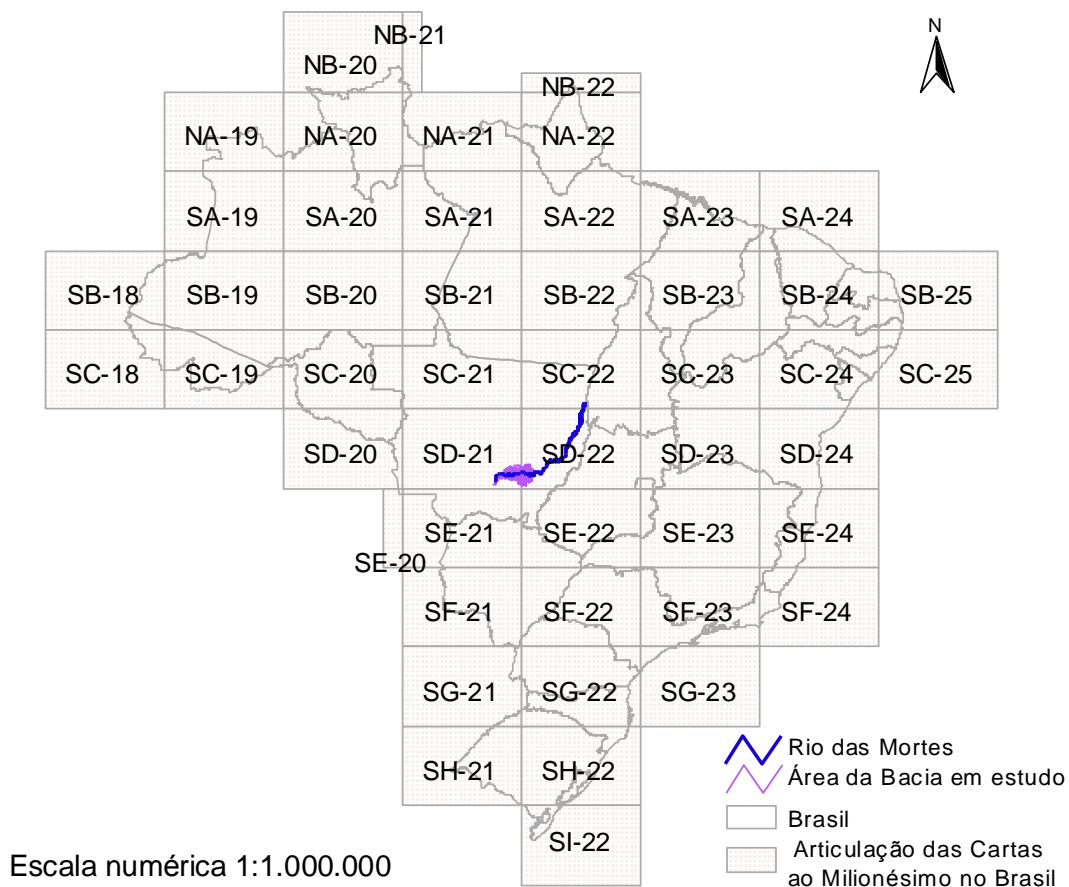
Ao longo deste relatório de projeto básico são apresentados detalhadamente todos os estudos realizados e fundamentadas todas as alterações necessárias no projeto concebido nas etapas anteriores.

## 5. LEVANTAMENTOS CARTOGRÁFICOS E TOPOGRÁFICOS

Este capítulo descreve sinteticamente os serviços cartográficos e topográficos realizados na área de interesse para a implantação da PCH Vila União. Esses levantamentos atenderam plenamente às Diretrizes de Cartografia e Topografia publicadas pela ANEEL, bem como às demais normativas vigentes.

### 5.1. Levantamentos dos Estudos de Inventário

Nos Estudos de Inventário de referência a região em estudo foi contemplada no mapeamento cartográfico do Brasil ao milionésimo, estando inserida nas folhas Cuiabá – SD-21 e Goiás – SD-22, conforme ilustrado pela Figura 5-1.



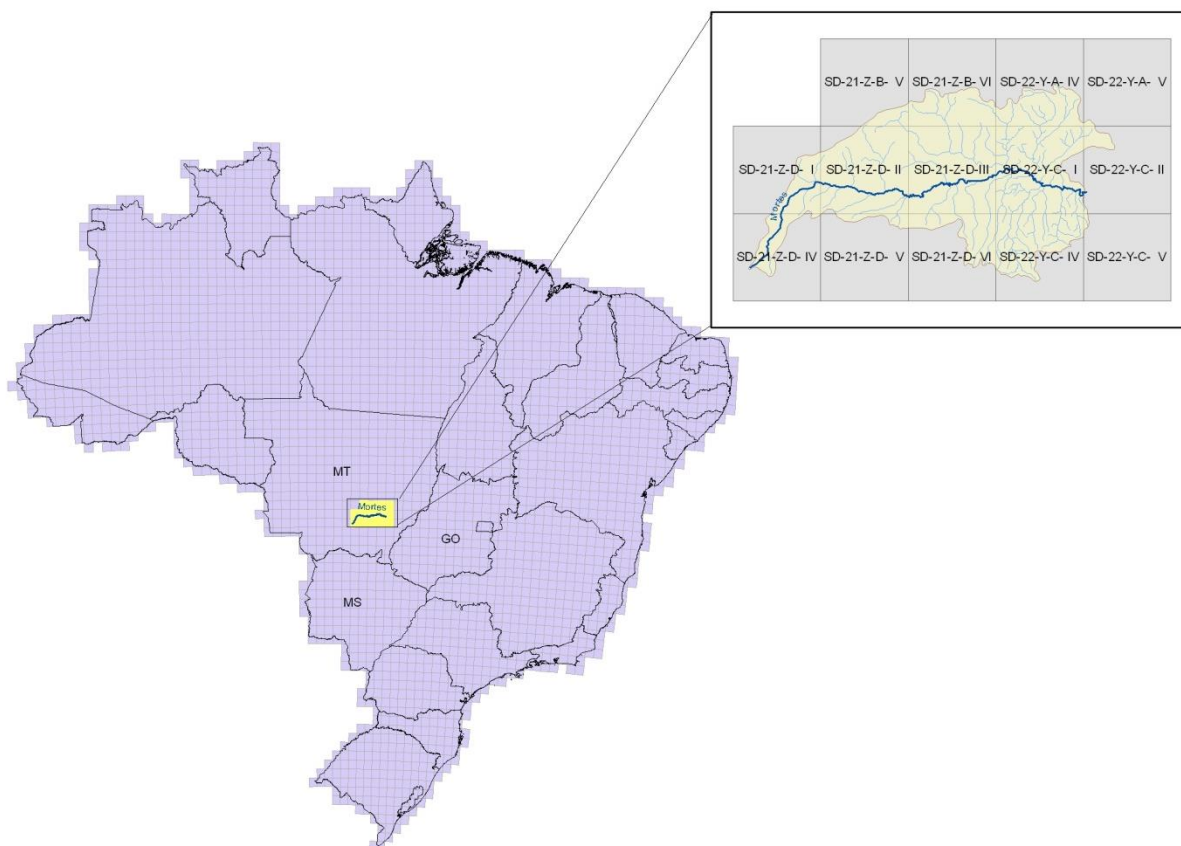
**Figura 5-1: Mapa-índice de cartas topográficas na escala 1:1.000.000**

Como fonte primária para planejamento dos estudos e coleta inicial de dados cartográficos, foram utilizadas as cartas topográficas apresentadas na Tabela 5-1 e na Figura 5-2.

**Tabela 5-1: Cartas topográficas na escala 1:100.000 utilizadas nos Estudos de Inventário de referência**

Nome da Carta	Codificação	Responsável
São Vicente	SD-21-Z-D-IV	DSG
Rio Casca	SD-21-Z-D-I	DSG

Nome da Carta	Codificação	Responsável
Dom Aquino	SD-21-Z-D-V	DSG
Galheiro	SD-21-Z-D-II	DSG
Fazenda Luciana	SD-21-Z-D-III	DSG
Brasilândia	SD-21-Z-B-V	DSG
Cacimba	SD-21-Z-B-VI	DSG
Volta Grande	SD-22-Y-A-IV	DSG
Poxoréo	SD-21-Z-D-VI	DSG
Lagoa do Cervo	SD-22-Y-C-I	DSG
Batovi	SD-22-Y-C-IV	DSG
Tori-Coejo	SD-22-Y-C-II	DSG
São Vicente	SD-21-Z-D-IV	DSG
São Joaquim	SD-22-Y-A-V	DSG



**Figura 5-2: Articulação de cartas topográficas na escala 1:100.000 utilizadas nos Estudos de Inventário de referência**

As cartas topográficas obtidas nas escalas 1:1.000.000 e 1:100.000 da região de interesse foram utilizadas para avaliação prévia dos locais a serem estudados. Serviram também para o planejamento inicial dos estudos e como base para determinação dos recursos d'água onde deveriam ser realizados estudos mais aprofundados.

Também foram utilizadas as cartas na escala 1:100.000 para os estudos de determinação das áreas de drenagem, associadas ao MDE – Modelo Digital de Elevação SRTM com 90 m de resolução, disponibilizado pela NASA (<http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>).

Como a cartografia coletada na escala 1:100.000 não se apresentou suficiente para uma avaliação adequada da região para fins de planejamento da restituição a ser executada no trecho de interesse, foi executada uma restituição aerofotogramétrica, com base em fotografias aéreas já existentes, para a geração de uma cartografia de avaliação em escala mais adequada.

Para tanto, foi adquirida uma coletânea de Fotos Aéreas AST-10 na escala 1:60.000, executadas pela Força Aérea Americana (USAF) junto à Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (5ª Divisão de Levantamento-Rio-RJ), datadas de 1964/1965 compreendendo o trecho referente ao rio das Mortes, de sua cabeceira à foz, rio Cumbuco, rio Suspiro e outros afluentes. No total foram selecionadas 256 fotografias.

Sobre as fotografias adquiridas, foram selecionados os pontos de apoio básico necessários para a orientação dos modelos estereoscópicos para a restituição. Foram concebidos os croquis e a locação sobre as cartas topográficas dos pontos selecionados de modo a permitir aos operadores de campo o devido acesso aos locais.

Em cada modelo estereoscópico foram determinados 04 pontos de apoio mínimos a serem obtidos por GPS.

Foi realizada a verificação dos pontos de apoio e NNAA, determinados por levantamentos geodésicos de precisão, e verificados também os croquis e localização dos pontos. Desta forma, foi possível fazer o ajuste da aerotriangulação, dentro das precisões requeridas para o trabalho.

A restituição foi executada na escala 1:10.000, na qual foi possível a obtenção de curvas de nível com equidistância de 5 metros.

Com a execução da restituição foi possível obter uma cartografia de melhor precisão, com curvas de nível em equidistância adequada para servir de apoio na determinação das áreas de vocação hidroenergética, servindo inclusive de apoio na decisão para posterior execução de restituição, por meio de imagens de alta resolução de sensores orbitais com par estéreo na área identificada.

Nos Estudos de Inventário de referência foi apresentada a restituição executada no trecho com vocação hidroenergética, que foi utilizada em todo o estudo, sendo desenvolvida a partir de metodologia de pares estereoscópicos de Imagem do Satélite IKONOS II, com 1 metro de resolução.

Para apoio na realização da restituição aerofotogramétrica e para determinação de perfis longitudinais de linha d'água dos rios estudados no Inventário foi necessário o desenvolvimento de trabalhos de campo adicionais.

O Sistema de Coordenadas utilizado no trabalho foi UTM (Transversa de Mercator), Meridiano Central 57. Datum Horizontal: SAD-69 e Datum Vertical: Marégrafo de Ibituba – SC.

O equipamento e os programas computacionais utilizados nos levantamentos aqui referidos foram:

- Aerorestituídor WILD B8S com sistema triaxial e interface;
- Estação Aerofotogramétrica IMAGESTATION;
- Programas: SUMMIT EVOLUTION FEATURE COLLETION (INPHO); MICROSTATION V8 (BENTLEY); GRID GENERATION (INTERGRAF).

O apoio de campo foi executado a partir da implantação de uma referência planialtimétrica ajustada ao Sistema Geodésico Brasileiro, feito por meio de um marco Base, do qual se derivou uma rede de marcos SAT's, que serviu de apoio à cartografia no cadastro das seções relevantes ao estudo, gerando a representação do relevo e suas alterações.

O transporte de coordenadas planialtimétricas foi executado após processamento e ajustamento da base denominada FRR83, instalada na sede da Fazenda Cumbuco, no município de Primavera do Leste – MT. O ajustamento planimétrico do marco Base FRR83 foi realizado pelo método de triangulação entre os vértices, utilizando-se as estações ativas das RBMC's de Cuiabá-MT 92.583 e de Brasília-DF 91.200.

O ajustamento altimétrico também foi executado pelo método de triangulação entre os vértices, utilizando-se os marcos RN's 730 Z e 731 V, ambos em perfeito estado de conservação.

Todos os detalhes referentes ao apoio de campo executado, tanto para a restituição aerofotogramétrica, como para a restituição no trecho de vocação hidroenergética, por meio de imagens de sensores orbitais de alta resolução com par estéreo, bem como obtenção de perfis longitudinais de linha d'água dos rios estudados, seções topobatimétricas e outros levantamentos, encontram-se detalhados no Apêndice A – Estudos Cartográficos e Topográficos, dos Estudos de Inventário de referência.

Para o Estudo de Projeto Básico aqui descrito, todos esses estudos cartográficos e topográficos, executados para a elaboração dos Estudos de Inventário de Referência, serviram apenas como fonte de consulta e análises primárias do potencial hidroenergético, uma vez que os mesmos não apresentam o nível de precisão compatível e exigido pelas normativas da Agência Reguladora com a fase desse estudo.

Dessa forma, para o Projeto Básico aqui descrito foram planejados e executados novos levantamentos topográficos para a implantação da futura usina. Foram executados: perfilamento a laser de toda a área de influência da usina e levantamentos topográficos complementares para a complementação do mapeamento do sítio estudado.

Os itens 5.2 e 5.3 apresentam, respectivamente, uma breve descrição dos trabalhos e metodologias utilizadas para a execução do perfilamento a laser, pela empresa SAI – Serviços Aéreos Industriais, e levantamentos topográficos complementares, executados pela empresa Vértice.

---

## **5.2. Perfilamento a Laser**

---

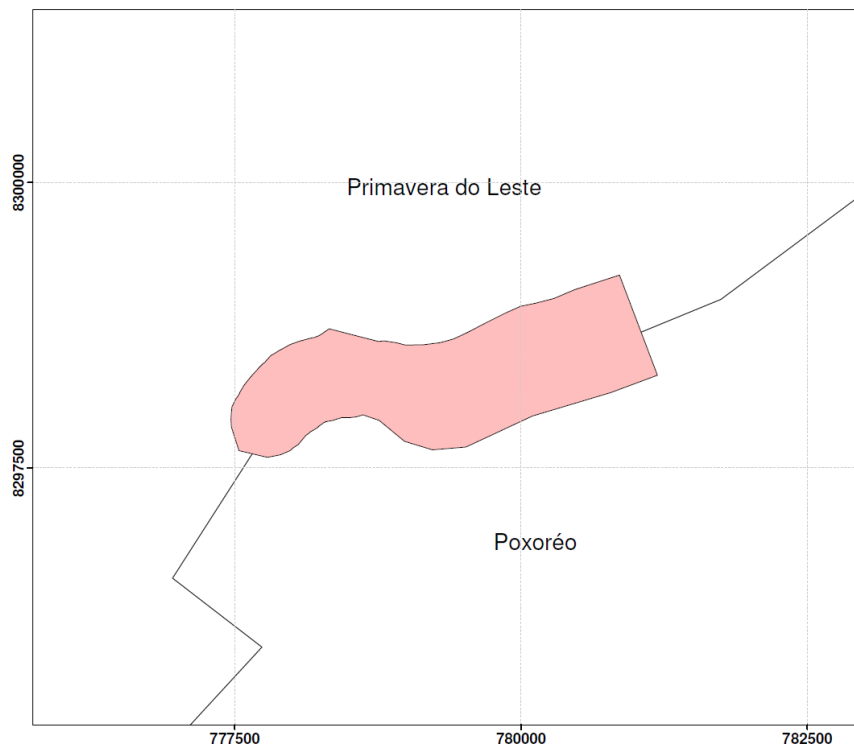
### **5.2.1. Informações Gerais**

---

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 objetivo desse relatório é apresentar informações, características dos equipamentos e metodologias utilizadas no planejamento do voo, apoio de campo e produtos desenvolvidos no perfilamento a laser realizado na região da PCH Vila União, no estado do Mato Grosso, conforme indicado na Figura 5-3.

A PCH Vila União está localizada nos municípios de Primavera do Leste (MT), pela margem esquerda, e Poxoréo (MT), pela margem direita. O anexo 10.1 – Croqui do Planejamento de Voo, apresentado no **Volume 3 – Tomo I** deste relatório de Projeto Básico, indica a localização da área em estudo e também identifica as principais rodovias localizadas próximo ao local previsto para a implantação da futura usina, além da hidrografia da região.



**Figura 5-3: Localização da área do levantamento**

### **5.2.2. Perfilarmento Laser Aerotransportado**

O sensoriamento remoto tem comprovada utilidade na coleta de informações e seus produtos são de fácil integração com outras ferramentas utilizadas na representação da superfície terrestre, pesquisa de meio ambiente e planejamento urbano. O sistema de Perfilarmento 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. De maneira eficaz, o sistema obtém dados digitais da superfície do terreno com precisão equivalente à do sistema GPS.

O desenvolvimento dessa tecnologia deu-se início na década de 90 de acordo com as necessidades dos usuários de modelos digitais de elevação (DEM – Digital Elevation Model).

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 (WEHR e LOHR, 1999).

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 refletido 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, os quais podem ser processados obtendo assim modelos digitais do terreno. O maior potencial de aplicação da tecnologia de Perfilarmento a 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.

### **5.2.3. Ortorretificação**

---

A ortorretificação tem como objetivo a reconstrução do terreno fotografado, a partir de suas fotografias. Essa técnica vem evoluindo com o passar dos anos. Em 1839, na França, ocorreu o primeiro fato registrado pela história do processo de registro fotogramétrico realizado com placas de metais expostas à luz. Nos anos seguintes começaram a pensar na utilização de imagens para representações topográficas. Desde então, o processo de fotogrametria analógica passou por transformações, chegando hoje em técnicas onde não é mais necessária a utilização de filmes fotográficos, nem revelação de fotos. Surge, então, a fotogrametria digital, onde todas as imagens coletadas durante o voo são armazenadas em disco rígido e posteriormente serão processadas.

A utilização de imagens digitais aperfeiçoa as fases do processo e também o torna menos dispendioso nos quesitos tempo e custo.

Mesmo considerando a evolução da tecnologia, as fases do processo como planejamento de voo, apoio de campo e calibração da câmera ainda se fazem necessárias.

A combinação das fotografias digitais e do perfilamento laser deu início ao que os pesquisadores chamam de LiDARgrametria, onde informações resultantes do perfilamento subsidiam o processo de ortorretificação das imagens digitais.

### **5.2.4. Fluxograma**

---

As fases de desenvolvimento dos produtos realizados pela SAI estão representadas na Figura 5-4.



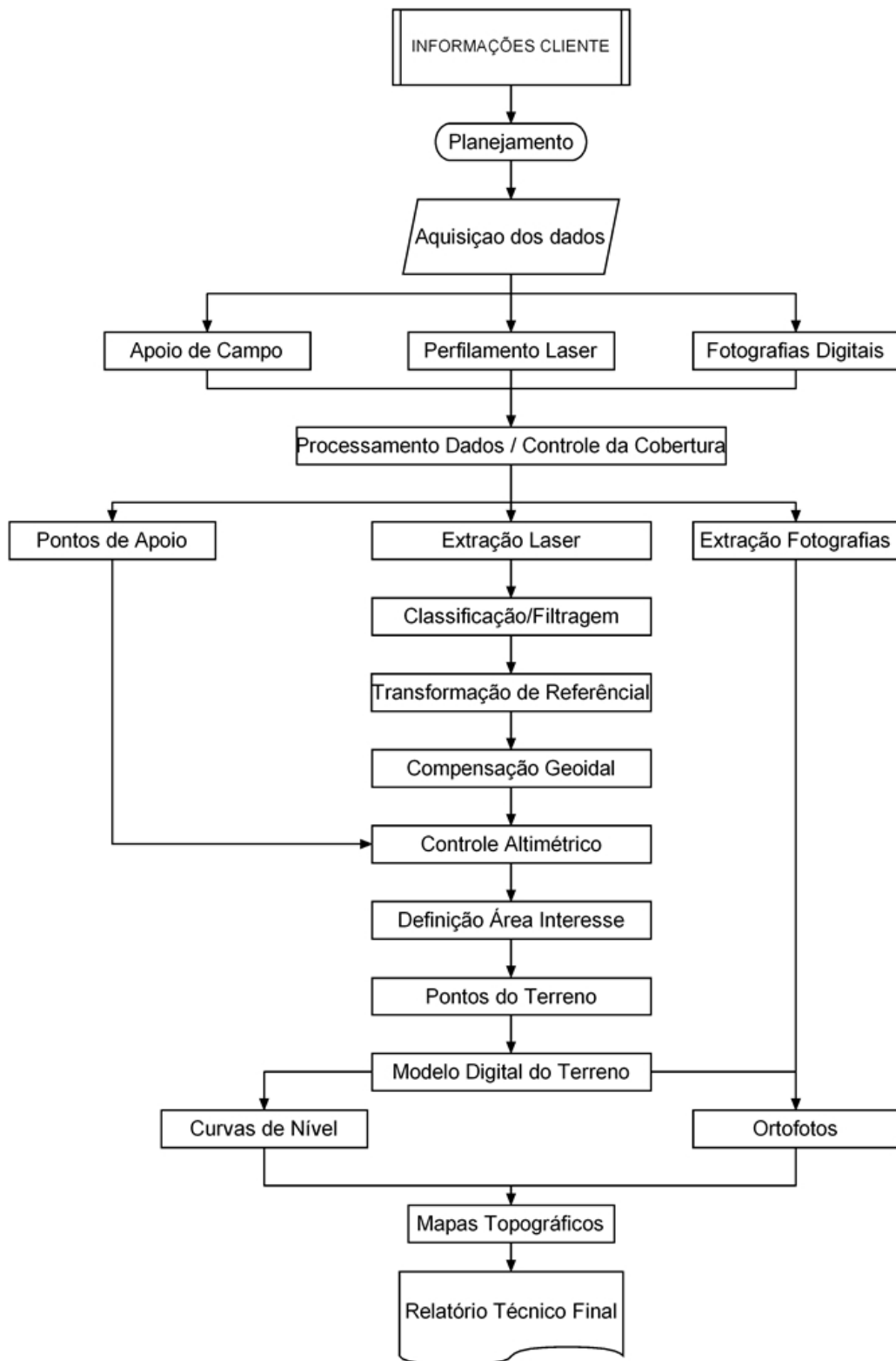


Figura 5-4: Fluxograma de atividades

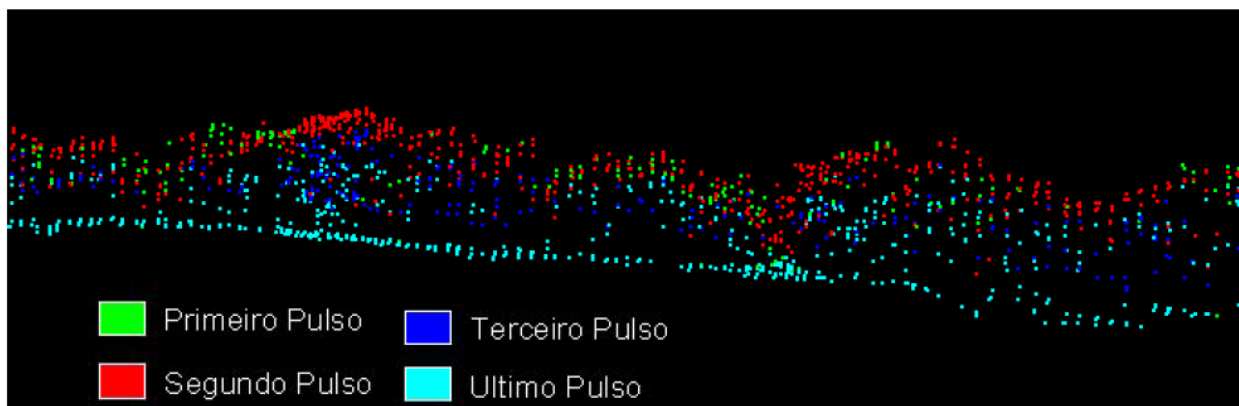
### 5.2.5. Planejamento e Execução do Voo

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

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

$$\text{Distância} = \frac{\text{Velocidade da luz} \times \text{Tempo de Resposta}}{2}$$

A Figura 5-5 exemplifica o processo de captação dos dados LiDAR.



**Figura 5-5: Captação dos dados Lidar**

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 a ser perfilada, essas informações definem as linhas de voo e o traçado que será executado pela aeronave para recobrir a área de interesse.

Ainda para a execução do voo a equipe de campo necessita definir os pontos que serão utilizados como base de voo, os quais devem estar amarrados à rede oficial do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), para estar em concordância à rede brasileira de topografia e atender às exigências do órgão regulador (Agência Nacional de Energia Elétrica). Esses pontos necessitam estar em um raio de, aproximadamente, 30 km da área a ser sobrevoada, pois as antenas GPS, tanto da aeronave quanto a da base de voo, necessitam coletar informações dos mesmos satélites GPS, minimizando e melhorando assim os resultados no processamento dos dados.

O plano de voo analítico pode ser resumido da seguinte forma:

- Período da aquisição dos dados .....05/mai/2013
- Aeronave ..... Helicóptero Esquilo B2
- Altura do voo .....1.000 m
- Largura da faixa varredura .....700 m
- Velocidade média ..... 140 km/h

- Tempo estimado da aquisição..... 1 hora
- Ângulo de escaneamento ..... 20°
- Sobreposição longitudinal..... 30%
- Pontos/m<sup>2</sup> de aquisição ..... 1
- Total de linhas de voo..... 2

O plano de voo gráfico onde são representadas as linhas de voo projetadas pelos parâmetros anteriormente citados encontra-se no anexo 10.2 – Plano de Voo, no **Volume 3 – Tomo I** deste relatório de Projeto Básico.

#### **5.2.6. Equipamentos Utilizados**

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.

O posicionamento da aeronave é correlacionado com a posição da base de voo (equipamento GPS em terra em um ponto conhecido), onde o resultado dessa correlação é o georreferenciamento da trajetória da aeronave.

No levantamento são utilizados os seguintes equipamentos:

- LaserScan Optech 3100;
- Câmera digital Rollei H20 Metric;
- GPS TRIMBLE 5700 L1/L2.

O sistema laser e a câmera fotográfica são montados em uma abertura no piso da aeronave, possibilitando assim que o sensor possa emitir e receber os pulsos laser e a câmera tome as fotografias do terreno.

Portanto, dentro da aeronave estão presentes:

- Antena GPS;
- Sistema inercial (IMU);
- Sensor laser;
- Câmera fotográfica;
- Central de controle, onde se encontra o computador que gerencia todo o sistema.

Por último, no solo, está presente:

- Antena GPS definindo a base de voo.

A Figura 5-6 e a Figura 5-7 apresentam, respectivamente, ilustrações do sistema aerotransportado (perfilamento a laser e câmera fotográfica) e do equipamento GPS TRIMBLE 5700 L1/L2, utilizado na base de voo.



**Figura 5-6: Sistemas aerotransportados**



**Figura 5-7: GPS para apoio de campo**

A seguir são descritas as características dos equipamentos utilizados.

#### **5.2.6.1. Especificações Sistema Laser**

As características do Laser Scan *Optech Modelo 3100* são apresentadas a seguir. Também fazem parte do sistema a antena GPS utilizada na aeronave e o sistema inercial.

- Resolução em range ..... 1 cm
- Largura da faixa.....Variável de 0 a 0,93 x altitude m
- Resolução angular .....0,01°
- Frequência de oscilação lateral ..... Variável, máximo 70 Hz
- Largura da onda do laser ..... 1064 nm
- Frequência dos impulsos do laser ..... 33 kHz (altitude máx. AGL 3.500 m);

- 50 kHz (altitude máx. AGL 2.500 m); 70 kHz (altitude máx. AGL 1.700 m); 100 kHz (altitude máx. AGL 1.100 m)
- Divergência da faixa ..... Dual com 0,3 mrad ou 0,8 mrad (1/e nominal)
  - Classe do Laser ..... Classe IV produto laser (FDA CFR 21)
  - Receptor GPS ..... Interno Novotel Millenium DL
  - Potência requisitada..... 28 VDC @ 35 Amperes de pico
  - Temperatura operacional ..... Rack de controle: +10 °C até +50 °C;  
Armazenamento: -10 °C até +50 °C
  - Umidade ..... 0% a 95% sem condensação

### 5.2.6.2. Especificações da Câmera Digital

A seguir são apresentadas informações sobre a Câmera Digital *Rollei H20 Metric* utilizada nesse trabalho:

- Tecnologia ..... Full Frame CCD
- Tamanho do Pixel ..... 9 x 9 micron
- Quadro Focal ..... 4080 x 4076 pixel
- Filtro de Cores ..... Red, Green e Blue
- Velocidade do Obturador ..... 30 sec – 1/1000 sec

Com o intuito de garantir a qualidade das informações a Câmera *Rollei* é calibrada periodicamente.

No memorial descritivo apresentado pela empresa SAI, constante do **Volume 3 – Tomo I** deste relatório de Projeto Básico, são apresentados os relatórios da última calibração realizada para a câmera.

### 5.2.6.3. Especificações GPS

O GPS *TRIMBLE 5700* foi utilizado como GPS de solo e suas especificações são descritas a seguir:

- Tipo de Antena ..... Zephyr
- Sinais Capitados..... L1/L2 C/A e Código P & Fase
- Registro da Aquisição ..... 1 segundo
- Memória de Gravação ..... 512 MB

### 5.2.7. Equipe Envolvida

Nos estudos cartográficos da área de implantação do aproveitamento hidrelétrico aqui descrito, as equipes envolvidas no levantamento de campo e também no sobrevoo englobaram:

- Pilotos ..... 01
- Operadores *Lidar* ..... 01
- Técnico Extração/Controle *Lidar* ..... 01
- Auxiliar de Topografia ..... 01
- Eng. Cartógrafo ..... 01
- Motorista ..... 01

### 5.2.8. Relatório de Voo

Logo após todo o processo de levantamento das informações, tanto de dados laser quanto de fotografias, o processo realizado em campo pode ser resumido da seguinte forma:

- Região..... PCH Vila União – Estado do Mato Grosso
- Data.....05/mai/2013
- Numero de faixas levantadas..... 2
- Total de Fotos ..... 35

### 5.2.9. Considerações

No processo de fotogrametria convencional todos os produtos, inclusive as curvas de nível, estão vinculados à escala de voo, pois são extraídos das imagens obtidas. Quando se fala dos processos para geração dos produtos oriundos do perfilamento laser é necessário considerar que o Modelo digital do Terreno e da Superfície são gerados independentemente das ortofotos, ou seja, tem como base a nuvem de pontos.

A escala de voo no perfilamento laser influencia na tomada das fotografias e também na precisão da nuvem de pontos. Porém, é possível a produção de dados em diferentes escalas.

A altura média de voo desse trabalho foi de 1.000 m em relação ao terreno. Dessa forma, o erro do sistema Laser para essa altura é de aproximadamente 15 cm para um sigma de precisão, possibilitando então a geração de curvas de nível em uma escala de até 1:1.000, com equidistância das curvas de nível de 50 cm.

Para esse projeto a escala de restituição das curvas de nível é de 1:2.000, com equidistância das curvas de nível de 1 m.

Considerando a altura de voo adotada, a aquisição das ortofotos deu-se na escala de 1:5.000, influenciada pela equação abaixo:

$$E = \frac{f}{H}$$

Sendo:

E: escala das ortofotos

f: distância focal

H: altura do voo

Tais informações devem ser consideradas posteriormente para continuidade das análises sobre a qualidade dos produtos gerados.

### 5.2.10. Documentação de Referência

Os itens subsequentes apresentam a documentação de referência utilizada para a realização do trabalho.

#### 5.2.10.1. Sistema Geodésico de Referência

Para esse trabalho foi utilizado os seguintes sistemas de referência:

- Sistema de Coordenadas.....UTM – SIRGAS2000

- Modelo Geoidal..... IBGE – Marégrafo de Imbituba (SC)
- Elipsoide ..... SIRGAS 2000
- Meridiano Central..... 57
- Fuso..... -21
- Hemisfério ..... Sul

### 5.2.10.2. Transformação de Coordenadas

Os dados adquiridos durante o levantamento de voo e campo são referenciados ao Sistema WGS84 (World Geodetic System 1984). Porém, o sistema de referência utilizado nesse trabalho foi o SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas). Como citado pelo IBGE, por serem praticamente idênticos, não existem parâmetros de conversão entre os sistemas.

### 5.2.10.3. Compensação Geoidal

Quando se realiza o sobrevoo, o sistema adotado é o WGS84, onde este é um elipsoide de referência de origem geocêntrica utilizado pelo GPS, e atualmente pelo GNSS, e sua elevação é denominada altitude geométrica.

Na maior parte dos trabalhos de engenharia, levantamentos geodésicos e topográficos, o produto entregue deve ser referenciado altimetricamente ao geoide, que é uma superfície equipotencial que coincide com o valor médio do nível médio das águas do mar, na qual sua altura é denominada altura ortométrica.

Surge então a necessidade de converter a altitude geométrica, fornecida pelo GPS, para altura ortométrica.

Para isto aplica-se a fórmula abaixo:

$$h = H + N$$

Onde, H é a altura ortométrica, h é a altitude geométrica e N, a ondulação geoidal. A Figura 5-8 demonstra esta relação.

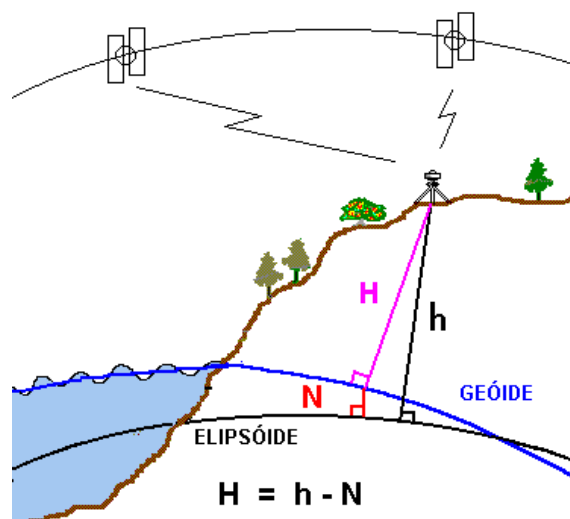


Figura 5-8: Modelo Geoidal MAPGEO2010



A ondulação para o Brasil é dada pelo software MAPGEO2010 do IBGE, que pode ser encontrado em:

[ftp://geoftp.ibge.gov.br/programa/Sistema\\_Interpolacao\\_Ondulacao\\_Geoidal/](ftp://geoftp.ibge.gov.br/programa/Sistema_Interpolacao_Ondulacao_Geoidal/).

Esse endereço eletrônico, para o presente projeto, foi acessado em 09/mai/2013.

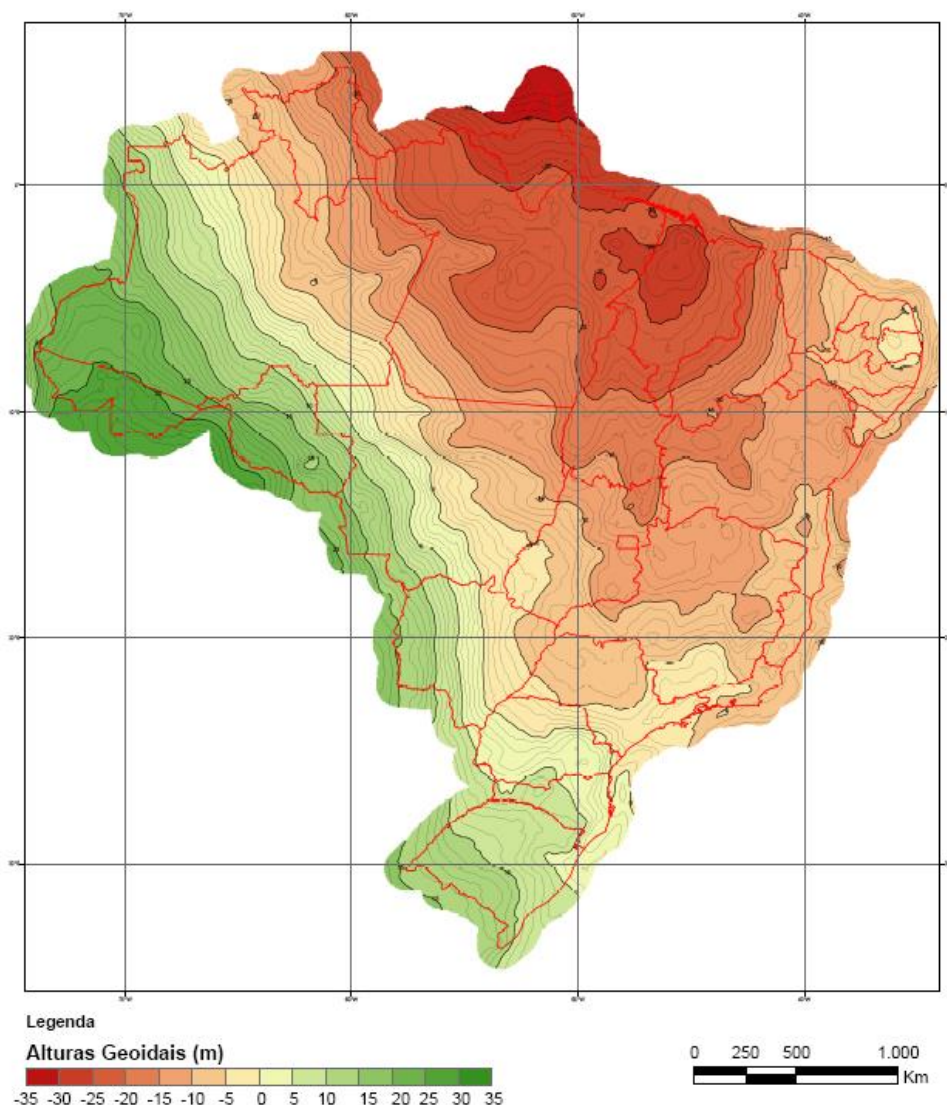
A visão geral da variação geoidal em SIRGAS2000 para o Brasil é mostrada na Figura 5-9.



Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE  
Diretoria de Geociências - DGC  
Coordenação de Geodésia - CGED

## MAPGEO 2010 - Modelo de Ondulação Geoidal

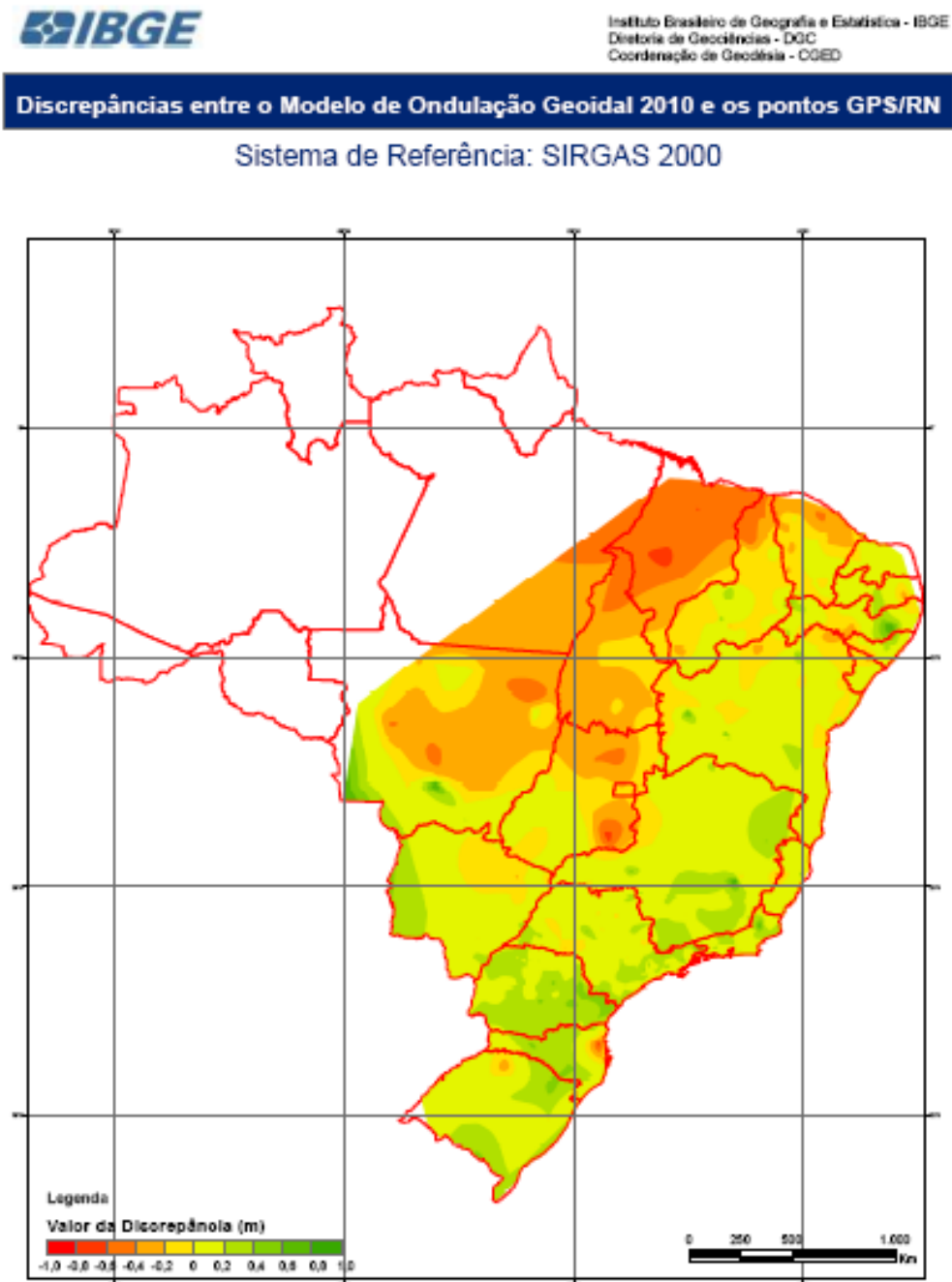
Sistema de Referência: SIRGAS 2000



**Figura 5-9: Modelo Geoidal SIRGAS2000 Brasil**

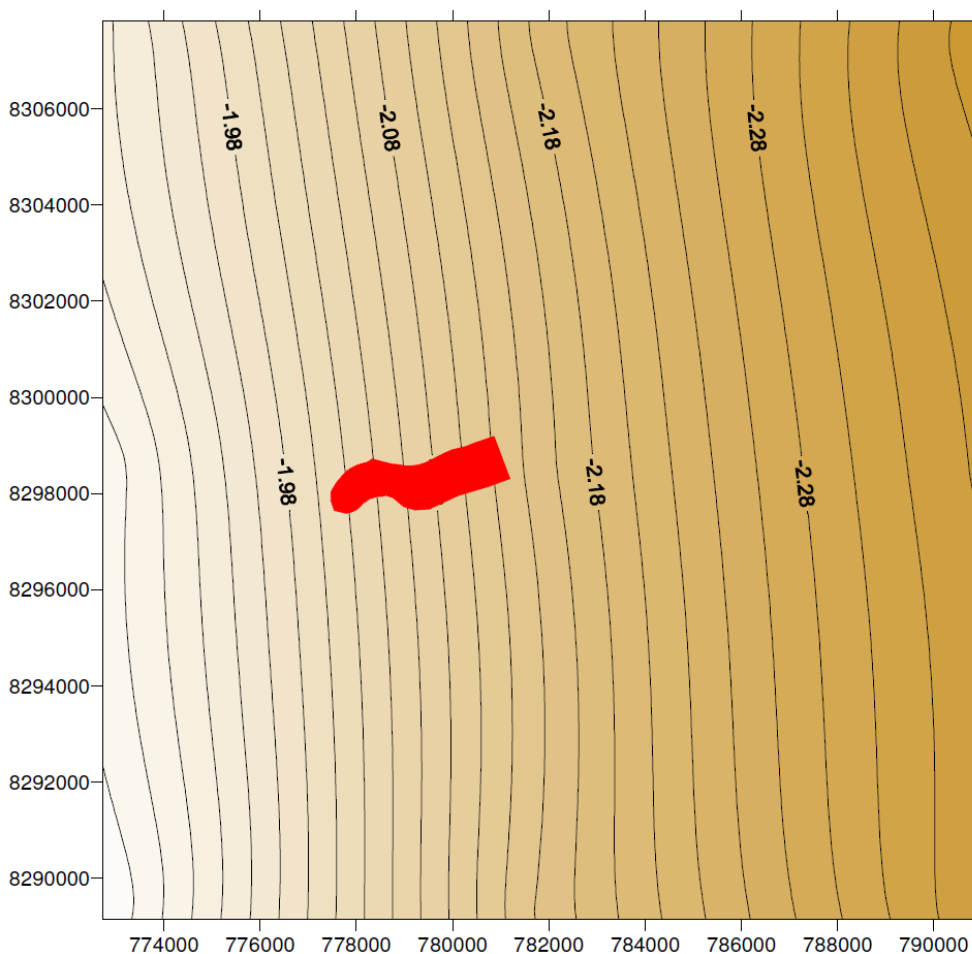


No cálculo do modelo geoidal do MAPGEO2010 há limitações para a sua definição, como os programas de interpolação, distribuição dos dados gravimétricos, do modelo geopotencial e também do modelo digital do terreno. Com isto, há alguns erros definidos pelo IBGE para o MAPGEO2010, como demonstrado na Figura 5-10.



**Figura 5-10: Erro existente no Modelo Geoidal MAPGEO2010**

A Figura 5-11 demonstra o comportamento do modelo geoidal obtido pelo MAPGEO2010 para a região do levantamento aqui apresentado.



**Figura 5-11: Modelo Geoidal MAPGEO2010 na região do levantamento**

### 5.2.11. Documentação Oficial

A escolha de um ponto de controle em campo dá-se em função da sua localização em relação à área a ser levantada e a necessidade de pertencer à rede oficial do IBGE ou amarrada a um ponto da mesma.

A rede oficial do IBGE é composta pela Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) e pelo Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), o qual contém a Rede Planimétrica, a Altimétrica, a Gravimétrica e as Redes Estaduais GPS.

Como base de voo foi utilizado o ponto Primavera do Leste, implantado pela SAI, na cidade Primavera do Leste-MT. Para o transporte de coordenadas para a base de voo, foi utilizada como referência geodésica o ponto da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS) denominado de CUIB – CUIABÁ, localizado no município de Cuiabá (MT).

Para a coleta dos pontos de controle de campo foi utilizado como referência o SAT91207 localizado no município de Primavera do Leste (MT).

No **Volume 3 – Tomo I** deste relatório de Projeto Básico, são apresentados os relatórios das estações CUIB e SAT91207, respectivamente, disponibilizados pelo IBGE.

### 5.2.12. Apoio de Campo

---

Neste item serão apresentados dados referentes à equipe de apoio de campo, ao processo de transporte de coordenadas, às bases de voo utilizadas, aos pontos de controle e no final a comparação do processo Lidar com a topografia convencional.

#### 5.2.12.1. Equipes

---

Para a região da PCH Vila União, o deslocamento da equipe primeiramente foi para a cidade Primavera do Leste – MT, por conter ponto SAT da rede do IBGE. Em Primavera do Leste foram rastreados os pontos de controle para os dados laser, apresentado no **Volume 3 – Tomo I** deste relatório de Projeto Básico.

#### 5.2.12.2. Transporte de Coordenadas

---

Para o transporte de coordenadas planimétricas são utilizados marcos SAT e/ou estações da RBMC, não sendo utilizados marcos de SAT Doppler ou Vértice de Triangulação.

Para o transporte dos pontos de apoio terrestre foram utilizados GPS Geodésicos de dupla frequência (TRIMBLE 5700 L1/L2), com cadência de 1 segundo. Para escolha dos pontos deve ser levada em consideração a possível interferência de obstáculos, escolhendo sempre pontos em áreas sem cobertura vegetal e passível de preservação.

Para a região escolhida para implantação da PCH Vila União foram implantados no total 2 pontos de controle.

Todo o detalhamento do transporte dos pontos coletados para este levantamento é mais bem detalhado e pode ser conferido nos itens 5.3. (Bases de Voo) e 5.4. (Pontos de Controle), apresentados no memorial descritivo da SAI, constante do **Volume 3 – Tomo I** deste relatório de Projeto Básico.

#### 5.2.12.3. Bases de Voo

---

Durante a aquisição dos dados laser é necessário um ou mais GPS em solo coletando informações (ponto base de voo). O ponto base de voo deve ser amarrado à rede oficial do IBGE.

O critério para escolha do ponto rastreado é que o mesmo necessita estar em um raio de 30 km da área a ser sobrevoada; isto porque as antenas GPS, tanto da aeronave quanto a da base em campo, precisam coletar satélites da mesma constelação durante cada instante da aquisição, com o objetivo de se estabelecer uma correlação das informações.

#### 5.2.12.4. Pontos de Controle

---

Pontos de controle são pontos com coordenadas medidas em campo por meio de levantamentos geodésicos. A identificação desses pontos é feita por meio de croquis e/ou fotografias.

Em campo os dados podem ser coletados de forma independente ao voo, podendo, portanto, ser coletados durante ou após a aquisição dos dados laser.

Esses pontos têm por característica avaliar a precisão da superfície gerada pelo Laser e com isso garantir a precisão dos produtos gerados.

O processo de implantação dos pontos de controle teve como base planialtimétrica o SAT91207 do IBGE, situado na cidade de Primavera do Leste–MT.

Utilizando o SAT91207 como base, foram implantados, a partir dele, os demais pontos de controle denominados de M-01 e M-03.

Todos os pontos foram rastreados com o GPS TRIMBLE 5700 e processados com o software TopCon Tools e TGO.

Após a aquisição dos dados foram criados os arquivos RINEX utilizando o software da TRIMBLE TGO e posteriormente processados com o TopCon Tools.

Nos anexos 10.3 (Relatório de Processamento), 10.4 (Monografias) e 10.5 (Croqui do Apoio de Campo), apresentados pela SAI em seu Memorial Descritivo e constantes do **Volume 3 – Tomo I** deste relatório de Projeto Básico, podem ser observados o relatório de processamento, bem como as fotos e localização de todos os pontos de apoio levantados para o projeto aqui descrito.

#### **5.2.12.5. Comparação LiDAR e Topografia Convencional**

Analisando os resultados apresentados no relatório emitido pela SAI, observa-se que o erro médio quadrático é igual a 0,324 m e o desvio padrão de 0,233 m. Dessa forma, considerando que a equidistância das curvas de nível do projeto é de um metro, pode-se concluir que o projeto atende ao Padrão de Exatidão Cartográfica - Classe A.

Portanto, os produtos LiDAR, quando comparados com o apoio de campo, resultaram nas precisões necessárias para classificação dos produtos como PEC Classe A.

#### **5.2.13. Processamentos dos Produtos**

##### **5.2.13.1. Extração dos dados**

Na fase de extração dos dados, todas as informações do laser, as fotografias digitais e os arquivos provenientes do GPS são convertidos do formato bruto para formatos que serão utilizados posteriormente.

A primeira fase da extração dos dados é a combinação dos dados do GPS da aeronave com o GPS de campo (base conhecida). Esse processo é realizado no software PosPac e tem como objetivo definir a trajetória realizada pela aeronave.

A segunda fase é a extração dos dados do laser utilizando o software DashMap. Esse processo tem como objetivo georreferenciar a nuvem de pontos.

Na terceira fase são extraídas as fotografias do formato bruto para o formato TIFF, as quais serão utilizadas posteriormente para geração das ortofotos. Antes da extração das imagens é necessária a equalização do contraste e variação de tonalidade de todas as imagens. Para o processo de equalização e extração das imagens utiliza-se o software Phase One.

Realizados os processos de georreferenciamento e extração, as informações estão prontas para serem utilizadas no desenvolvimento dos produtos de interesse.

##### **5.2.13.2. Processamento dos pontos laser**

O processamento dos dados após a fase de extração é realizado no programa *Microstation SE* ([www.bentley.com/](http://www.bentley.com/)) juntamente com os softwares da *TerraSolid* ([www.terrasolid.fi/](http://www.terrasolid.fi/)).

No processamento é realizada uma sequência lógica de passos, que podem ser divididas em quatro classes:

- Classificação/Filtragem;

- Triangulação do Modelo Digital do Terreno (MDT);
- Ortorretificação;
- Restituição ou Vetorização.

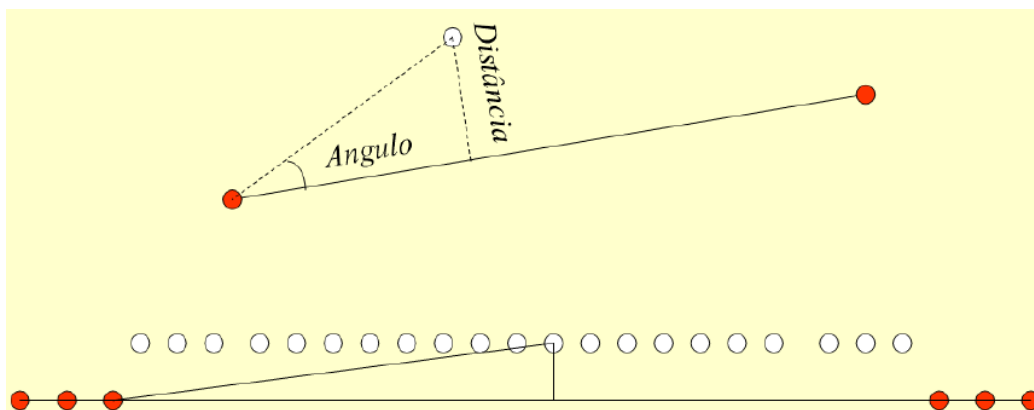
A seguir são descritas sucintamente cada uma dessas fases.

#### • **Classificação/Filtragem**

Com a nuvem de pontos bruta, resultado da extração, é realizado o processo automático de classificação dos pontos, distinguindo assim os pontos definidores da superfície e os pontos oriundos de obstáculos.

No processo de filtragem é de extrema importância a escolha dos parâmetros corretos. Caso isso não ocorra, obstáculos como edificações e vegetação serão classificados como solo e criarão uma má representação do terreno. Para escolha dos parâmetros devem ser considerados os seguintes pontos: ângulo de iteração e iteração à distância.

O ângulo de iteração é o ângulo formado pelo plano do triângulo e uma linha de conexão com o ponto mais próximo do vértice do triângulo. Já a iteração com a distância é a distância do ponto ao plano do triângulo. A Figura 5-12 exemplifica estes conceitos.



**Figura 5-12: Parâmetros de classificação**

Após a filtragem, a equipe técnica faz o controle dos pontos definidos como superfície, utilizando recursos tridimensionais e rotinas lógicas. Todo o processo de classificação e filtragem é realizado utilizando o software *TerraScan* do pacote *Terrasolid*.

#### • **Processamento das Curvas de Nível**

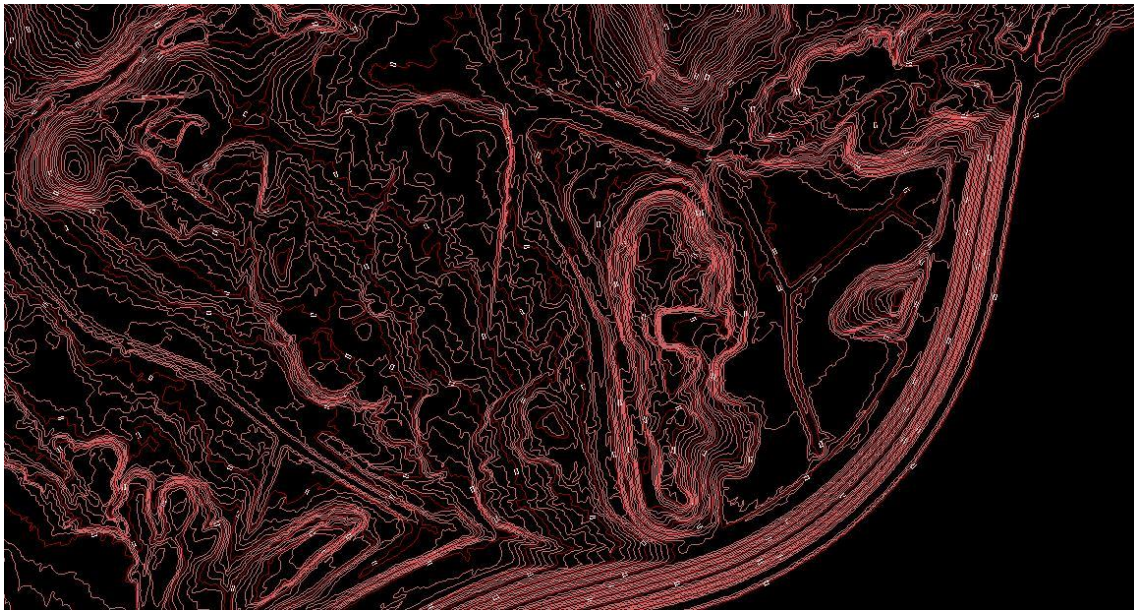
Com os pontos laser já classificados e filtrados gera-se um grid regular dos pontos e é realizada a triangulação da superfície por meio do software *TerraModel*, onde é possível a escolha da melhor rotina para definição da superfície de interesse.

Portanto, são criados modelos de superfície para a triangulação, isso significa que é gerada uma rede de triângulos que liga os pontos no modelo. A rede é construída de tal forma que existe um triângulo em cada posição XY dentro da área. No modelo do terreno cada posição XY tem apenas um valor de altitude.

Características como cor, equidistância das curvas e fonte das cotas estabelecidas pelo cliente, também são definidas nesse software.

A Figura 5-13 ilustra um exemplo das curvas de nível geradas.





**Figura 5-13: Curvas de Nível (exemplo)**

### **Triangulação**

A triangulação é uma operação trigonométrica que consiste na correlação da nuvem de pontos que representa os pontos que tocam o terreno. Essa triangulação permite a geração da superfície do MDT.

### **Interpolação**

Para se interpolar as curvas de nível deve-se partir do princípio que, na natureza, em geral, dois pontos do terreno possuem uma inclinação quando ligados entre si, ou seja, normalmente o terreno é inclinado.

E a interpolação consiste em determinar as curvas definidas pelas cotas (altitudes) de valores inteiros, pois estas são obtidas no campo em valores fracionários.

#### **• Ortorretificação**

As imagens adquiridas no voo requerem o processo de ortorretificação para corrigi-las das distorções fotogramétricas ocasionadas pelo relevo, mantendo assim a escala constante em toda a imagem.

Para a fase de ortorretificação das fotografias é necessário utilizar as seguintes informações:

- Modelo digital do terreno;
- Fotografias digitais;
- Trajetória da aeronave.

Com base, tanto no MDT gerado pela nuvem de pontos do levantamento LiDAR, como nas informações da trajetória da aeronave e também nas informações do sistema inercial, inicia-se o processo de ortorretificação.

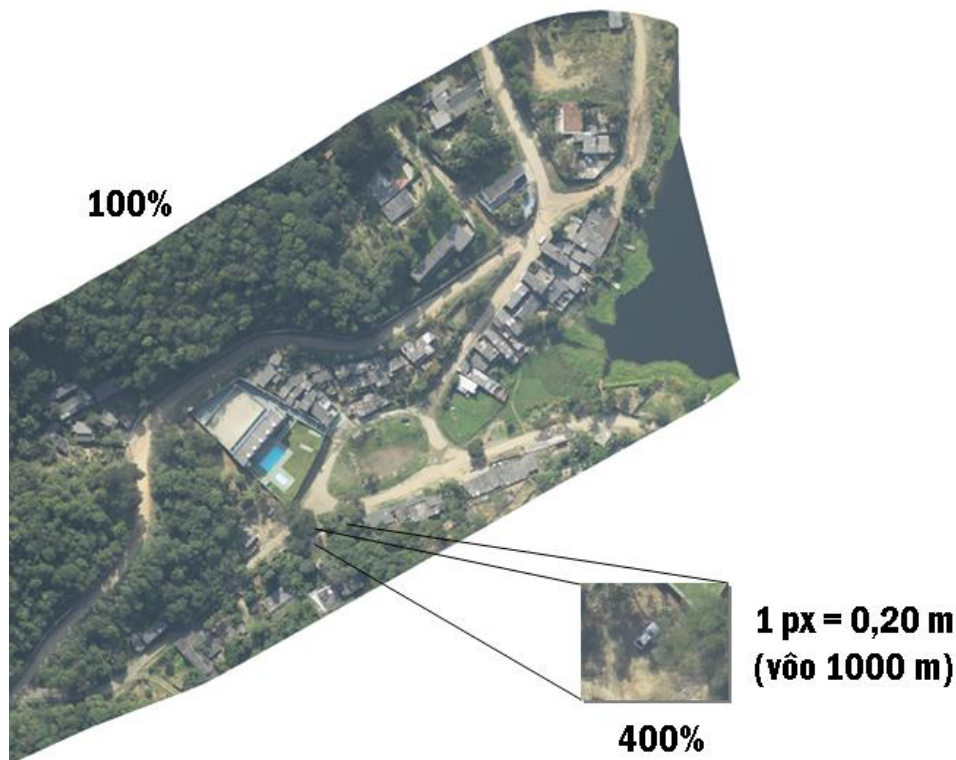
O processo de ortorretificação é totalmente digital, não existindo, portanto, a fase que compõe o processo de ortorretificação convencional, onde os dados são adquiridos com uma câmara analógica.



Com essas informações o software *TerraPhoto* realiza a mosaicagem das imagens, uma fusão de grande número de fotografias para o recobrimento fotográfico da área de interesse, possibilitando ao operador definir os pontos homólogos entre as cenas, os quais serão utilizados para triangulação das imagens, que servem como base para o ajustamento das mesmas até atingir a precisão esperada.

O processo de ortorretificação é semiautomático, pois são necessárias intervenções do operador até que o erro existente no processo de triangulação seja menor que o coeficiente pré-determinado. O erro aceitável é determinado pela seguinte regra: **Erro < Tamanho do Pixel da Ortofoto (cm) x Quatro**. Esse parâmetro garante a qualidade da ortorretificação.

Também nessa fase define-se o tamanho do pixel da ortofoto, melhor entendida na Figura 5-14.



**Figura 5-14: Exemplo de tamanho de pixel e visualização de zoom**

- **Vetorização**

Utilizando os pontos laser, as ortofotos e as curvas de nível, são identificados pontos notáveis da superfície, que são representados em forma de vetor e representam sua respectiva classe (hidrografia, vias de acesso, edificações e outros).

Vetores são entidades definidas matematicamente como uma série de pontos unidos por linhas. Cada vetor é uma entidade independente com propriedades como cor, forma, contorno, tamanho e posição na tela, sendo possível mover e alterar suas propriedades.

- **Produtos Desenvolvidos**

- 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).

### 5.3. Levantamentos Topográficos Complementares

O objetivo desse item é apresentar a metodologia e os resultados das campanhas de Levantamento Geodésico e Topográfico para a área prevista para implantação da futura PCH Vila União.

#### 5.3.1. Levantamento Geodésico

Trata-se do conjunto de atividades relacionadas às operações com GPS Geodésico, necessárias à determinação do referencial físico e geométrico do projeto (geóide/elipsoide).

##### 5.3.1.1. Implantação do Marco Base Principal

Foi implantado um (1) Marco Base Principal próximo ao sítio do futuro aproveitamento hidrelétrico. O Marco Base Principal **FRR403** é um marco de primeira ordem ajustado ao Sistema Geodésico Brasileiro. O ajuste planialtimétrico (coordenadas e altitude) foi determinado pelo método de triangulação geodésica entre ele e as estações ativas RBMC 92583/MT e RBMC 93965/MT.

A triangulação geodésica consiste na ocupação simultânea de três (3) marcos monumentados sobre a superfície terrestre, onde dois (2) deles fazem parte da Rede de Monitoramento Contínuo (alta precisão) do IBGE e o terceiro é aquele implantado na obra que se pretende georreferenciar.

Os marcos geodésicos que formam os vértices do triângulo possuem elevada precisão e são utilizados para os mais variados fins, neste caso, como referência aos levantamentos topográficos do projeto em questão.

A Figura 5-15 apresenta o esquema de triangulação geodésica para o ajuste planimétrico no projeto em tela.

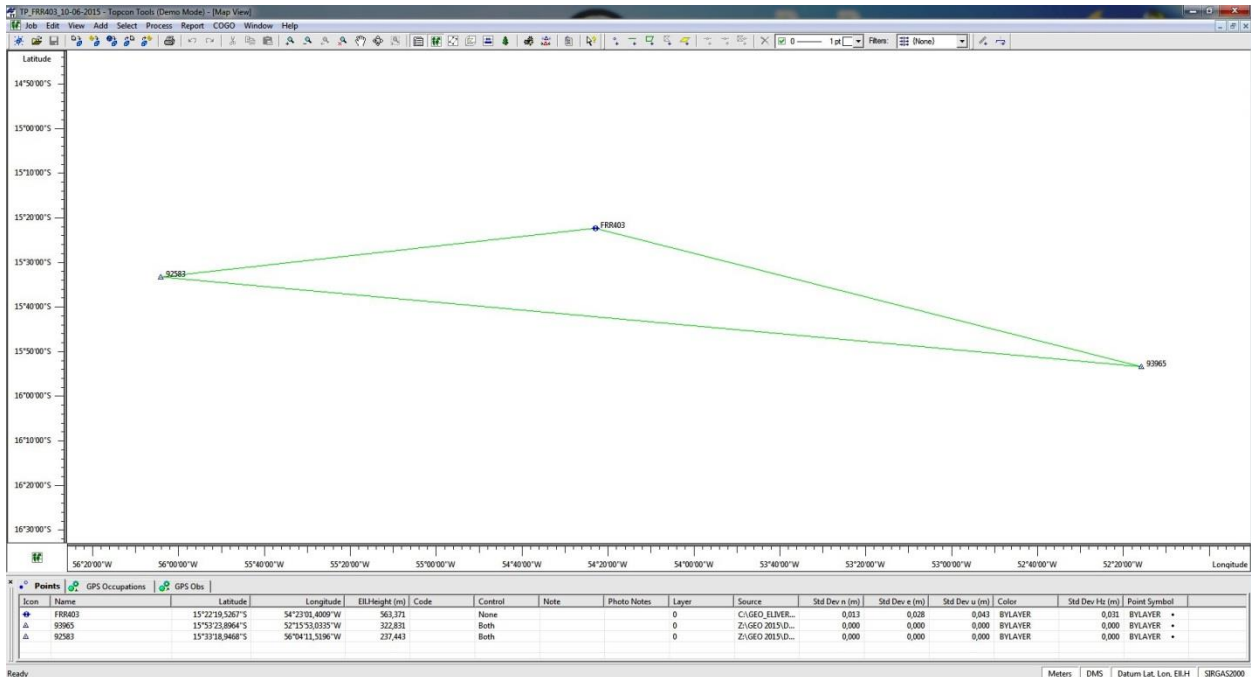


Figura 5-15: Triangulação geodésica para ajuste planimétrico

### 5.3.1.2. Implantação de Marcos SAT Intervisíveis

Após ajustamento a partir do Marco Base Principal, foram derivados diversos Marcos SAT intervisíveis para levantamento de seções topobatimétricas no eixo de barramento, ao longo do reservatório e nas áreas de empréstimo de solo.

A Figura 5-16 apresenta a derivação, a partir do Marco Base Principal, dos marcos SAT intervisíveis.

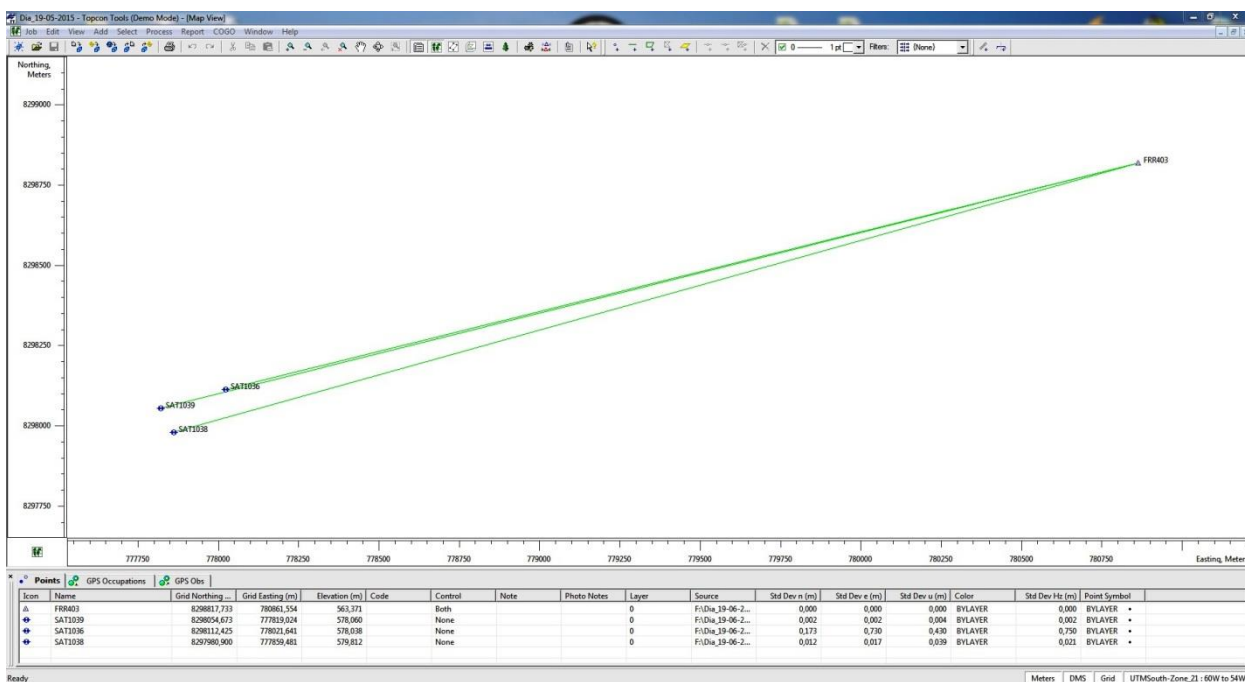


Figura 5-16: Derivação marcos SAT a partir do FRR403

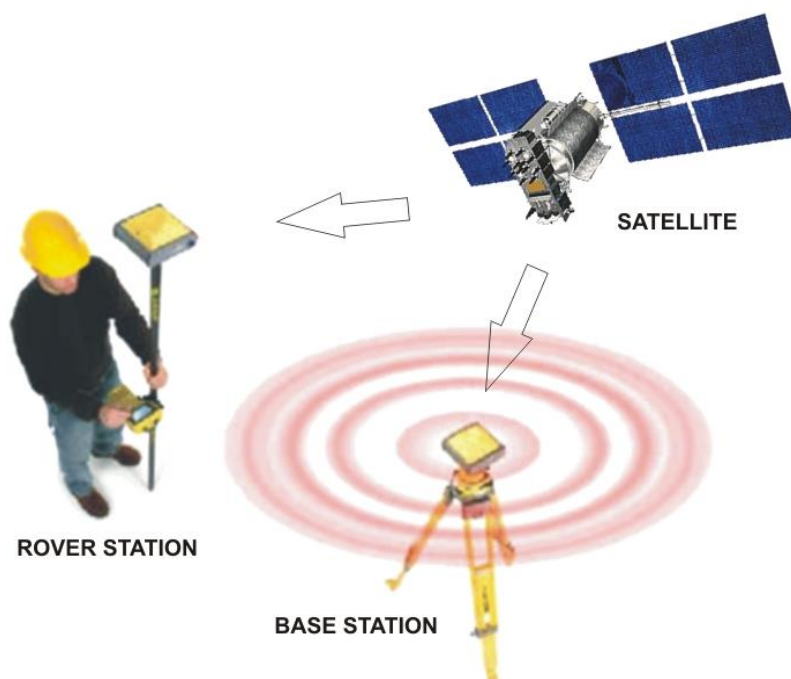
### 5.3.1.3. Metodologia

O Sistema de Posicionamento Global (GPS) inclui um conjunto de satélites de informação eletrônica que fornece, via rádio, ao receptor terrestre, a posição com referência às coordenadas.

O receptor GPS decodifica as transmissões do sinal de código e fase de múltiplos satélites e calcula a sua posição com base nas distâncias a estes. A posição é dada por latitude, longitude e altitude.

Nos levantamentos geodésicos aqui descritos foram utilizados um par de receptores GPS TOPCON HIPER capaz de captar as duas frequências (L1/L2) emitidas pelos satélites (GPS e Glonass), possibilitando assim a eliminação dos efeitos da refração ionosférica, permitindo elevada precisão.

A Figura 5-17 apresenta um desenho esquemático de ocupação por GPS.



**Figura 5-17: Esquema de ocupação por GPS**

Em cada ponto implantado e coletado em campo, o receptor GPS foi cuidadosamente centrado e nivelado. A altura, do centro de fase da antena até o marco geodésico cravado no solo, foi medida, conferida e registrada nos diários de campo.

A duração da ocupação sempre depende de vários fatores, principalmente quanto à atividade ionosférica, comprimento das linhas de base e probabilidade de ocorrência de caminhamentos múltiplos da onda nos locais das estações.

A experiência adquirida na exaustiva aplicação do método permitiu estabelecer critérios em campo para visualização e checagem desses fatores e com isso evitar imprecisões e trabalhos perdidos. Dentre eles:

- Quanto maior a distância entre as estações (Base/Rover) maior o tempo de ocupação;
- Optar por dias ensolarados e com boas condições climáticas;
- Observar a constelação de satélites no display do receptor GPS, onde o mínimo necessário para uma boa acurácia é de 06 satélites disponíveis.

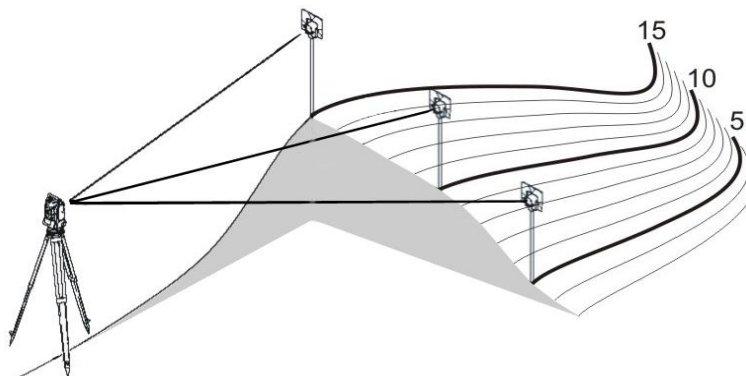
Os receptores GPS utilizados não informam o posicionamento instantaneamente, sendo necessário o pós-processamento dos dados. O software utilizado para o pós-processamento e cálculo das ocupações foi o TOPCON TOOLS, fornecido juntamente com o equipamento. Ele permite processar, analisar dados numéricos, ajustar, gerar relatórios e exportar os dados para softwares de CAD/GIS.

### **5.3.2. Levantamento Topográfico**

Foram executados levantamentos no eixo de barramento, canal de fuga, estação fluviométrica, seções no reservatório, área de empréstimo e cadastro de estação fluviométrica e de pontos de sondagem.

No levantamento foi utilizada uma Estação Total TOPCON, capaz de coletar pontos com diversos atributos, com leitura direta de 1", precisão de 5" e alcance de 2.000 m. Como premissa, os levantamentos foram executados com tomadas de pontos notáveis do terreno com equidistância média de 25 m ou de acordo com o desenvolvimento do relevo.

A Figura 5-18 apresenta uma ilustração esquemática do levantamento topográfico executado para o projeto em tela.



**Figura 5-18: Desenho esquemático do levantamento topográfico**

As seções foram levantadas por meio de poligonais topográficas classificadas como controladas, pois possuem dois pontos de coordenadas conhecidas (SAT Intervisíveis) e abertas, uma vez que cada margem foi mensurada a partir do SAT correspondente com orientação azimute no SAT da margem oposta.

A batimetria em cada seção foi determinada por meio da observação da profundidade, com tomadas de pontos equidistantes entre as margens.

Por fim, as poligonais e pontos irradiados foram transferidos da Estação Total ao computador e processados no software TOPOGRAPH e, então, exportados para softwares de CAD/GIS.

Com relação à área de empréstimo de solo, foi empregada a metodologia de Levantamento Cinemático com GPS Geodésico, utilizado na medição de vários pontos sucessivamente. É um método bastante eficaz de medir vários pontos próximos entre si.

Como o local selecionado é uma área antropizada, livre de elementos (árvores) que pudessem obstruir a trajetória do sinal do satélite, a aplicação desse método foi eficaz.

### **5.3.3. Sistema de Referência**

#### **5.3.3.1. Elipsoide**

Segundo as Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos, anexas à Resolução COCAR nº 02/83, de 21/07/1983, o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) é definido a partir do conjunto de pontos geodésicos implantados na porção terrestre delimitada pelas fronteiras do país.

Para o SGB, a imagem geométrica da Terra é definida pelo elipsoide do Sistema Geodésico de Referência (SGR-67), aceito e recomendado pela União Geodésica e Geofísica Internacional (UGGI) em Lucerna, no ano de 1967.

Portanto, utilizamos como referência o Datum planimétrico ou horizontal SIRGAS 2000 e o Datum altimétrico do SGB que coincide com a superfície equipotencial que contém o nível médio do



mar, definido pelas observações maregráficas tomadas em Imbituba, no litoral de Santa Catarina.

### 5.3.3.2. Coordenadas

Nos reconhecimentos, é empregado o Sistema de Coordenadas Geográficas baseado em valores angulares expressos em graus, minutos e segundos de latitude (paralelos) e graus, minutos e segundos de longitude (meridianos) de uso geral.

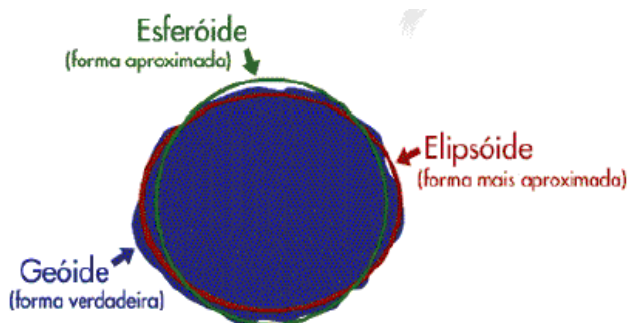
Foi utilizado o Sistema de Coordenadas na Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), com meridiano central MC-57° FUSO 21.

### 5.3.3.3. Altitude

A forma da Terra se assemelha a um elipsoide, onde o raio equatorial é maior que o raio polar, devido ao movimento de rotação em torno do seu eixo. Porém, o modelo que mais se aproxima de sua forma real, e que pode ser determinado por meio de medidas gravimétricas, é o geoidal.

A superfície do geóide é mais irregular do que a do elipsoide de revolução usado habitualmente para representar a forma do planeta, mas consideravelmente mais suave do que a própria superfície física terrestre.

A Figura 5-19 ilustra a explicação acima.

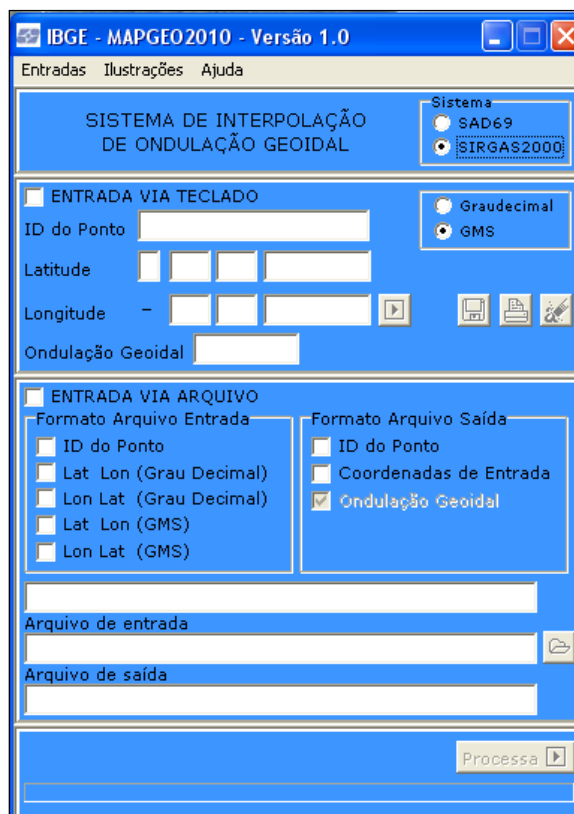


**Figura 5-19: Elipsoide x Geóide**

Como os receptores GPS indicam a altitude elipsoidal, faz-se necessário o ajuste em função da ondulação do geóide, a fim de se obter a altitude ortométrica (superfície terrestre).

Como já explicado anteriormente e ilustrado pela Figura 5-8, apresentada no item 5.2.10.3 deste relatório de Projeto Básico, a altitude ortométrica ( $H$ ) é obtida pela diferença entre a altitude elipsoidal ( $h$ ) e a ondulação Geoidal ( $N$ ). O valor de  $N$  é obtido a partir do software MAPGEO 2010 desenvolvido pelo IBGE e a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP) que contém o Modelo de Ondulação Geoidal Brasileiro referenciado ao SIRGAS 2000.

A Figura 5-20 apresenta a tela de entrada de dados do programa de compensação geoidal MAPGEO 2010.



**Figura 5-20: Sistema de interpolação de ondulação geoidal (MAPGEO 2010)**

Desta maneira, todos os mapas, plantas e desenhos que compõem o presente relatório são apresentados em altitude ortométrica. Os relatórios específicos de processamento geodésico trazem em seu conteúdo os valores correspondentes a cada variante.

#### **5.3.3.4. Escala**

A escala é a relação matemática entre o comprimento ou distância medida sobre um mapa e a sua medida real na superfície terrestre, podendo ser representada numericamente e graficamente.

A documentação cartográfica produto dos estudos e levantamentos de campo que ilustram o presente relatório derivam das escalas originais: até 1/25.000 denominadas como plantas ou cartas cadastrais; entre 1/25.000 e 1/250.000 denominados como cartas topográficas (DSG, IBGE, etc.); acima de 1/250.000 folhas geográficas.

#### 5.3.4. Equipamentos e Softwares



**HIPER L1/L2** – GPS Geodésico totalmente integrado (receptor, antena, bateria e carregador), dupla portadora L1/L2, 40 canais, marca TOPCON, modelo HIPER com precisão pós-processada através da correção diferencial, precisão menor que 2 mm + 1 ppm.



**ESTAÇÃO TOTAL** – Estação total eletrônica TOPCON, modelo GTS-105N padrão e modelo GPT 3205 NW de medição sem prisma. Leitura direta de 1" e precisão de 5", alcance de 2.000 m, precisão linear de 2 mm + 2 ppm, coletor de dados interno com memória para 12.000 pontos com todos atributos ou 24.000 pontos de coordenadas (N, E).



**GARMIN ETREX** – GPS de mão destinado à navegação; possui em sua memória um basemap; permite uma precisão de posição de menos de 3 m e o download das trilhas e acessos percorridos.



**TRACK MAKER** – software que permite a integração entre o GPS de navegação e o computador. Quando combinados no campo, possibilitam a navegação em tempo real da área que está sendo percorrida.



**TOPCON TOOLS** – software que permite a transferência dos dados dos receptores GPS, o pós-processamento, à análise numérica, o ajustamento de redes, a geração de relatórios e a exportação dos dados para vários softwares de GIS e CAD.



**TOPOGRAPH** – software utilizado no processamento de dados topográficos a partir de Estações Totais, Níveis Ópticos, etc. Destinado às diversas áreas da engenharia e construção, possibilita cálculo de volumes, cálculo de curva de nível, cálculo de perfil, desenhos, etc.



**AutoCAD MAP** – software utilizado para elaboração dos mapas, plantas e desenhos. Sua plataforma permite a interface direta com o TOPOGRAPH e demais softwares acima descritos.



**NOTEBOOK** – Computador portátil destinado ao uso campo/escritório uma vez que pode ser facilmente transportado. Sua tecnologia e portas de comunicação Serial/USB possibilitam a conexão com vasta linha de equipamentos de Topografia.



**COMPUTADOR** – Estação Gráfica destinada ao uso em escritório onde são processadas as informações de campo e elaborados os desenhos e plantas.



**EQUIPAMENTOS DIVERSOS** – Veículo 4x4, barco 4 m borda alta com motor popa 15 hp, motosserra, foices, facção, bastão topografia, trena, etc.

### 5.3.5. Produtos e Resultados

Os serviços de campo foram desenvolvidos de acordo com a especificação técnica emitida pela projetista e tiveram início no mês de abril de 2015.

Os resultados obtidos estão compatíveis com as tolerâncias do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), diretrizes ANEEL e Normas Técnicas da ABNT.

Por fim, os produtos deste trabalho, consubstanciados em plantas topográficas e relatórios técnicos, representam a configuração espacial ao longo do sítio de implantação da futura PCH Vila União.

A Tabela 5-2 apresenta a relação de produtos entregues. Todos esses serviços executados estão apresentados detalhadamente no Volume 3 – Tomo I deste relatório de Estudos de Projeto Básico.

**Tabela 5-2: Lista de produtos entregues (serviços executados)**

Item	Descrição	Quantidade	Unidade
01	Transporte Geodésico Planialtimétrico de Marco Base	01	Unidade
02	Implantação de Marcos SAT de Referência Topográfica	06	Unidades
04	Secções Topográficas Planialtimétricas	03	Unidades
05	Secções Topobatimétricas	03	Unidades
06	Cadastro Planialtimétrico Pontos de Sondagem	07	Unidades
07	Cadastro Planialtimétrico Área de Empréstimo de Solo	12	Hectares
08	Cadastro Planialtimétrico Estação Fluviométrica	01	Unidade

### 5.3.6. Equipe Técnica

Para a execução dos serviços aqui descritos foi demandada a seguinte equipe técnica, de campo e escritório:

- 1 Coordenador Geral;
- 1 Engenheiro Agrimensor (Gerente e Responsável Técnico);
- 1 Topógrafo (Levantamentos de Campo);
- 1 Técnico Operacional (Logística e Desenhos Técnicos).

## 6. ESTUDOS HIDROMETEOROLÓGICOS

Este capítulo consolida os estudos hidrometeorológicos realizados para o Projeto Básico da PCH Vila União, localizada no rio das Mortes, afluente pela margem esquerda do rio Araguaia, sub-bacia 26, 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 fluviométricos na região de interesse, geração da série de vazões médias mensais, permanência de vazões, vazões extremas, vazões mínimas, curva-chave do canal de fuga, curvas cota-área-volume, determinação da evaporação líquida no reservatório, tempo de residência, enchimento do reservatório, assoreamento do reservatório e estimativa de vida útil.

### 6.1. Caracterização Fisiográfica da Bacia

As principais características físicas da bacia hidrográfica do rio das Mortes, no local da PCH Vila União, são analisadas neste item, 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 das Mortes nasce na porção Centro-Sul do Estado do Mato Grosso, situando-se, aproximadamente, entre os paralelos 11°30' e 15°30' Sul, e entre os meridianos 51°00' e 55°30' Oeste, nascendo no município de Campo Verde. Até o local da PCH Vila União (a montante da foz do Ribeirão Ximbica), o rio das Mortes corta os municípios de Campo Verde, Dom Aquino, Poxoréu e Primavera do Leste, conforme apresentado na Figura 6-1.

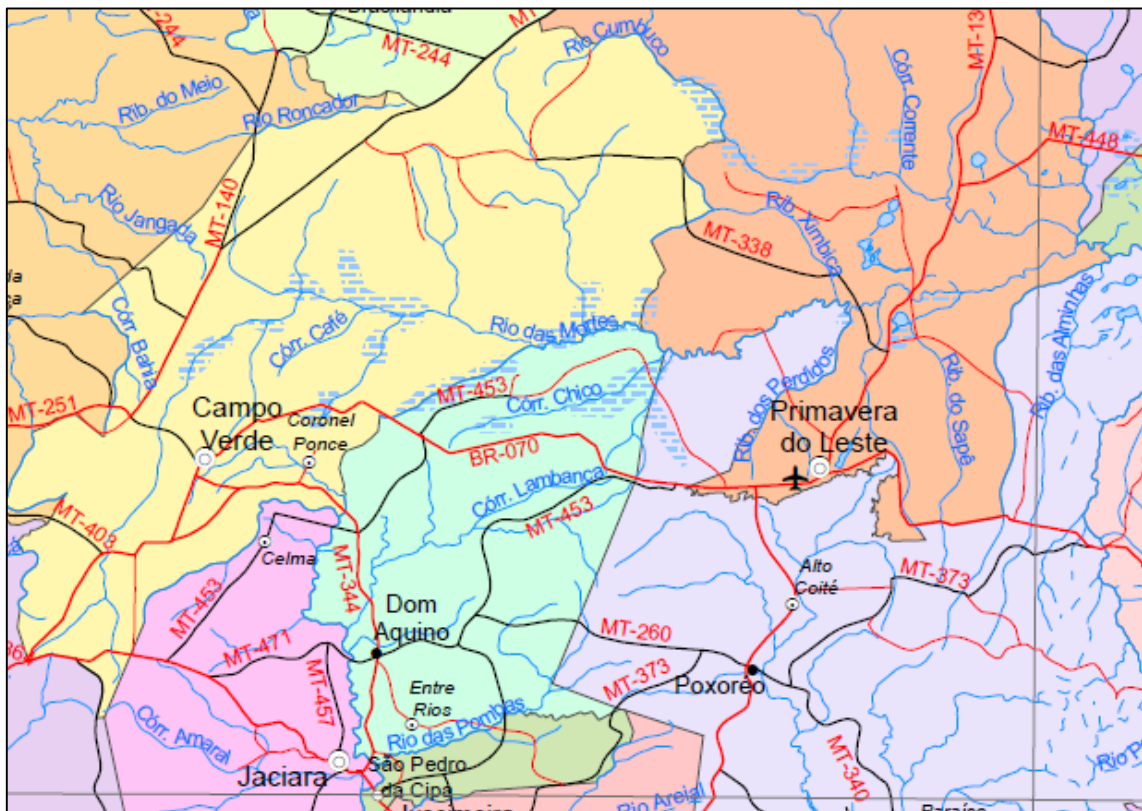


Figura 6-1: Rio das Mortes – Localização (Fonte: Mapa Político do Estado do Mato Grosso – IBGE – 2014)



Até o local da PCH Vila União, a bacia do rio das Mortes limita-se ao Norte com a bacia do rio Manso, ao Sul com a bacia do rio São Lourenço, a Leste com a bacia do rio das Garças e a Oeste com as nascentes do rio Cuiabá. O rio das Mortes pertence à bacia hidrográfica do rio Tocantins-Araguaia, Bacia 2, de acordo com a classificação usual utilizada no Setor Elétrico.

O rio das Mortes nasce na cota 800 m, e no local da PCH Vila União, o rio possui cota 578 m. Até este local, a bacia apresenta dois eixos principais, sendo que nos primeiros 60 km iniciais segue na direção Sudoeste-Nordeste, inflectindo para a direção Oeste-Leste, na qual percorre mais 113 km até o local da PCH.

Em termos de drenagem, a bacia em tela apresenta assimetria à esquerda. Pela Margem esquerda, observam-se os seguintes afluentes: rio Manso, córrego Capão Comprido, rio dos Bois, córrego Pulador, Cabeceira Carambola, Cabeceira da Varjaria, córrego Cupim Branco, Cabeceira do Cupim Branco, Cabeceira Formosa, córrego Mambeca, Cabeceira Taturana, Cabeceira Granalta, córrego Jacuba, córrego Passa Três, córrego Segredo, córrego Galheiro, córrego Capão Grande, córrego Barro Preto, córrego Mosquito, córrego Porrete, córrego Retiro, córrego Marica, córrego Lagoa Comprida, Cabeceira Ladinha, córrego Quebra Litro, córrego Garioba, córrego Veado e córrego Balisa. Pela margem direita, observa-se os seguintes afluentes: córrego Quatro, Cabeceira do Capão da Onça, córrego Capão do Coração, Cabeceira do Capão dos Porcos, Cabeceira Grande, Cabeceira do Buriti Comprido, córrego Chita, córrego Lajes, córrego Café, córrego Agostim, córrego Cupim, córrego Chico Nunes, córrego Rico, Cabeceira do Encontro, córrego Lambacinha, Cabeceira do Cotia, córrego Esparramo, córrego Bandeira e Cabeceira do Escoradouro.

O rio das Mortes percorre uma extensão de 173 km das nascentes até o local da PCH Vila União.

A **Ilustração 1** mostra a região do rio das Mortes onde se localiza a PCH Vila União.

### 6.1.2. Área de Drenagem e Perímetro

As áreas de drenagem foram aferidas, com base em dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), com resolução espacial de 90m e o sistema ArcGis 10.1, com auxílio das ferramentas hidrológicas da extensão Spatial Analyst. A ANA tem adotado procedimentos semelhantes para o cálculo das áreas de drenagem da sua rede hidrométrica. Maiores detalhes sobre o procedimento empregado podem ser encontrados nas notas técnicas emitidas pelo órgão.

As cartas SRTM foram adquiridas pelo banco de dados da Embrapa, que disponibiliza os modelos digitais do terreno em arquivos divididos de acordo com a articulação oficial de cartas na escala 1:250.000. A partir das imagens brutas originalmente disponibilizadas pela NASA, a Embrapa fez a consistência dos modelos de terreno por meio de modelos matemáticos que permitiram reconstituir o relevo do país, como as cartas topográficas, mas de forma digital e homogênea.

A bacia hidrográfica do rio das Mortes, no local da PCH Vila União, apresenta área de drenagem de 3.945 km<sup>2</sup> e perímetro de 411 km. A Tabela 6-1 apresenta os dados obtidos.

**Tabela 6-1: Dados Obtidos – PCH Vila União**

Local	Coordenadas Geográficas		Distância da Foz (km)	Perímetro (km)	Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )
	Latitude	Longitude			
PCH Vila União	15° 22' 41,1" S	54° 24' 38,3" W	173	411	3.945 km <sup>2</sup>

### 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 Coeficiente 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 do rio das Mortes, no local da PCH Vila União,  $K_c = 1,83$ , o que reflete a predominância de sua forma medianamente 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 das Mortes, no local da PCH Vila União,  $K_f = 0,13$ , que demonstra sua baixa 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.

A Declividade Total ( $I_{Total}$  m/km) de um rio é calculada por:

$$I_{Total} = \frac{H_{máx} - H_{mín}}{L}$$

onde  $H_{máx}$  e  $H_{mín}$  são as cotas na nascente e na foz, (m), e L é o comprimento do rio no trecho (km). Para o rio das Mortes, no local da PCH Vila União, a declividade total é igual a 1,3 m/km.

A Declividade Média ( $\bar{I}$ ), em m/km, é dada pela seguinte expressão:

$$\bar{I} = \frac{H_{máx} - H_{mín}}{\sqrt{A}}$$

Onde  $\bar{I}$  é a declividade média (m/km) da bacia,  $H_{máx}$  e  $H_{mín}$  são as cotas máxima e mínima da bacia (m), respectivamente, e A é a área da bacia hidrográfica (km<sup>2</sup>). No caso do rio das Mortes, no local da PCH Vila União, a declividade média é igual a 3,5 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:

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

- Bacias com drenagem pobre →  $D_d < 0,5 \text{ km/km}^2$
- Bacias com drenagem regular →  $0,5 \leq D_d < 1,5 \text{ km/km}^2$
- Bacias com drenagem boa →  $1,5 \leq D_d < 2,5 \text{ km/km}^2$
- Bacias com drenagem muito boa →  $2,5 \leq D_d < 3,5 \text{ km/km}^2$
- Bacias excepcionalmente bem drenadas →  $D_d \geq 3,5 \text{ km/km}^2$

A bacia hidrográfica do rio das Mortes, no local da PCH Vila União, possui uma densidade de drenagem pobre, uma vez que  $D_d = 0,35 \text{ km/km}^2$ .

#### 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),

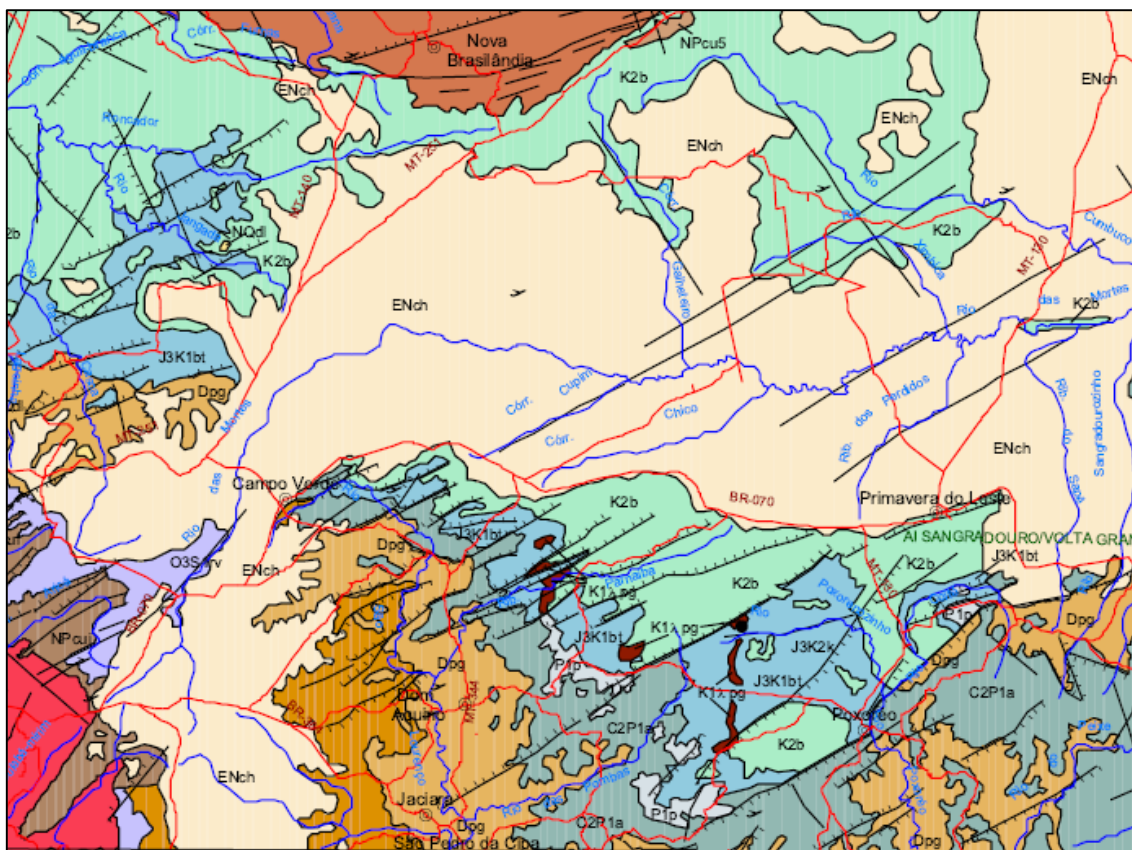
L: comprimento total da bacia, medido ao longo do talvegue principal até o divisor de águas (km),

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

Para a bacia do rio das Mortes, no local da PCH Vila União, o tempo de concentração pela fórmula de Kirpich é igual a 2.738 minutos (45,6 horas).

#### 6.1.8. Geologia

A bacia hidrográfica do rio das Mortes, litologicamente, é constituída por unidades geológicas sedimentares, representadas pelo Grupo Bauru Indiviso (K2b), que abrange pequena parcela dos afluentes da margem esquerda, e pela Formação Cachoeirinha (ENch), com presença predominante ao longo de toda sua extensão até o local da PCH (a montante da foz do Ribeirão Ximbica), conforme ilustrado na Figura 6-2.



**Figura 6-2: Geologia na Bacia do Rio das Mortes – PCH Vila União (Fonte: Mapa Geológico do Estado do Mato Grosso – CPRM – 2004)**

A bacia estudada está assente em domínios com depósitos mesozoicos, constituído pelos sedimentos arenosos do Grupo Bauru Indiviso (na base), e pelos depósitos cenozóicos da Formação Cachoeirinha (no topo).

O Grupo Bauru Indiviso (K2b) ocorre em toda região formadora das cabeceiras dos afluentes da margem esquerda do rio das Mortes, sendo constituída por arenito muito fino a fino com intercalações de siltito, argilito, arenito conglomerado, marrom a bege, róseo ou cinza esverdeado, calcirudito, calcarenito e calcilutito.

A Formação Cachoeirinha (ENCh), maior predominância na bacia, é constituída por sedimento inconsolidado, areno-argiloso, vermelho, parcialmente laterizados. Apresenta, ainda, arenito argiloso amarelado, com lentes de conglomerado.

### 6.1.9. Interpretação do Escoamento Fluvial

As características fisiográficas e hidrogeológicas, permitem concluir que a bacia hidrográfica do rio das Mortes apresenta elevada capacidade de infiltração, com predominância do escoamento basal e sazonalidade moderada entre cheias e estiagem. Disso resulta elevada capacidade de regularização natural.

## 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 análise dos parâmetros climáticos locais foi realizada a partir dos dados da estação meteorológica Cuiabá (código 83361), operada pelo INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, localizada nas coordenadas 15°33'S e 56°07'W, nas proximidades da bacia do rio das Mortes, a uma altitude de 151,3 metros.

### **6.2.1. Aspectos Gerais da Climatologia**

A disposição latitudinal e a localização geográfica da bacia do rio das Mortes 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.

A região tem comportamento climático classificado como tropical, devido à sua localização continental, sendo caracterizado por verão com chuvas e temperaturas elevadas e inverno com baixas temperaturas e pouca precipitação. Esse relativo afastamento em relação à borda ocidental do Oceano Atlântico, reduz, em certa escala, as influências marítimas na região. O clima é classificado como tropical com estação seca (Aw, segundo Köppen), próximo do clima subtropical úmido (ou tropical de altitude – Cwa).

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 17°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 1.500 mm a 2.000 mm.

Nestas condições, a bacia do Rio das Mortes 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 climatológica Cuiabá (código INMET 83361).

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 Cuiabá (83361)**

Mês	Temperatura (°C)					Evap. (mm)	Precip. (mm)	Umidade Relativa (%)	Insolação (horas)	Nebulosidade (0-10)	Pressão Atmosférica (hPa)
	Média	Máxima		Mínima							
		Média	Absoluta	Média	Absoluta						
Jan	26,7	32,6	38,2	23,2	19,2	88,6	214,7	80,7	171,1	0,6	990,7
Fev	26,5	32,6	37,4	23,1	19,2	80,4	208,6	81,6	157,5	0,6	991,3
Mar	26,5	32,9	37,3	23,1	15,4	83,4	169,5	81,0	193,2	0,6	991,2
Abr	26,0	32,7	38,1	22,6	10,8	90,6	125,2	79,5	212,3	0,5	992,8
Mai	24,4	31,6	36,4	20,5	7,0	99,9	51,1	74,2	233,0	0,4	994,4
Jun	23,0	30,7	36,2	18,1	6,8	113,5	13,7	73,7	235,5	0,4	996,1
Jul	22,8	31,8	37,3	17,0	3,3	144,4	12,3	65,4	247,1	0,3	996,4
Ago	25,0	34,1	39,2	19,0	6,0	185,6	13,7	57,3	230,1	0,3	993,9
Set	26,6	34,1	41,1	21,4	10,2	176,0	55,5	61,8	190,6	0,3	993,1
Out	27,4	34,0	40,8	22,8	13,3	151,3	116,9	69,6	216,5	0,5	991,5
Nov	27,2	33,5	40,0	23,2	15,8	122,9	160,1	74,2	196,3	0,5	990,3
Dez	26,9	32,5	39,0	23,2	18,4	110,0	201,0	78,5	182,1	0,6	990,5
Ano	25,8	32,8	41,1	21,4	3,3	1446,6	1342,3	73,1	2465,3	0,5	992,7

Apesar das características brandas advindas de sua altitude média, a região apresenta temperaturas médias acima de 22 °C no mês mais frio, e de 26 °C no mês mais quente. O inverno é bastante seco e o verão quente e chuvoso. 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.

Abril e maio constituem a transição na bacia para a época seca e fria. Ele ainda é 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.

As médias anuais de temperatura ocorrem, por causa do deslocamento do sol e do calor latente de vaporização, dentro de limites pouco significativos. A média anual da temperatura verificada na região fica em 25,8°C, com uma média anual máxima de 32,8°C e uma média anual mínima de 21,4°C. A máxima absoluta anual chega a 41,1°C e a mínima absoluta anual fica em 3,3°C.

O total pluviométrico anual na estação Cuiabá fica em torno de 1.340 mm. Os maiores valores médios mensais compreendem o período que vai de novembro a março, superiores a 150 mm ao mês, superando 70 % da precipitação anual. Já os meses mais secos, junho a agosto, apresentam valores inferiores a 15 mm, contribuindo com apenas 3% da precipitação anual. Em média, chove na região, aproximadamente, 100 dias por ano, o que corresponde a 27% dos dias do ano.

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

O índice evaporimétrico na região acompanha as variações da insolação. Ele é muito mais elevado no período de junho até setembro e bem mais baixo na época chuvosa. A evaporação



medida em Tanque Classe A tem um total anual de 1.446 mm. Ela, juntamente com a insolação e a nebulosidade, segue o curso inverso da precipitação e da umidade relativa do ar.

A distribuição da umidade do ar na região acompanha a faixa do calor latente máximo de vaporização. Ela é 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 outubro de cada ano, quando a umidade equatorial começa a chegar, dando início às chuvas sazonais. A variação média anual da umidade relativa comprova isto: apresenta um valor médio superior a 70% de novembro até junho, e valores inferiores a 70% no período de julho a outubro. Isto significa que a incidência maior de umidade ocorre associada à massa equatorial continental tendo, por isso, origem basicamente equatorial.

A nebulosidade vai aumentando a partir de outubro, pouco a pouco, até formar uma cobertura máxima entre dezembro e março. Essa cobertura reduz proporcionalmente à radiação solar, que atinge o seu mínimo entre novembro e fevereiro. A insolação média na época chuvosa, entre novembro a março, corresponde a cerca de 37% do total da insolação anual, com menos de 200 horas de insolação por mês. No período abril a setembro, em média, ocorrem mais de 200 horas de insolação por mês, correspondendo à 63% do total da insolação anual. O número médio anual de horas de insolação é 2.465 horas.

A distribuição das pressões na bacia mostra também uma grande homogeneidade nas massas de ar predominantes. A média anual da pressão atmosférica oscila entre 992 hPa, com a ocorrência de valores máximos na época seca e fria.

### 6.3. Dados Básicos

Neste item são apresentados os dados básicos utilizados neste estudo, incluindo a análise e consistência dos mesmos.

#### 6.3.1. Dados Fluviométricos

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

O rio das Mortes apresenta 3 postos fluviométricos instalados em sua calha principal, inclusive bem próximo ao local do eixo da PCH Vila União (A.D. = 3.945 km<sup>2</sup>), com o posto Rio das Mortes (26040000, A.D. = 5.180 km<sup>2</sup>), com dados disponíveis a partir do ano de 1976, sendo suficientes para caracterizar o regime hidrológico da bacia.

A localização de todos os postos fluviométricos utilizados estão dispostas na **Ilustração 4**.

A Tabela 6-3 apresenta os postos existentes no rio das Mortes.

**Tabela 6-3: Postos Fluviométricos – Região da Bacia do Rio das Mortes**

Código	Nome	Rio	Município	Operadora	A.D.	Localização		Período
					(km <sup>2</sup> )	Lat.	Long.	
26040000	Rio das Mortes	Rio das Mortes	Primavera do Leste	ANA	5.180	15°18'53"	54°10'33"	06/76 a 03/10
26050000	Toriqueje	Rio das Mortes	Barra do Garças	CPRM	17.372	15°14'57"	53°03'21"	01/68 a 07/15
26100000	Xavantina	Rio das Mortes	Nova Xavantina	CPRM	25.145	14°40'21"	52°21'18"	01/69 a 06/15
66173000	Ponte do Rio Casca Man-F2	Rio da Casca	Chapada dos Guimarães	ANA	2.837	15°01'21"	55°33'00"	09/82 a 12/99

Vale informar que o posto Ponte do Rio Casca (66173000), foi utilizado apenas para preenchimento do posto base, ante falha sistemática em todos postos do rio das Mortes em alguns meses no ano de 1989.

#### **6.3.1.1. Análise e Consistência de Cotas e Curvas-Chaves**

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

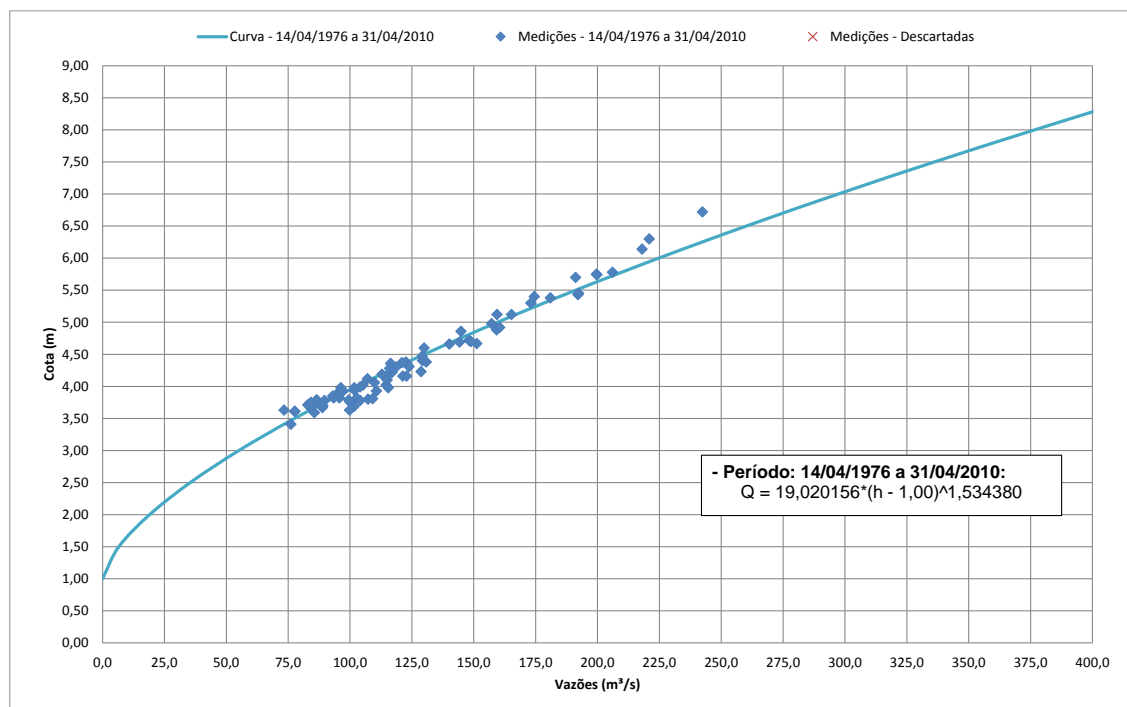
**Cotas Médias Diárias:** As séries de cotas médias diárias dos postos fluviométricos passaram por uma análise visual, com a finalidade de determinar leituras absurdas, variações bruscas dos seus valores e erros de “metro inteiro”. Foram efetuadas correções dos valores incoerentes e as falhas em curtos 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. 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). A seguir são apresentadas as curvas-chaves obtidas, bem como as respectivas séries resultantes.

**a) Rio das Mortes (26040000)**



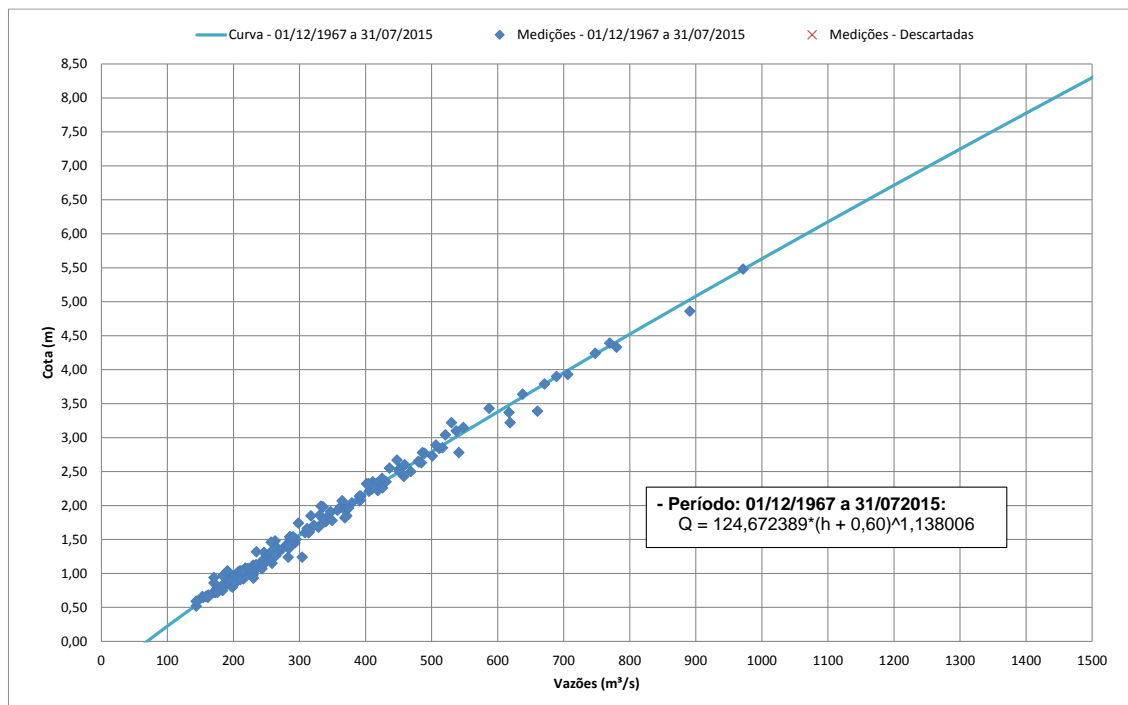
**Figura 6-3: Curva-Chave – Rio das Mortes (26040000)**

**Tabela 6-4: Série de Vazões Observadas – Rio das Mortes (26040000)**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1976						103,0	85,6	77,1	79,4	86,8	103,0	122,0	
1977	140,0	155,0	147,0	135,0	121,0	109,0	93,6	82,6	84,2	93,1	104,0	136,0	117,0
1978	204,0	156,0	195,0	142,0	132,0	118,0	97,8	89,1	90,2	93,8	107,0	137,0	130,0
1979	229,0	200,0	231,0	188,0	146,0	116,0	103,0	92,8	103,0	96,1	101,0	123,0	144,0
1980		202,0	227,0	165,0	121,0	114,0	101,0	91,6	94,9	92,3	101,0	127,0	
1981	159,0	171,0	259,0	202,0	130,0	118,0	104,0	93,6	86,2	93,6	124,0	126,0	139,0
1982	166,0	171,0	202,0	182,0	132,0	114,0	101,0	94,5	98,4	103,0	114,0		
1983	139,0	145,0	136,0	140,0	107,0	108,0	89,8	83,9	81,9	95,4	121,0	151,0	117,0
1984	151,0	147,0	169,0	163,0	136,0	107,0	93,6	88,5	90,2	94,6	107,0	153,0	125,0
1985	189,0	168,0	172,0	155,0	127,0	103,0	95,8	88,5	86,0	87,9	95,7	93,0	122,0
1986	114,0	127,0	113,0	118,0	109,0	91,4	83,1	84,9	90,3	90,0	93,8	111,0	102,0
1987	137,0	146,0	149,0	168,0	140,0	105,0	94,3	86,1	84,5	88,8	106,0	194,0	125,0
1988	171,0	180,0	208,0	183,0	147,0	122,0	105,0	94,6	84,7	91,7	98,7	125,0	134,0
1989	183,0	211,0	211,0								130,0	145,0	
1990	139,0	153,0	149,0				97,8	83,6	89,0	118,0	129,0	127,0	
1991	144,0										105,0	124,0	
1992	154,0									118,0	132,0	143,0	
1993	142,0	158,0	169,0	157,0		113,0	95,3	79,3	95,2	94,0	98,6	124,0	

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1994	167,0	159,0	206,0	170,0	130,0	110,0	98,6	91,6	90,9	95,3	112,0	125,0	130,0
1995	202,0	187,0	205,0	183,0	164,0	113,0	103,0	94,1	89,7	98,9	102,0	112,0	138,0
1996	146,0	143,0	163,0	166,0	129,0	112,0	96,2	90,0	91,1	91,2	113,0	111,0	121,0
1997	157,0	207,0	229,0	173,0	137,0	126,0	107,0	95,6	91,5	93,2	108,0	132,0	138,0
1998	123,0	152,0	167,0	148,0	115,0	102,0	90,9	86,8	85,0	90,8	108,0	175,0	120,0
1999	176,0	135,0	209,0	150,0	120,0	102,0	93,6	85,7	84,6	87,7	96,4	108,0	121,0
2000	107,0	134,0	157,0	86,5	100,0	93,7	88,3	82,4	86,7	85,9	102,0	121,0	104,0
2001	110,0	101,0	119,0	109,0	94,3	90,3	78,8	74,3	79,0	85,1	94,4	162,0	99,8
2002	171,0	148,0	171,0	132,0	111,0	93,6	85,8	81,3	79,4	81,3	96,0	105,0	113,0
2003	130,0	158,0	172,0	209,0	127,0	105,0	92,2	85,3	82,9	89,3	93,8	110,0	121,0
2004	154,0	235,0				99,1	96,4	92,5	83,8	80,7	97,8	103,0	
2005	115,0	112,0	127,0	114,0	94,4	83,9	76,7	72,7					
2006										96,5	103,0	115,0	
2007	117,0	128,0	127,0	109,0	93,8	83,8	79,3	76,7	71,2	77,6	95,4	105,0	97,0
2008	117,0	162,0	150,0	148,0	116,0	96,8	84,9	77,7	73,7	76,4	95,6	99,9	108,0
2009	108,0	125,0	163,0	157,0	105,0	94,1	84,8	78,4	80,1	82,7	96,0	115,0	107,0
2010	137,0	131,0	139,0										
Média	149,9	158,3	174,7	153,8	122,5	105,1	93,2	85,9	86,5	91,9	105,6	126,9	120,6

**b) Toriqueje (26050000)**



**Figura 6-4: Curva-Chave – Toriqueje (26050000)**

**Tabela 6-5: Série de Vazões Observadas – Toriqueje (2605000)**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1968	288,0	596,0	502,0	339,0	253,0	185,0	185,0	167,0	155,0	175,0	207,0	288,0	278,0
1969	324,0	352,0	315,0	254,0	211,0	176,0	161,0	151,0	146,0	162,0	214,0	273,0	228,0
1970	335,0	507,0		378,0	260,0							203,0	
1971	235,0	269,0	369,0	305,0	227,0	186,0	156,0	146,0	140,0	168,0	236,0	263,0	225,0
1972	302,0	487,0	347,0	303,0	204,0	180,0	169,0	157,0	153,0	180,0	271,0	402,0	263,0
1973	371,0	429,0	405,0	359,0	269,0	212,0	183,0	167,0	161,0	200,0	290,0	345,0	283,0
1974	509,0	390,0	640,0	477,0	366,0	273,0	223,0	196,0	184,0	211,0	231,0	295,0	333,0
1975	346,0	372,0	394,0	444,0	299,0	220,0	198,0	175,0	164,0	183,0	276,0	401,0	289,0
1976	331,0	480,0	485,0	358,0	315,0	262,0	209,0	176,0	185,0	219,0	334,0	513,0	322,0
1977	499,0	606,0	449,0	416,0	380,0	290,0	238,0	197,0	203,0	251,0	346,0	488,0	364,0
1978	714,0	512,0	731,0	459,0	421,0	346,0	274,0	244,0	247,0	273,0	337,0	508,0	422,0
1979	975,0	944,0	799,0	592,0	437,0	349,0	299,0	261,0	304,0	275,0	346,0	423,0	500,0
1980	639,0			530,0	479,0	334,0	296,0	254,0	266,0	253,0	318,0	492,0	
1981	737,0	516,0	717,0		499,0	322,0	290,0	248,0	227,0	276,0	469,0	507,0	
1982	742,0	658,0	709,0	630,0	416,0	349,0	291,0	273,0	288,0	307,0	465,0	646,0	481,0
1983	602,0	564,0	476,0	451,0	346,0	305,0	244,0	226,0	217,0	266,0	355,0	546,0	383,0
1984	489,0	463,0	477,0	440,0	354,0	286,0	229,0	224,0	227,0	273,0	326,0	505,0	358,0
1985	680,0	455,0	548,0	488,0	352,0	277,0	247,0	215,0	208,0	222,0	257,0	269,0	352,0
1986	438,0	476,0	392,0	344,0	288,0	228,0	193,0	223,0	226,0	232,0	235,0	406,0	307,0
1987	477,0	449,0	495,0	444,0	358,0	264,0	227,0	206,0	199,0	207,0	300,0	616,0	353,0
1988	569,0	601,0	779,0	555,0	392,0	321,0	269,0	236,0	215,0	234,0	274,0	396,0	403,0
1989	618,0	685,0	679,0										
1990	570,0	566,0	522,0	443,0	371,0	290,0	264,0	228,0	248,0	318,0	319,0	383,0	377,0
1991	510,0	661,0	805,0	614,0	401,0	321,0	277,0	244,0	237,0				
1992									314,0	314,0	396,0	526,0	
1993	655,0						262,0	247,0	246,0	271,0	264,0	438,0	
1994	654,0	498,0	686,0	504,0	372,0	314,0	279,0	242,0	219,0	239,0	353,0	489,0	404,0
1995	754,0	849,0	577,0	629,0	522,0	357,0	307,0	259,0	238,0	281,0		354,0	
1996	449,0	455,0	441,0	429,0	338,0	304,0	252,0	232,0	239,0	232,0	394,0	387,0	346,0
1997	623,0	663,0	697,0	560,0	412,0	441,0	318,0	261,0	245,0	270,0	336,0	581,0	451,0
1998	524,0	639,0	572,0	521,0	354,0	294,0	252,0	229,0	219,0	259,0	380,0	628,0	406,0
1999	624,0	465,0	644,0	415,0	330,0	272,0	243,0	211,0	209,0	219,0	321,0	361,0	360,0
2000	486,0	650,0	668,0	456,0	352,0	270,0	244,0	212,0	252,0	231,0	316,0	426,0	380,0
2001	383,0	325,0	454,0	354,0	279,0	251,0	207,0	188,0	192,0	231,0	305,0	636,0	317,0
2002	835,0	658,0	549,0	406,0	334,0	265,0				226,0	249,0	321,0	
2003	474,0	617,0	635,0	686,0	388,0	304,0	264,0				266,0	351,0	
2004	583,0	922,0	650,0	476,0	379,0	301,0	272,0	230,0	215,0	235,0	326,0	379,0	414,0
2005	495,0	463,0	536,0	413,0	295,0	243,0	215,0	191,0	195,0	219,0	279,0	432,0	331,0
2006	443,0	377,0	564,0	576,0	325,0	260,0	233,0	204,0	213,0	313,0	318,0	437,0	355,0
2007	523,0	682,0	511,0	373,0	297,0	242,0	219,0	198,0	184,0	198,0	267,0	344,0	336,0

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
2008	422,0	595,0	561,0	488,0	349,0	276,0	230,0	201,0	187,0	210,0	291,0	303,0	343,0
2009	324,0	446,0	557,0	528,0	310,0	262,0	222,0	197,0	212,0	223,0	325,0	584,0	349,0
2010	535,0	493,0	478,0	523,0	293,0	263,0	219,0	200,0	191,0	186,0	263,0	349,0	333,0
2011	526,0	443,0	608,0	537,0	378,0	257,0	222,0	195,0	180,0	212,0	242,0	285,0	340,0
2012	490,0	413,0	399,0	326,0	275,0	241,0	200,0	174,0	167,0	190,0	282,0	318,0	290,0
2013	512,0	673,0	535,0	511,0	300,0	290,0	223,0	191,0	180,0	219,0	284,0	467,0	365,0
2014	449,0	511,0	595,0	519,0	337,0	275,0	232,0	205,0	194,0	198,0	274,0	570,0	363,0
2015	394,0	457,0	627,0	550,0	404,0	287,0	251,0						
Média	520,4	540,7	558,6	463,7	344,9	278,3	238,4	211,5	211,4	234,0	305,5	425,2	351,5

### c) Xavantina (2610000)

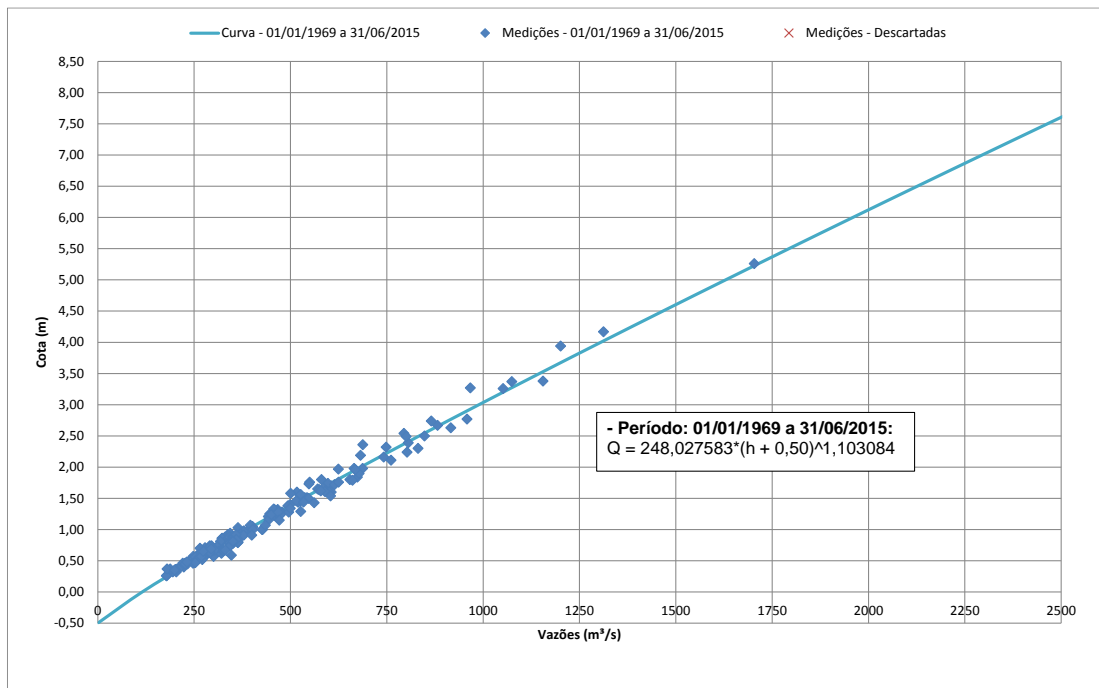


Figura 6-5: Curva-Chave – Xavantina (2610000)

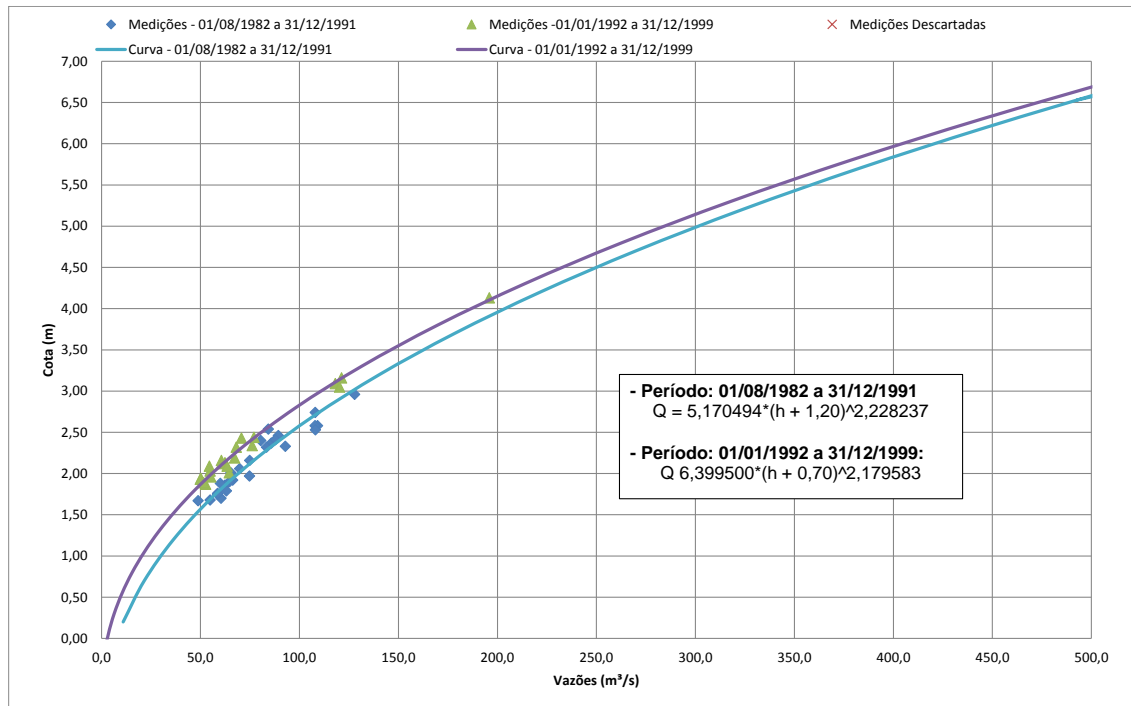
Tabela 6-6: Série de Vazões Observadas – Xavantina (2610000)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1969	456,0	461,0	422,0	327,0	276,0	222,0	200,0	182,0	178,0	222,0	300,0	379,0	302,0
1970	476,0	741,0	871,0	475,0	336,0	268,0	237,0	207,0	217,0	255,0	285,0	273,0	387,0
1971	298,0	339,0	466,0	399,0	292,0	245,0	206,0	192,0	183,0	236,0	333,0	355,0	295,0
1972	415,0	677,0	467,0	411,0	272,0	231,0	215,0	195,0	187,0	240,0	367,0	599,0	356,0
1973	512,0	616,0	583,0	517,0	369,0	283,0	243,0	217,0	207,0	286,0	403,0	485,0	393,0
1974	786,0	559,0	1015,0	752,0	524,0	375,0	305,0	269,0	248,0	294,0	308,0	412,0	487,0
1975	454,0	492,0	516,0	566,0	387,0	289,0	263,0	229,0	213,0	247,0	386,0	526,0	381,0
1976	422,0	653,0	663,0	471,0	419,0	339,0	270,0	235,0	246,0	297,0	472,0	736,0	435,0



Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1977	758,0	958,0	620,0	610,0	504,0	379,0	312,0	254,0	267,0	338,0	435,0	595,0	502,0
1978	1093,0	782,0	1136,0	656,0	539,0	443,0	367,0	309,0	314,0	345,0	441,0	721,0	595,0
1979	1539,0	1623,0	1178,0	747,0	569,0	457,0	394,0	354,0	397,0	371,0	455,0	576,0	722,0
1980	868,0	1478,0	1134,0	804,0				344,0	356,0	337,0	428,0	677,0	
1981	1219,0	794,0	1070,0	833,0	528,0	439,0	374,0	330,0	301,0	363,0	619,0	639,0	626,0
1982	1126,0	1019,0	1026,0	905,0	565,0	464,0	385,0	347,0	377,0	412,0	417,0	501,0	629,0
1983	795,0	1179,0	893,0	656,0	439,0	409,0	330,0	296,0	286,0	375,0	473,0	1011,0	595,0
1984	874,0	580,0	619,0	587,0	458,0	349,0	301,0	285,0	297,0	320,0	369,0	597,0	470,0
1985	998,0	689,0	851,0	683,0	473,0	364,0	328,0	291,0	280,0	311,0	357,0	362,0	499,0
1986	660,0	684,0	543,0	445,0	391,0	311,0	270,0	295,0	304,0	308,0	311,0	532,0	421,0
1987	637,0	596,0	668,0	587,0	442,0	333,0	287,0	262,0	255,0	264,0	378,0	770,0	457,0
1988	772,0	816,0	1162,0	748,0	509,0	404,0	337,0	297,0	271,0	295,0	344,0	498,0	538,0
1989	791,0	898,0	919,0	642,0			347,0	329,0	313,0	300,0	450,0	801,0	
1990	831,0	786,0	776,0	615,0	484,0	370,0	329,0	286,0	308,0	383,0	390,0	480,0	503,0
1991	678,0	911,0	1221,0	892,0	475,0	370,0	297,0	258,0	243,0	322,0	397,0	487,0	546,0
1992	743,0	840,0	982,0	942,0	550,0	408,0	351,0	317,0	388,0	403,0	509,0	789,0	602,0
1993	734,0	1125,0	750,0	664,0	451,0	398,0	348,0	325,0	322,0	353,0	335,0	594,0	533,0
1994	1087,0	710,0	853,0	679,0	450,0	406,0	370,0	309,0	270,0	297,0	451,0	688,0	548,0
1995	1098,0	1286,0	807,0	810,0	641,0	443,0	381,0	328,0	301,0	377,0	436,0	532,0	620,0
1996	765,0	595,0	667,0	529,0	453,0	378,0	313,0	292,0	307,0	304,0	503,0	507,0	468,0
1997	923,0	937,0	1006,0	771,0	532,0	541,0	391,0	334,0	311,0	341,0	415,0	794,0	608,0
1998	694,0	941,0	807,0	643,0	449,0	374,0	323,0	296,0	282,0	330,0	493,0	839,0	539,0
1999	869,0	623,0	923,0	529,0	417,0	349,0	313,0	279,0	275,0	286,0	419,0	494,0	481,0
2000	688,0	960,0	1018,0	653,0	455,0	359,0	321,0	291,0	331,0	307,0	425,0	609,0	535,0
2001	542,0	431,0	636,0	496,0	369,0	333,0	277,0	250,0	252,0	306,0	391,0	852,0	428,0
2002	980,0	1004,0	808,0	554,0	414,0	347,0	313,0	279,0	274,0	277,0	350,0	492,0	508,0
2003	744,0	916,0	923,0	973,0	509,0	397,0	338,0	298,0	280,0	319,0	355,0	462,0	543,0
2004	891,0	1601,0	963,0	648,0	512,0	402,0	362,0	314,0	283,0	321,0	423,0	495,0	601,0
2005	725,0	639,0	756,0	560,0	398,0	329,0	293,0	261,0	260,0	291,0	360,0	643,0	459,0
2006	632,0	532,0	835,0	782,0	440,0	354,0	314,0	274,0	285,0	403,0	438,0	579,0	489,0
2007	722,0	1116,0	726,0	490,0	389,0	328,0	295,0	269,0	244,0	265,0	342,0	454,0	470,0
2008	565,0	868,0	799,0	653,0	448,0	359,0	307,0	267,0	246,0	267,0	350,0	409,0	461,0
2009	429,0	636,0	639,0	714,0	404,0	343,0	294,0	263,0	281,0	299,0	400,0	680,0	449,0
2010	776,0	654,0	651,0	667,0	379,0	318,0	270,0	244,0	220,0	242,0	376,0	443,0	437,0
2011	791,0	613,0	949,0	706,0	393,0	325,0	285,0	249,0	224,0	272,0	313,0	389,0	459,0
2012	735,0	563,0	523,0	440,0	351,0	306,0	253,0	218,0	212,0	245,0	344,0	397,0	382,0
2013	734,0	980,0	708,0	696,0	399,0	376,0	288,0	250,0	232,0	282,0	363,0	629,0	495,0
2014	617,0	751,0	828,0	689,0	434,0	344,0	292,0	261,0	246,0	250,0	347,0	715,0	481,0
2015	494,0	623,0	858,0	727,0	528,0	365,0							
Média	754,0	814,4	813,5	645,6	444,8	360,6	308,6	276,8	273,3	307,8	396,9	576,0	494,0

**d) Ponte do Rio Casca Man-F2 (66173000)**



**Figura 6-6: Curva-Chave – Ponte do Rio Casca Man-F2 (66173000)**

**Tabela 6-7: Série de Vazões Observadas – Ponte do Rio Casca Man-F2 (66173000)**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1982									72,8	71,4	71,2	74,6	
1983	109,0	126,0	119,0	100,0	82,6	77,6	68,8	60,0	63,4	69,7	88,5	117,0	90,1
1984	97,6	107,0	109,0	109,0	92,9	75,4	71,4	69,0	68,5	70,2	69,5	71,0	84,2
1985	92,2	94,4	119,0	112,0	88,8	76,5	72,2	68,5	70,7	68,1	77,3	69,1	84,1
1986	86,7	92,6	91,1	84,4	76,0	68,5	64,2	65,3	67,3	66,7	67,3	89,6	76,6
1987	87,8	85,1	92,4	100,0	81,3	67,7	63,1	61,0	60,1	63,6	69,6	106,0	78,1
1988	103,0	113,0	120,0	117,0	86,1	75,2	68,3	64,0	63,3	64,7	65,7	76,4	84,8
1989	137,0	157,0	135,0	125,0	92,3	77,9	73,8	72,0	66,8	70,5	79,3	98,9	98,7
1990	112,0	99,0	108,0	96,5	85,2	73,2	70,0	66,5	72,7	82,4	72,3	73,6	84,3
1991													
1992	102,0	86,7	84,6	92,9	68,2	59,7	69,5	54,7	60,8	58,8	68,5	69,3	73,0
1993	99,0	100,0				58,4	51,9	46,7	47,3	50,0	56,6	70,1	
1994	88,7	85,4	94,9	81,3	64,7	58,1	53,1	47,7	46,0	52,8	58,5	86,8	68,2
1995	131,0	149,0	114,0	101,0	85,7	65,3	58,0	52,7	51,7	53,4	57,0	87,3	83,8
1996	102,0	93,5	105,0	84,6	69,8	59,1	54,2	51,7	50,8	51,4	68,5	70,8	71,8
1997	153,0	153,0	108,0	99,2	77,2	68,8	59,1	50,6	49,8	51,8	54,2	59,6	82,0
1998	64,4	81,0	83,1	73,8	58,1	51,4	46,8	49,2	48,5	50,4	54,3	87,4	62,4
1999	105,0	82,9	127,0	84,4	64,3	57,6	54,1	49,0	49,4	49,8	53,1	62,2	69,9

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Média	104,4	106,6	107,3	97,4	78,2	66,9	62,4	58,0	59,4	61,5	66,6	80,6	79,5

### 6.3.1.2. Levantamentos Hidrométricos – Projeto Básico

No âmbito dos estudos de Projeto Básico da PCH Vila União, foram realizadas duas (2) medições de vazão no rio das Mortes, no posto denominado Vila União.

A Tabela 6-8 apresenta as medições de vazões realizadas no referido posto.

**Tabela 6-8: Medições de Vazões Realizadas – Rio das Mortes – Posto Vila União**

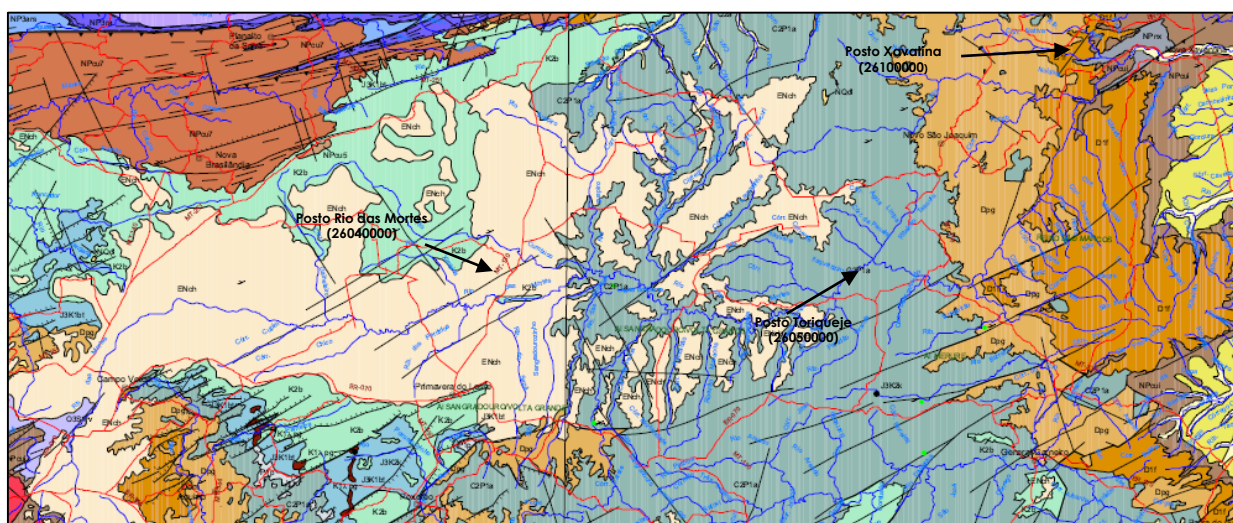
Data	Início	Término	Tempo Total	Número de Verticais	Área Molhada	Largura da Seção	Velocidade Média	Prof. Média	Cota Média	Vazão
	-	-	-	-	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /s)
05/07/2015	15:20	16:10	00:50	18	65,10	38,00	0,978	1,71	2,14	63,7
24/11/2015	08:00	09:30	01:30	19	69,03	37,50	1,131	1,84	2,34	78,1

### 6.3.1.3. Análise do Comportamento Hidrológico da Bacia

O rio das Mortes apresenta postos fluviométricos com séries longas, inclusive nas proximidades do local da PCH Vila União (A.D. = 3.945 km<sup>2</sup>), a partir do posto Rio das Mortes (26040000, A.D. = 5.180 km<sup>2</sup>).

O rio das Mortes, nos 3 postos instalados em sua calha principal (Rio das Morte, Toriqueje e Xavantina), encontra-se sobre a influência geológica de arenitos, que em maior ou menor grau, apresentam considerável capacidade de regularização natural.

No trecho alto, até o local do posto do posto fluviométrico Rio das Mortes (26040000), observa-se a presença de arenitos das formações Bauru Indiviso (K2b) e Cachoeirinha (ENCh). Já no trecho médio, até nas proximidades do posto Toriqueje (26050000), verifica-se a predominância dos arenitos da formação Aquidauana (C2P1a). No trecho alto, até nas proximidades do posto Xavantina (26100000), observa-se a influência dos arenitos do grupo Paraná, com as formações Furnas (D1f) e Ponta Grossa (DPg). A Figura 6-7 apresenta esta constatação geológica.



**Figura 6-7: Geologia na Bacia do Rio das Mortes – Postos Fluviométricos (Fonte: Mapa Geológico do Estado do Mato Grosso – CPRM – 2004)**

Esta configuração geológica da bacia do rio das Mortes sugere uma elevada capacidade armazenamento de água de modo geral, com diminuição de montante para jusante da bacia. Tal fato decorre da porosidade específica dos arenitos predominantes em cada trecho do rio, o que resulta em um regime de vazões com capacidade de regularização natural variável. 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 mensais atingem até 70% da média de longo período.

A capacidade natural de regularização de uma bacia pode ser estabelecida com base em escala classificatória, a qual relaciona percentualmente a vazão de longo termo do mês mais seco à vazão de longo termo.

**Tabela 6-9: Classificação – Capacidade Natural de Regularização**

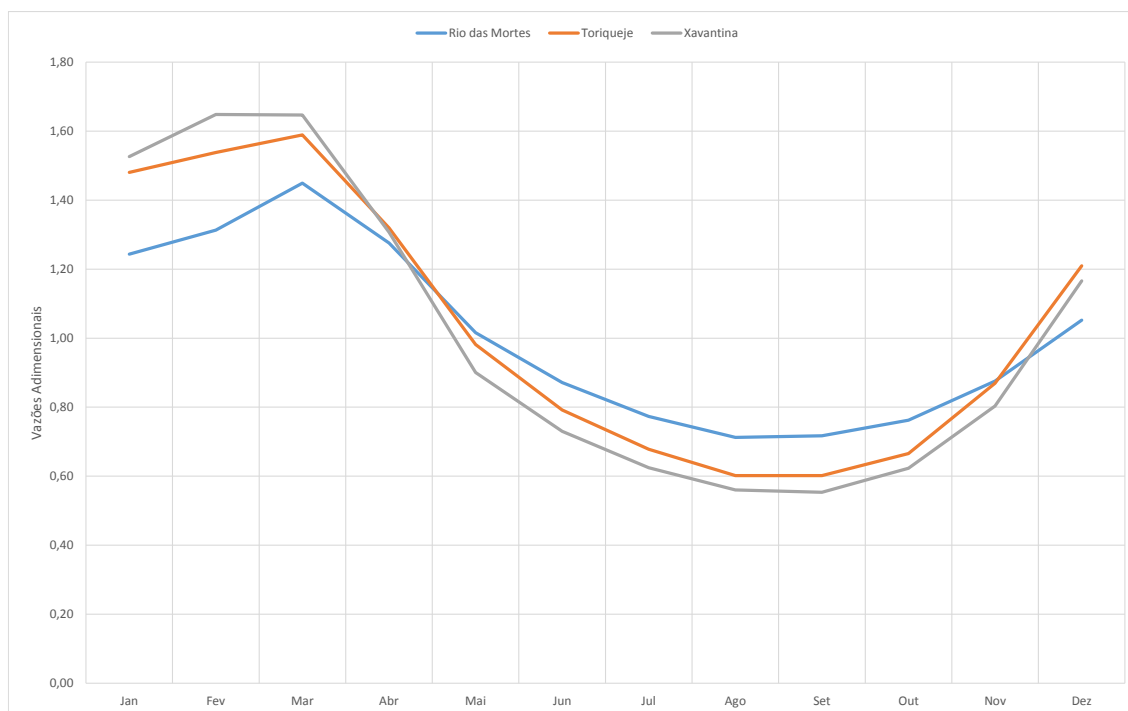
Relação $Q_{MÍNIMA} / Q_{MLT}$	Capacidade Natural de Regularização
> 75 %	Muito Alta
55 a 75 %	Alta
35 a 55 %	Média
15 a 35 %	Baixa
< 15 %	Muito Baixa

Com base na Tabela 6-9, segue a classificação dos postos fluviométricos do rio das Mortes.

**Tabela 6-10: Capacidade Natural de Regularização – Postos Fluviométricos**

Código	Posto	Rio	A.D. (km <sup>2</sup> )	Q <sub>MLT</sub>	q <sub>ESPECÍFICA</sub>	Q <sub>MÍNIMA</sub>	Relação	Classificação
				(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)		
26040000	Rio das Mortes	Rio das Mortes	5.180	120,6	23,3	85,9	71%	Alta
26050000	Toriqueje	Rio das Mortes	17.372	351,5	20,2	211,4	60%	Alta
26100000	Xavantina	Rio das Mortes	25.145	494,0	19,7	273,3	55%	Alta

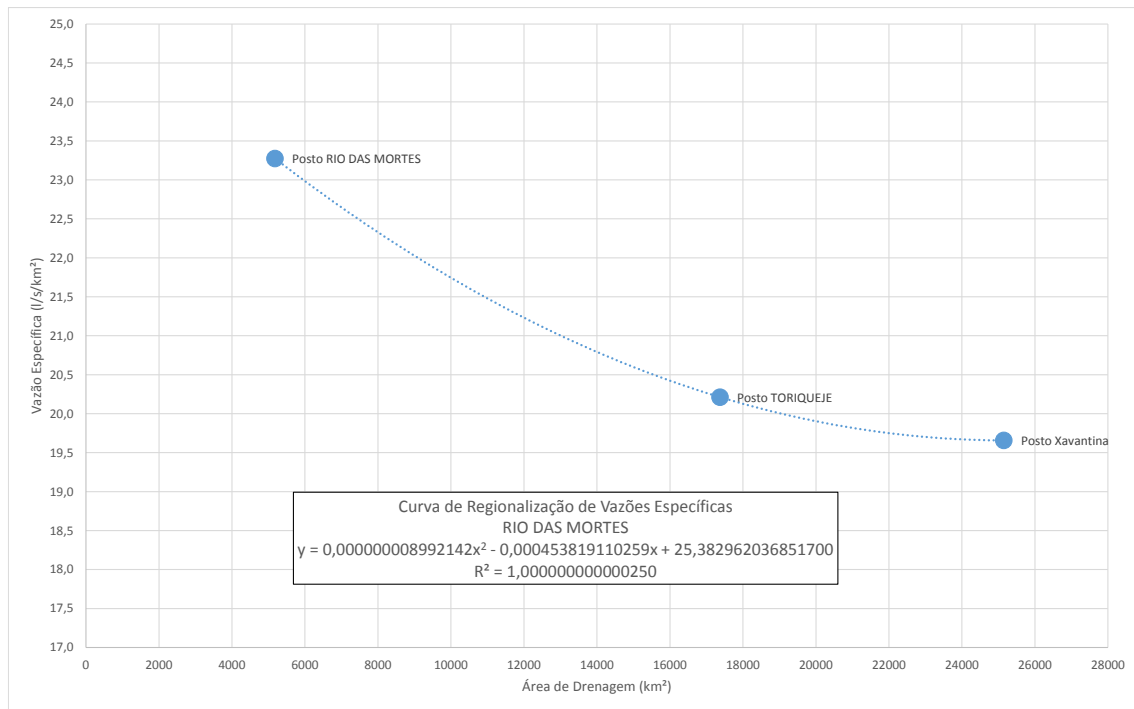
A seguir são apresentados os hidrogramas comparativos das vazões médias mensais de longo termo adimensionais (divididas pela média de longo termo) para os postos fluviométricos do rio das Mortes.



**Figura 6-8: Vazões Médias Mensais de Longo Termo Adimensionais – Postos Fluviométricos**

Verifica-se que o grau de regularização dos postos fluviométricos do rio das Mortes diminui com o aumento da área de drenagem, com oscilação ao longo do ano (em torno da média de longo termo), de 71% mais à montante da bacia, e de 55% no trecho de jusante. O PCH Vila União localiza-se a montante do posto Rio das Mortes (26040000), estando, portanto, na região identificada com maior regularização natural.

Com isso, é possível se estabelecer uma curva de regionalização para a vazão específica válida para o rio das Mortes. A Figura 6-9 apresenta a curva obtida.



**Figura 6-9: Curvas de Regionalização de Vazões Específicas – Rio das Mortes**

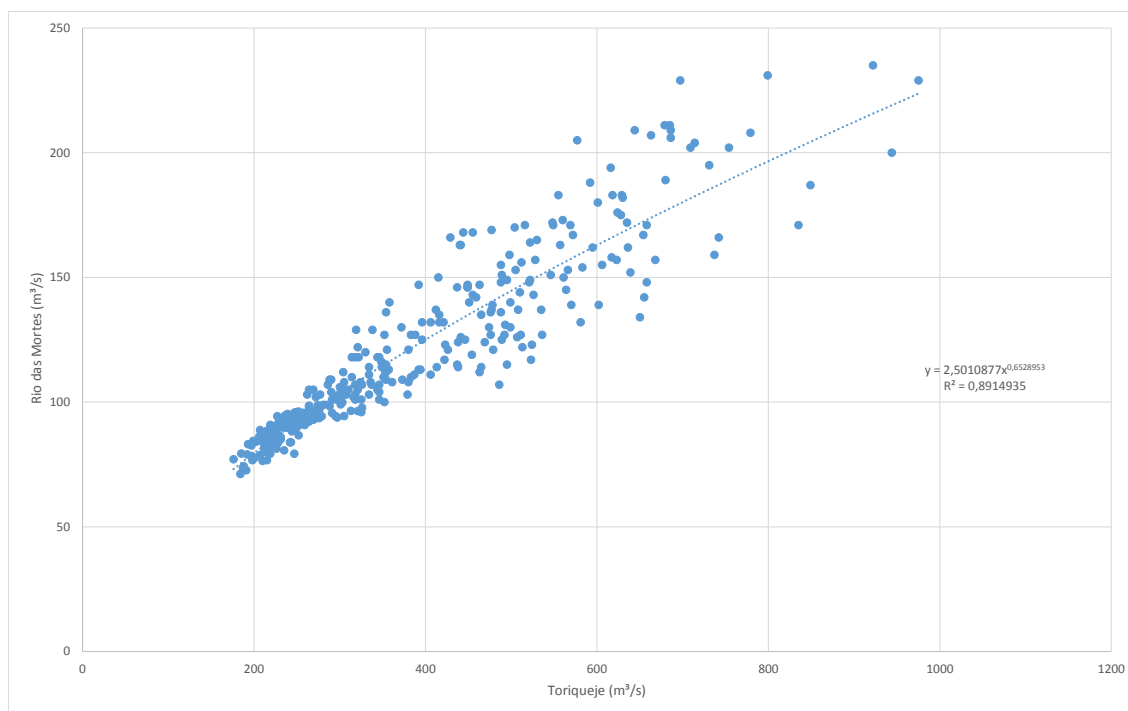
A curva de regionalização apresenta estimativa para o local da PCH Vila União (3.945 km²) de 23,7 l/s/km².

Com base no exposto, no presente estudo, será adotado como base o posto Rio das Mortes (26040000), tendo em vista sua proximidade com o local da PCH Vila União, bem como apresentar histórico de vazões razoavelmente longo, disponível a partir do ano de 1976, e suficiente para representar adequadamente o regime hidrológico do rio das Mortes neste local, não havendo necessidade de extensão até o ano de 1931.

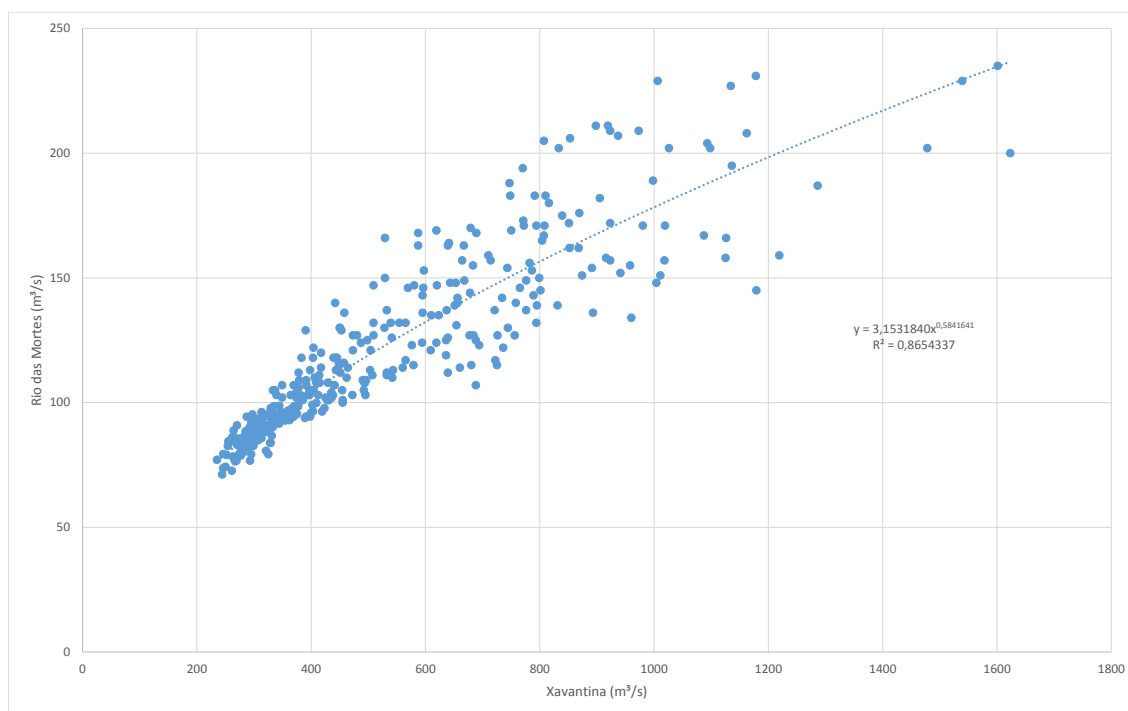
#### 6.3.1.4. Preenchimento da Série de Vazões do Posto Base

A série de vazões médias do posto base Rio das Mortes (26040000) foi preenchida e estendida por correlação estatística com os demais postos da região. As figuras seguintes apresentam as correlações utilizadas e a série obtida para o período 01/1976 a 07/2015. Vale destacar que os valores em vermelho, azul e verde referem-se, respectivamente, aos postos Toriqueje, Xavantina e Ponte Rio Casca.





**Figura 6-10: Correlação Toriqueje x Rio das Mortes**



**Figura 6-11: Correlação Xavantina x Rio das Mortes**

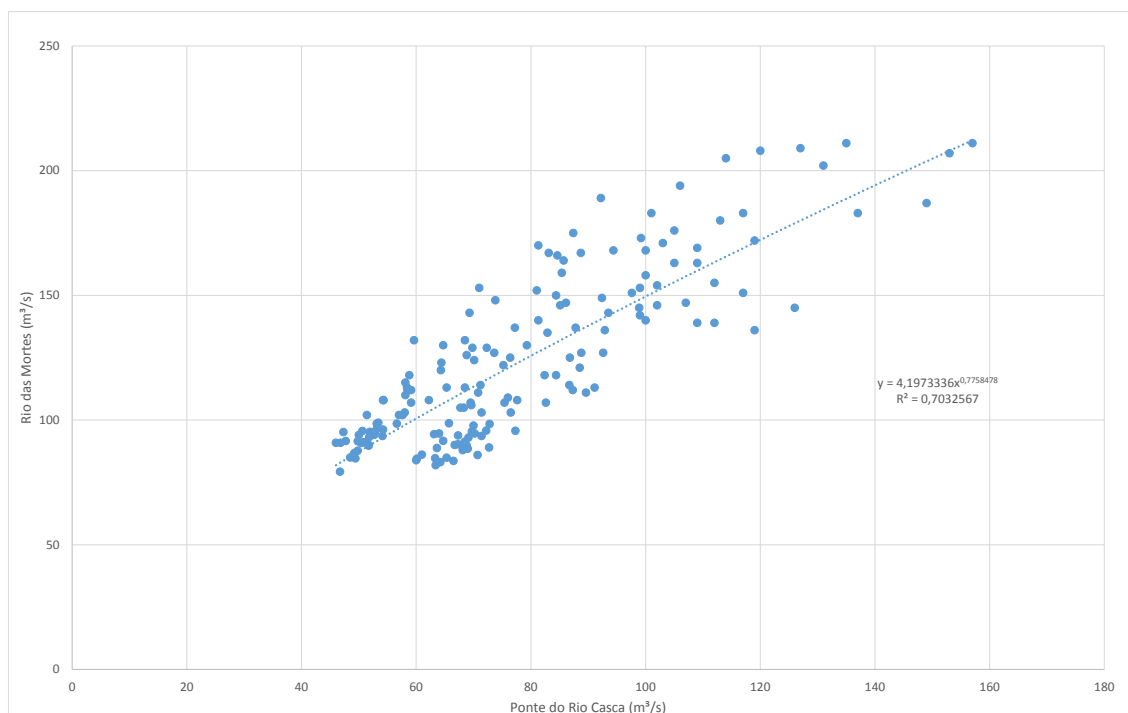


Figura 6-12: Correlação Ponte Rio Casca x Rio das Mortes

Tabela 6-11: Série de Vazões Médias Mensais – Posto Rio das Mortes (26040000)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1976	110,5	140,8	141,8	116,3	107,0	103,0	85,6	77,1	79,4	86,8	103,0	122,0	106,1
1977	140,0	155,0	147,0	135,0	121,0	109,0	93,6	82,6	84,2	93,1	104,0	136,0	116,7
1978	204,0	156,0	195,0	142,0	132,0	118,0	97,8	89,1	90,2	93,8	107,0	137,0	130,2
1979	229,0	200,0	231,0	188,0	146,0	116,0	103,0	92,8	103,0	96,1	101,0	123,0	144,1
1980	169,8	202,0	227,0	165,0	121,0	114,0	101,0	91,6	94,9	92,3	101,0	127,0	133,9
1981	159,0	171,0	259,0	202,0	130,0	118,0	104,0	93,6	86,2	93,6	124,0	126,0	138,9
1982	166,0	171,0	202,0	182,0	132,0	114,0	101,0	94,5	98,4	103,0	114,0	171,0	137,4
1983	139,0	145,0	136,0	140,0	107,0	108,0	89,8	83,9	81,9	95,4	121,0	151,0	116,5
1984	151,0	147,0	169,0	163,0	136,0	107,0	93,6	88,5	90,2	94,6	107,0	153,0	125,0
1985	189,0	168,0	172,0	155,0	127,0	103,0	95,8	88,5	86,0	87,9	95,7	93,0	121,7
1986	114,0	127,0	113,0	118,0	109,0	91,4	83,1	84,9	90,3	90,0	93,8	111,0	102,1
1987	137,0	146,0	149,0	168,0	140,0	105,0	94,3	86,1	84,5	88,8	106,0	194,0	124,9
1988	171,0	180,0	208,0	183,0	147,0	122,0	105,0	94,6	84,7	91,7	98,7	125,0	134,2
1989	183,0	211,0	211,0	177,8	140,5	123,2	118,1	115,9	109,3	114,0	130,0	145,0	148,2
1990	139,0	153,0	149,0	133,6	119,0	101,3	97,8	83,6	89,0	118,0	129,0	127,0	120,0
1991	144,0	173,6	197,4	165,4	125,2	108,3	98,4	90,5	88,8	92,0	105,0	124,0	126,0
1992	154,0	161,1	176,5	172,2	125,8	105,6	96,7	91,2	102,6	118,0	132,0	143,0	131,6
1993	142,0	158,0	169,0	157,0	112,0	113,0	95,3	79,3	95,2	94,0	98,6	124,0	119,8
1994	167,0	159,0	206,0	170,0	130,0	110,0	98,6	91,6	90,9	95,3	112,0	125,0	129,6

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1995	202,0	187,0	205,0	183,0	164,0	113,0	103,0	94,1	89,7	98,9	102,0	112,0	137,8
1996	146,0	143,0	163,0	166,0	129,0	112,0	96,2	90,0	91,1	91,2	113,0	111,0	121,0
1997	157,0	207,0	229,0	173,0	137,0	126,0	107,0	95,6	91,5	93,2	108,0	132,0	138,0
1998	123,0	152,0	167,0	148,0	115,0	102,0	90,9	86,8	85,0	90,8	108,0	175,0	120,3
1999	176,0	135,0	209,0	150,0	120,0	102,0	93,6	85,7	84,6	87,7	96,4	108,0	120,7
2000	107,0	134,0	157,0	86,5	100,0	93,7	88,3	82,4	86,7	85,9	102,0	121,0	103,7
2001	110,0	101,0	119,0	109,0	94,3	90,3	78,8	74,3	79,0	85,1	94,4	162,0	99,8
2002	171,0	148,0	171,0	132,0	111,0	93,6	85,8	81,3	79,4	81,3	96,0	105,0	113,0
2003	130,0	158,0	172,0	209,0	127,0	105,0	92,2	85,3	82,9	89,3	93,8	110,0	121,2
2004	154,0	235,0	<b>171,7</b>	<b>140,1</b>	<b>120,7</b>	99,1	96,4	92,5	83,8	80,7	97,8	103,0	122,9
2005	115,0	112,0	127,0	114,0	94,4	83,9	76,7	72,7	<b>78,2</b>	<b>84,4</b>	<b>98,8</b>	<b>131,5</b>	99,0
2006	<b>133,6</b>	<b>120,3</b>	<b>156,5</b>	<b>158,6</b>	<b>109,2</b>	<b>94,4</b>	<b>87,9</b>	<b>80,6</b>	<b>82,9</b>	96,5	103,0	115,0	111,5
2007	117,0	128,0	127,0	109,0	93,8	83,8	79,3	76,7	71,2	77,6	95,4	105,0	97,0
2008	117,0	162,0	150,0	148,0	116,0	96,8	84,9	77,7	73,7	76,4	95,6	99,9	108,2
2009	108,0	125,0	163,0	157,0	105,0	94,1	84,8	78,4	80,1	82,7	96,0	115,0	107,4
2010	137,0	131,0	139,0	<b>148,9</b>	<b>102,0</b>	<b>95,1</b>	<b>84,4</b>	<b>79,5</b>	<b>77,2</b>	<b>75,8</b>	<b>95,1</b>	<b>114,4</b>	106,6
2011	<b>149,5</b>	<b>133,6</b>	<b>164,3</b>	<b>151,5</b>	<b>120,5</b>	<b>93,7</b>	<b>85,1</b>	<b>78,2</b>	<b>74,2</b>	<b>82,6</b>	<b>90,1</b>	<b>100,2</b>	110,3
2012	<b>142,7</b>	<b>127,7</b>	<b>124,8</b>	<b>109,4</b>	<b>97,9</b>	<b>89,8</b>	<b>79,5</b>	<b>72,6</b>	<b>70,7</b>	<b>76,9</b>	<b>99,5</b>	<b>107,6</b>	99,9
2013	<b>146,9</b>	<b>175,6</b>	<b>151,2</b>	<b>146,7</b>	<b>103,6</b>	<b>101,3</b>	<b>85,4</b>	<b>77,2</b>	<b>74,2</b>	<b>84,4</b>	<b>100,0</b>	<b>138,3</b>	115,4
2014	<b>134,8</b>	<b>146,7</b>	<b>162,0</b>	<b>148,2</b>	<b>111,8</b>	<b>97,9</b>	<b>87,6</b>	<b>80,8</b>	<b>78,0</b>	<b>79,0</b>	<b>97,7</b>	<b>157,6</b>	115,2
2015	<b>123,8</b>	<b>136,4</b>	<b>167,7</b>	<b>153,9</b>	<b>125,8</b>	<b>100,7</b>	<b>92,2</b>						
Mínimo	88,3	96,5	107,0	86,5	80,6	73,1	67,6	64,7	63,0	69,3	81,3	80,3	85,0
Média	141,7	151,2	165,1	145,8	115,8	100,1	89,8	83,1	82,8	88,2	101,9	123,8	115,8
Máximo	229,0	235,0	259,0	209,0	164,0	126,0	118,1	115,9	109,3	118,0	132,0	194,0	148,2

## 6.4. Vazões Médias Mensais Afluentes

### 6.4.1. Metodologia de Geração das Séries de Vazões

Para geração da série de vazões no local da PCH Vila União (A.D. = 3.945 km<sup>2</sup>), utilizou-se o posto Rio das Mortes (26040000, A.D. = 5.180 km<sup>2</sup>) como base, mediante relação direta de área de drenagem. Julgou-se desnecessária a aplicação de fator de correção pela relação entre vazões específicas dos locais, obtidas da curva da regionalização apresentada neste estudo, ante a proximidade dos locais. A seguir apresenta-se equação utilizada.

$$Q = \frac{A_{\text{PCH VILA UNIÃO}}}{A_{\text{POSTO RIO DAS MORTES}}} \times Q_{\text{POSTO RIO DAS MORTES}}$$

$$Q = 0,761583 \times Q_{\text{POSTO RIO DAS MORTES}}$$

#### 6.4.2. Série de Vazões Médias Mensais Afluente no Local da PCH Vila União

A Tabela 6-12 apresenta a série de vazões médias mensais para o local da PCH Vila União, para o período 01/1976 a 12/2014.

**Tabela 6-12: Série de Vazões Médias Mensais – PCH Vila União – AD = 3.945 km<sup>2</sup>**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1976	84,1	107,3	108,0	88,6	81,5	78,4	65,2	58,7	60,5	66,1	78,4	92,9	<b>80,8</b>
1977	106,6	118,0	112,0	102,8	92,2	83,0	71,3	62,9	64,1	70,9	79,2	103,6	<b>88,9</b>
1978	155,4	118,8	148,5	108,1	100,5	89,9	74,5	67,9	68,7	71,4	81,5	104,3	<b>99,1</b>
1979	174,4	152,3	175,9	143,2	111,2	88,3	78,4	70,7	78,4	73,2	76,9	93,7	<b>109,7</b>
1980	129,3	153,8	172,9	125,7	92,2	86,8	76,9	69,8	72,3	70,3	76,9	96,7	<b>102,0</b>
1981	121,1	130,2	197,3	153,8	99,0	89,9	79,2	71,3	65,6	71,3	94,4	96,0	<b>105,8</b>
1982	126,4	130,2	153,8	138,6	100,5	86,8	76,9	72,0	74,9	78,4	86,8	130,2	<b>104,6</b>
1983	105,9	110,4	103,6	106,6	81,5	82,3	68,4	63,9	62,4	72,7	92,2	115,0	<b>88,7</b>
1984	115,0	112,0	128,7	124,1	103,6	81,5	71,3	67,4	68,7	72,0	81,5	116,5	<b>95,2</b>
1985	143,9	127,9	131,0	118,0	96,7	78,4	73,0	67,4	65,5	66,9	72,9	70,8	<b>92,7</b>
1986	86,8	96,7	86,1	89,9	83,0	69,6	63,3	64,7	68,8	68,5	71,4	84,5	<b>77,8</b>
1987	104,3	111,2	113,5	127,9	106,6	80,0	71,8	65,6	64,4	67,6	80,7	147,7	<b>95,1</b>
1988	130,2	137,1	158,4	139,4	112,0	92,9	80,0	72,0	64,5	69,8	75,2	95,2	<b>102,2</b>
1989	139,4	160,7	160,7	135,4	107,0	93,8	90,0	88,2	83,3	86,8	99,0	110,4	<b>112,9</b>
1990	105,9	116,5	113,5	101,8	90,7	77,2	74,5	63,7	67,8	89,9	98,2	96,7	<b>91,4</b>
1991	109,7	132,2	150,3	126,0	95,4	82,5	74,9	69,0	67,7	70,1	80,0	94,4	<b>96,0</b>
1992	117,3	122,7	134,4	131,2	95,8	80,4	73,7	69,4	78,1	89,9	100,5	108,9	<b>100,2</b>
1993	108,1	120,3	128,7	119,6	85,3	86,1	72,6	60,4	72,5	71,6	75,1	94,4	<b>91,2</b>
1994	127,2	121,1	156,9	129,5	99,0	83,8	75,1	69,8	69,2	72,6	85,3	95,2	<b>98,7</b>
1995	153,8	142,4	156,1	139,4	124,9	86,1	78,4	71,7	68,3	75,3	77,7	85,3	<b>105,0</b>
1996	111,2	108,9	124,1	126,4	98,2	85,3	73,3	68,5	69,4	69,5	86,1	84,5	<b>92,1</b>
1997	119,6	157,6	174,4	131,8	104,3	96,0	81,5	72,8	69,7	71,0	82,3	100,5	<b>105,1</b>
1998	93,7	115,8	127,2	112,7	87,6	77,7	69,2	66,1	64,7	69,2	82,3	133,3	<b>91,6</b>
1999	134,0	102,8	159,2	114,2	91,4	77,7	71,3	65,3	64,4	66,8	73,4	82,3	<b>91,9</b>
2000	81,5	102,1	119,6	65,9	76,2	71,4	67,2	62,8	66,0	65,4	77,7	92,2	<b>79,0</b>
2001	83,8	76,9	90,6	83,0	71,8	68,8	60,0	56,6	60,2	64,8	71,9	123,4	<b>76,0</b>
2002	130,2	112,7	130,2	100,5	84,5	71,3	65,3	61,9	60,5	61,9	73,1	80,0	<b>86,0</b>
2003	99,0	120,3	131,0	159,2	96,7	80,0	70,2	65,0	63,1	68,0	71,4	83,8	<b>92,3</b>
2004	117,3	179,0	130,7	106,7	91,9	75,5	73,4	70,4	63,8	61,5	74,5	78,4	<b>93,6</b>
2005	87,6	85,3	96,7	86,8	71,9	63,9	58,4	55,4	59,6	64,3	75,3	100,1	<b>75,4</b>
2006	101,8	91,6	119,2	120,8	83,1	71,9	66,9	61,3	63,1	73,5	78,4	87,6	<b>84,9</b>
2007	89,1	97,5	96,7	83,0	71,4	63,8	60,4	58,4	54,2	59,1	72,7	80,0	<b>73,9</b>
2008	89,1	123,4	114,2	112,7	88,3	73,7	64,7	59,2	56,1	58,2	72,8	76,1	<b>82,4</b>
2009	82,3	95,2	124,1	119,6	80,0	71,7	64,6	59,7	61,0	63,0	73,1	87,6	<b>81,8</b>

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
2010	104,3	99,8	105,9	113,4	77,7	72,4	64,3	60,6	58,8	57,8	72,4	87,1	<b>81,2</b>
2011	113,9	101,8	125,2	115,4	91,8	71,3	64,8	59,6	56,5	62,9	68,6	76,3	<b>84,0</b>
2012	108,7	97,2	95,1	83,3	74,6	68,4	60,6	55,3	53,8	58,6	75,8	82,0	<b>76,1</b>
2013	111,9	133,7	115,1	111,7	78,9	77,2	65,0	58,8	56,5	64,3	76,1	105,3	<b>87,9</b>
2014	102,7	111,7	123,4	112,9	85,1	74,6	66,7	61,5	59,4	60,2	74,4	120,0	<b>87,7</b>
<b>Mínimo</b>	<b>81,5</b>	<b>76,9</b>	<b>86,1</b>	<b>65,9</b>	<b>71,4</b>	<b>63,8</b>	<b>58,4</b>	<b>55,3</b>	<b>53,8</b>	<b>57,8</b>	<b>68,6</b>	<b>70,8</b>	<b>73,9</b>
<b>Média</b>	<b>113,0</b>	<b>118,9</b>	<b>130,6</b>	<b>115,6</b>	<b>91,4</b>	<b>79,2</b>	<b>70,7</b>	<b>65,3</b>	<b>65,3</b>	<b>69,1</b>	<b>79,4</b>	<b>97,3</b>	<b>91,3</b>
<b>Máximo</b>	<b>174,4</b>	<b>179,0</b>	<b>197,3</b>	<b>159,2</b>	<b>124,9</b>	<b>96,0</b>	<b>90,0</b>	<b>88,2</b>	<b>83,3</b>	<b>89,9</b>	<b>100,5</b>	<b>147,7</b>	<b>112,9</b>

### 6.4.3. Comparação da Série de Vazões do Projeto Básico com a Série do Inventário

Nos estudos de inventário foi utilizada a mesma metodologia utilizada no presente estudo, para definição da série no local da PCH Vila União, tendo como base o posto fluviométrico Rio das Mortes. No entanto, a série utilizada contava com a extensão até o ano de 1931, mediante a utilização de modelagem chuva-vazão.

A Figura 6-13 apresenta a comparação das vazões médias mensais da série obtida no presente estudo com aquela prevista nos estudos de inventário, plotadas juntamente com as medições realizadas no presente estudo.

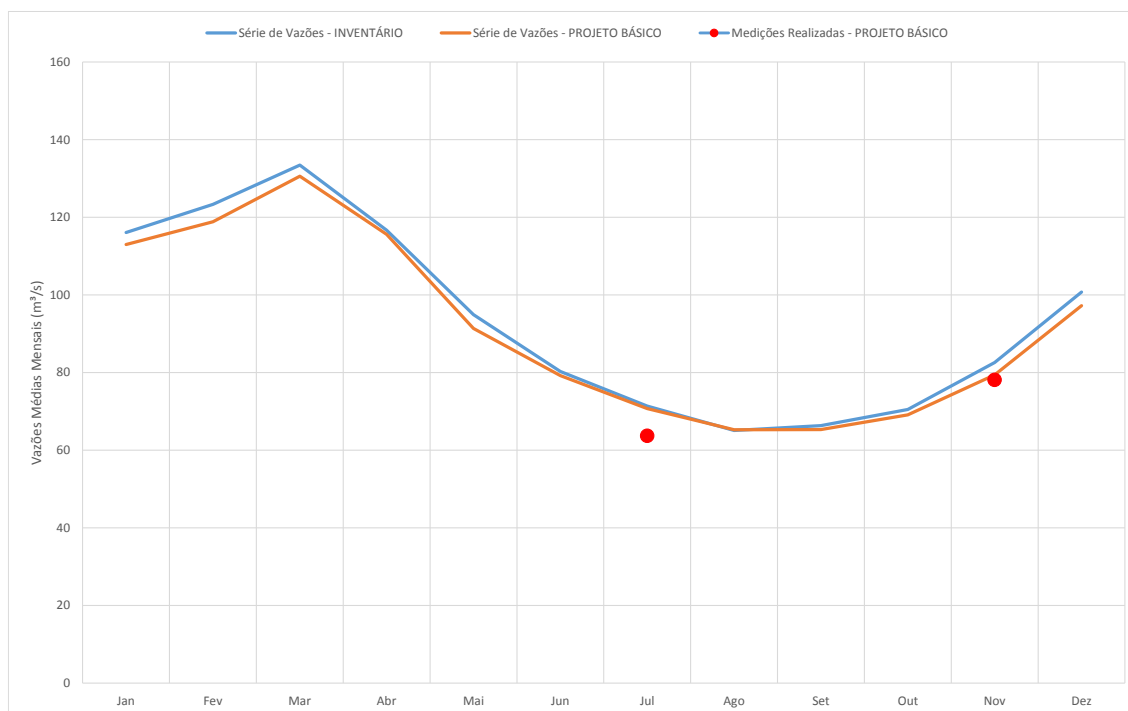
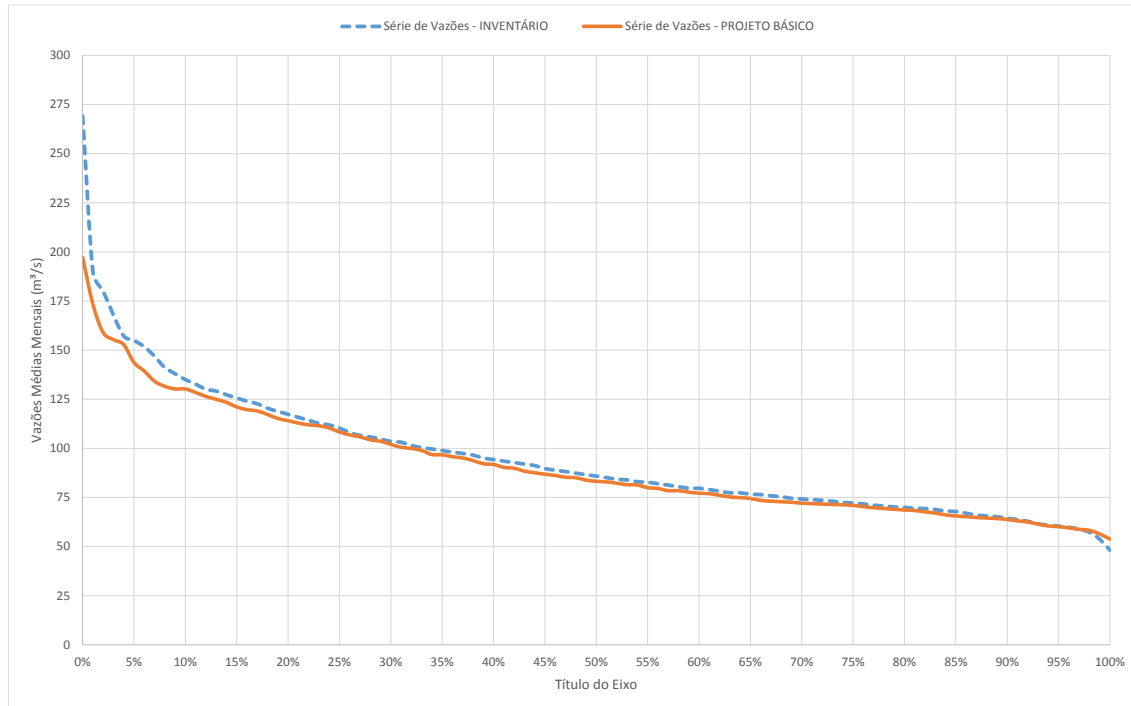


Figura 6-13: Comparação da Série de Vazões – Projeto Básico x Estudos de Inventário

Verifica-se do gráfico acima que a série de vazões prevista nos Estudos de Inventário ( $Q_{MLT} = 93,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ) apresenta uma produção hídrica levemente superior à obtida na etapa de Projeto Básico ( $Q_{MLT} = 91,3 \text{ m}^3/\text{s}$ ), sendo que as duas medições pontuais realizadas aproximaram-se mais da série proposta nesta etapa de Projeto Básico. Conforme se depreende das curvas de permanência

mostradas na Figura 6-14, a série proposta na etapa de inventário apresentou vazões máximas mensais mais elevadas, não verificadas no período de dados observados na bacia, devido a utilização de modelagem chuva-vazão para extensão da série até o ano de 1931.



**Figura 6-14: Comparação da Permanência de Vazões – Projeto Básico x Estudos de Inventário**

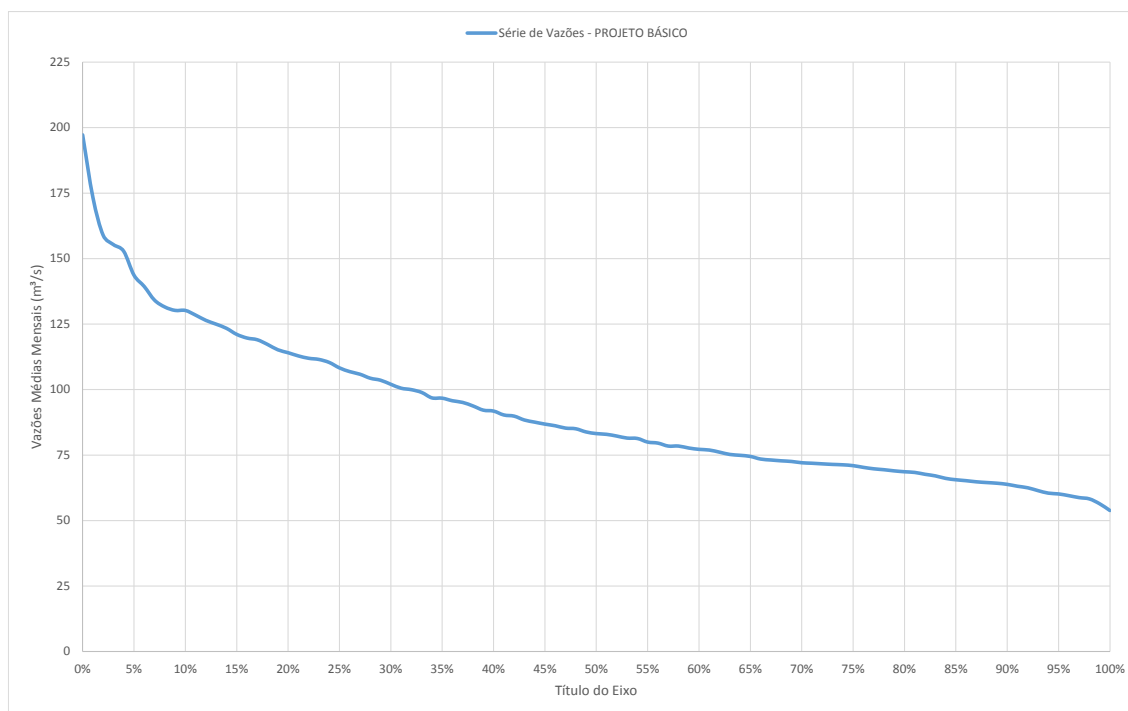
## 6.5. Permanência de Vazões Médias Mensais Afluentes

A seguir é apresentada a curva de permanências de vazões médias mensais para o local da PCH Vila União, em tabela e gráfico.

**Tabela 6-13: Permanência de Vazões Médias Mensais Afluentes – PCH Vila União(m³/s)**

Permanência	Vazões (m³/s)	Permanência	Vazões (m³/s)
0%	197	50%	83
1%	173	55%	80
5%	144	60%	77
10%	130	65%	74
15%	121	70%	72
20%	114	75%	71
25%	108	80%	69
30%	102	85%	66
35%	97	90%	64
40%	92	95%	60
45%	87	100%	54





**Figura 6-15: Curva de Permanência – Vazões Médias Mensais Afluentes – PCH Vila União (m³/s)**

## 6.6. Vazões Extremas

Os estudos de vazões extremas foram realizados considerando dois períodos distintos: cheias anuais, que corresponde ao ano hidrológico normal, que vai de setembro de um ano civil a agosto do ano seguinte, e estiagem, sendo este o período de junho a novembro de um mesmo ano civil.

Para o estudo de cheias anuais, foram utilizados somente os anos completos de medição (sem falhas). Para as cheias no período de estiagem, compreendido entre junho e novembro, considerou-se períodos de 6, 5, 4 e 3 meses, tendo em vista a existência de obras de desvio do rio com durações longas ou curtas.

Os resultados obtidos com o uso do período de cheias anuais são utilizados para dimensionamento dos vertedouros, enquanto que os resultados do período de estiagem são utilizados para dimensionamento das estruturas de desvio do rio.

As vazões de cheias para o local da PCH Vila União foram obtidas a partir dos dados do posto fluviométrico Rio das Mortes (26040000), transpostos por relação direta de área de drenagem. Esta metodologia foi utilizada na etapa de Inventário, mostrando-se a mais coerente com o porte da bacia do rio das Mortes, sendo que os valores obtidos nesta etapa de Projeto Básico resultaram em 1,5% superiores aos obtidos na etapa de Inventário<sup>1</sup>.

### 6.6.1. Dados Básicos

Os dados de vazões máximas diárias para cheias anuais e no período de estiagem do posto Rio das Mortes (26040000) são apresentados nas tabelas seguintes.

<sup>1</sup> Vale informar que esta diferença já considera a diminuição da área de drenagem no local da PCH Vila União, que passou de 4.113 km<sup>2</sup> (Inventário) para 3.945 km<sup>2</sup> (Projeto Básico).

**Tabela 6-14: Vazões Máximas Diárias Anuais – Setembro a Agosto (m³/s)**

Ano			Cheias Anuais (Setembro a Agosto)
1976	-	1977	173
1977	-	1978	272
1978	-	1979	301
1979	-	1980	
1980	-	1981	309
1981	-	1982	245
1982	-	1983	
1983	-	1984	196
1984	-	1985	210
1985	-	1986	146
1986	-	1987	232
1987	-	1988	317
1988	-	1989	327
1989	-	1990	
1990	-	1991	
1991	-	1992	
1992	-	1993	
1993	-	1994	221
1994	-	1995	284
1995	-	1996	182
1996	-	1997	283
1997	-	1998	190
1998	-	1999	256
1999	-	2000	198
2000	-	2001	130
2001	-	2002	232
2002	-	2003	285
2003	-	2004	
2004	-	2005	151
2005	-	2006	
2006	-	2007	
2007	-	2008	176
2008	-	2009	201
Mínima			130
Média			230
Máxima			327
Desvio Pad.			58
Assimetria			0,077

**Tabela 6-15: Vazões Máximas Diárias na Estiagem – Junho a Novembro (m³/s)**

Ano	Jun-Nov	Jul-Nov	Jun-Out	Jun-Set	Jul-Out	Ago-Nov	Jun-Ago	Jul-Set	Ago-Out	Set-Nov
	6 Meses	5 Meses	5 Meses	4 Meses	4 Meses	4 Meses	3 Meses	3 Meses	3 Meses	3 Meses
1976	117	110	117	117	95,4	110	117	90,3	95,4	110
1977	124	124	116	116	104	124	116	104	97,4	124
1978	131	115	131	131	103	115	131	102	103	115
1979	123	110	123	123	110	110	123	110	110	110
1980	130	106	130	130	106	104	130	106	103	104
1981	149	149	124	124	110	149	124	110	96,9	149
1982	127	122	127	127	107	122	127	107	107	122
1983	138	138	118	118	102	138	118	98,5	102	138
1984	143	143	122	122	105	143	122	97,9	105	143
1985	110	99,5	110	110	99,5	99,5	110	98,5	99,5	99,5
1986	105	105	99,5	99,5	99,5	105	96,9	99,5	99,5	105
1987	130	130	111	111	101	130	111	101	95,4	130
1988	132	123	132	132	111	123	132	111	99,5	123
1989										
1990										
1991										
1992										
1993	128	107	128	128	103	107	128	103	100	107
1994	139	139	119	119	102	139	119	102	98,5	139
1995	122	108	122	122	106	108	122	106	104	108
1996	140	140	129	129	100	140	129	100	95,9	140
1997	142	127	142	142	118	127	142	118	100	127
1998	118	118	111	111	98,5	118	111	94,4	98,5	118
1999	108	104	108	108	100	104	108	96,9	100	104
2000	106	106	101	101	93,8	106	101	91,8	93,8	106
2001	108	108	108	108	93,8	108	108	82,9	93,8	108
2002	105	100	105	105	88,3	100	105	88,3	87,3	100
2003	114	108	114	114	97,4	108	114	97,4	94,4	108
2004	103	103	102	102	99,5	103	102	99,5	95,4	103
2005										
2006										
2007	112	112	89,3	89,3	84,4	112	89,3	80,9	84,4	112
2008	111	111	103	103	89,8	111	103	89,8	80,5	111
2009	108	108	99,5	99,5	91,3	108	99,5	91,3	86,1	108
Mínima	103	100	89	89	84	100	89	81	81	100
Mediá	122	117	116	116	101	117	116	100	97	117
Máxima	149	149	142	142	118	149	142	118	110	149
Desvio Pad.	14	14	13	13	7	14	13	9	7	14
Assimetria	0,224	0,820	-0,025	-0,025	-0,128	0,814	-0,047	-0,229	-0,744	0,814

### 6.6.2. Vazões Máximas Anuais

Para obtenção das cheias máximas anuais (ano hidrológico normal, de setembro a agosto), 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 6-16 apresenta os valores obtidos para o posto base.

**Tabela 6-16: Vazões Máximas Diárias Anuais – Posto Rio das Mortes (m³/s)**

Recorrência (anos)	Vazões Máximas Diárias (m³/s)
2	220
5	271
10	305
20	338
25	348
50	379
100	411
200	442
500	484
<b>1.000</b>	<b>515</b>
5.000	587
10.000	618

Foi utilizado o Coeficiente de Fuller, considerando que bacias de menor área, como o rio das Mortes, apresentam maiores oscilações de nível d'água em menores intervalos de tempo, de modo que a passagem de cheia pode não ser registrada pelas duas leituras de cotas feitas num dia. Desse modo, as cheias calculadas com base em vazões médias diárias precisam ser corrigidas para que elas representem valores de picos instantâneos. O coeficiente é definido pela seguinte equação:  $1 + 2,66 \times \text{Área de Drenagem}^{-0,3}$ . A Tabela 6-17 apresenta as vazões máximas diárias e instantâneas (com Fuller) para o local da PCH Vila União (3.945 km²).

**Tabela 6-17: Vazões Máximas Diárias e Instantâneas Anuais – PCH Vila União (m³/s)**

Recorrência (anos)	Vazões Máximas (m³/s)	
	Diárias	Instantâneas
2	168	205
5	207	253
10	232	284
20	257	314
25	265	324
50	289	353
100	313	382
200	337	412
500	368	450
<b>1000</b>	<b>392</b>	<b>479</b>
5000	447	546

Recorrência (anos)	Vazões Máximas (m³/s)	
	Diárias	Instantâneas
10000	471	575

### 6.6.3. Vazões Máximas na Estiagem

Para obtenção das vazões máximas na estiagem (Junho a Novembro), foram aplicadas às vazões máximas diárias na estiagem as 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 6-18 apresenta os valores obtidos para o posto base.

**Tabela 6-18: Vazões Máximas Diárias na Estiagem – Posto Rio das Mortes (m³/s)**

TR (anos)	Jun-Nov	Jul-Nov	Jun-Out	Jun-Set	Jul-Out	Ago-Nov	Jun-Ago	Jul-Set	Ago-Out	Set-Nov
	6 Meses	5 Meses	5 Meses	4 Meses	4 Meses	4 Meses	3 Meses	3 Meses	3 Meses	3 Meses
2	120	115	114	114	99	114	114	98	96	114
5	132	127	125	125	106	127	125	105	102	127
10	140	135	132	132	110	135	132	110	106	135
20	148	143	139	139	115	144	139	115	110	144
25	150	146	141	141	116	146	141	117	111	146
50	158	154	148	148	120	154	148	121	115	154
100	165	162	155	155	124	162	155	126	118	162

Foi utilizado o Coeficiente de Fuller, considerando que bacias de menor área, como o rio das Mortes, apresentam maiores oscilações de nível d'água em menores intervalos de tempo, de modo que a passagem de cheia pode não ser registrada pelas duas leituras de cotas feitas num dia. Desse modo, cheias calculadas com base em vazões médias diárias precisam ser corrigidas para que elas representem valores de picos instantâneos. O coeficiente é definido pela seguinte equação:  $1 + 2,66 \times \text{Área de Drenagem}^{-0,3}$ . A seguir são apresentadas as vazões máximas diárias e instantâneas (com Fuller) para o local da PCH Vila União.

A Tabela 6-19 apresenta as vazões máximas diárias e instantâneas (Fuller), para a estiagem (junho a novembro) para o local da PCH Vila União (3.945 km²).

**Tabela 6-19: Vazões Máximas Diárias e Instantâneas na Estiagem – PCH Vila União (m³/s)**

TR (anos)	Jun-Nov	Jul-Nov	Jun-Out	Jun-Set	Jul-Out	Ago-Nov	Jun-Ago	Jul-Set	Ago-Out	Set-Nov
	6 Meses	5 Meses	5 Meses	4 Meses	4 Meses	4 Meses	3 Meses	3 Meses	3 Meses	3 Meses
2	112	107	106	106	93	107	106	91	90	107
5	123	118	116	116	99	118	116	98	95	118
10	130	126	123	123	103	126	123	103	99	126
20	138	134	129	129	107	134	129	107	102	134
25	140	136	131	131	108	136	132	109	103	136
50	147	143	138	138	112	143	138	113	107	143
100	154	150	144	144	115	150	144	117	110	150

## 6.7. Vazões Mínimas

O conhecimento das vazões mínimas (residual, remanescente ou ecológica) 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.

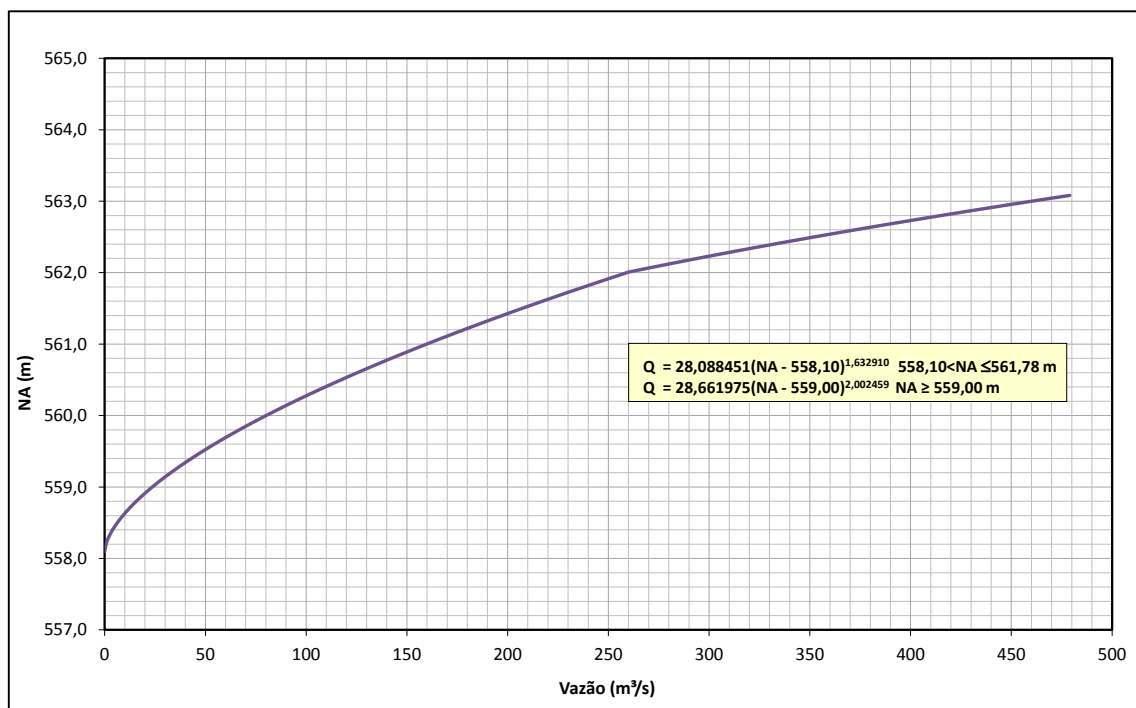
Ante ao exposto, julgou-se desnecessário realizar estudos de vazões mínimas a partir de outra metodologia, como a  $Q_{7,10}$ , por não ser aplicada no Estado do Mato Grosso. Os valores das vazões mínimas a serem mantidas no Trecho de Vazão Reduzida (TVR) da PCH Vila União são apresentados na Tabela 6-20.

**Tabela 6-20: Vazões Mínimas – PCH Vila União (m³/s)**

Vazão	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
$Q_{MLT}$	113,0	118,9	130,6	115,6	91,4	79,2	70,7	65,3	65,3	69,1	79,4	97,3
10% da $Q_{MLT}$	11,3	11,89	13,06	11,56	9,138	7,923	7,07	6,527	6,53	6,91	7,939	9,726

## 6.8. Curva-Chave no Canal de Fuga – PCH Vila União

A curva-chave no canal de fuga da PCH Vila União foi obtida a partir de medições de vazões obtidas no canal de fuga dessa PCH. Para o tramo alto da curva foi utilizado ajuste logarítmico, compatibilizado com dados geométricos da seção medidora. A seguir apresenta-se a curva-chave obtida.



**Figura 6-16: Curva-Chave – Canal de Fuga – PCH Vila União**



## 6.9. Curvas Cota-Área-Volume

Para a caracterização do reservatório da PCH Vila União foram determinadas curvas cota x área, a partir das áreas sob as curvas de nível de 5 em 5 m, estabelecidas nas plantas de restituição aerofotogramétrica. As áreas em cada cota foram calculadas por medição automática, usando o software AutoCad.

A variação do volume  $\Delta V$  entre duas cotas consecutivas, cuja diferença é  $\Delta H$ , 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  $\Delta H$  a variação de cota.

Usando as áreas medidas e a equação para cálculo dos volumes incrementais entre duas curvas de nível consecutivas, calcularam-se os volumes totais do reservatório em cada cota. Na Tabela 6-21 são apresentados os dados obtidos.

**Tabela 6-21: Pontos Cota (m), Área (km<sup>2</sup>) e Volume (hm<sup>3</sup>) – PCH Vila União**

Cota (m)	Área (km <sup>2</sup> )	Volume (hm <sup>3</sup> )
578,00	0,0000	0,0000
579,00	0,0138	0,0047
<b>579,05</b>	<b>0,0146</b>	<b>0,0054</b>
580,00	0,0299	0,0262
581,00	0,0431	0,0622
582,00	0,0528	0,1098
583,00	0,0606	0,1660
584,00	0,0688	0,2306
585,00	0,0798	0,3046
586,00	0,0944	0,3912
587,00	0,1123	0,4939
588,00	0,1316	0,6156
589,00	0,1499	0,7560

A representação gráfica das curvas cota-área-volume é apresentada a seguir.

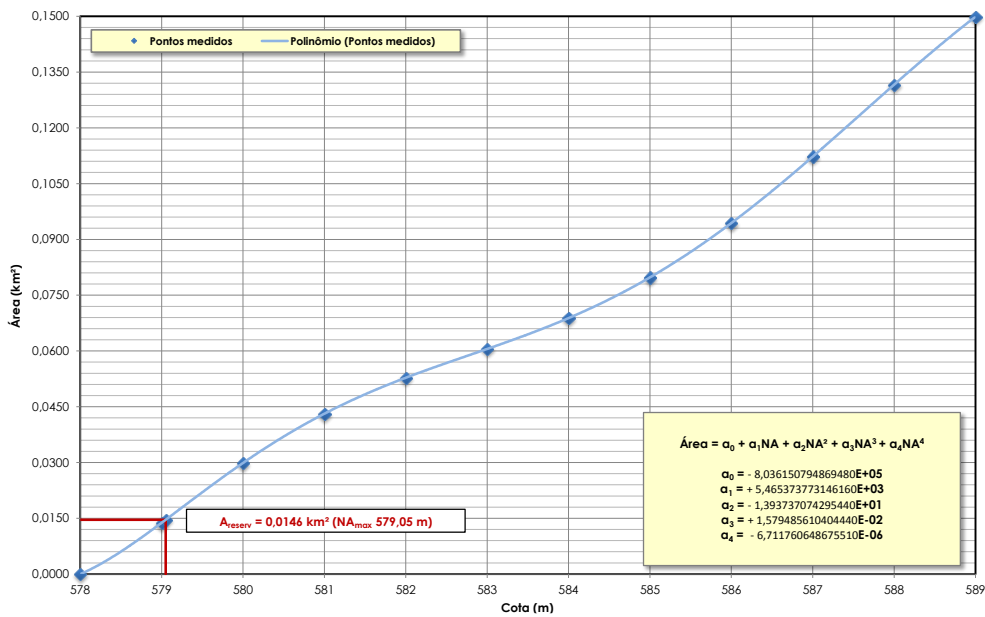


Figura 6-17: Curva Cota-Área – PCH Vila União

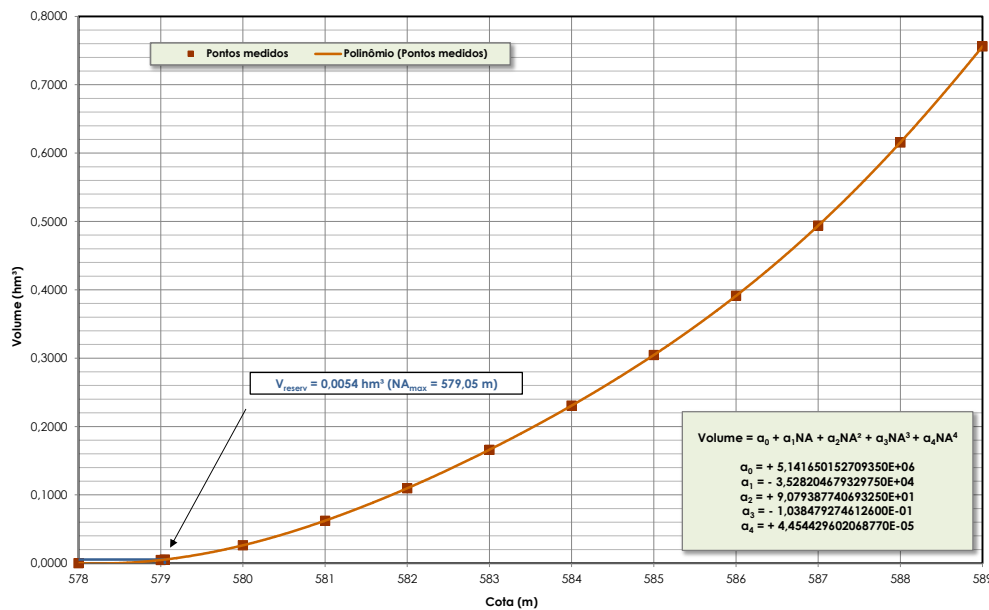


Figura 6-18: Curva Cota-Volume – PCH Vila União

## 6.10. Enchimento do Reservatório

O estudo de enchimento do reservatório da PCH Vila União foi realizado utilizando-se a série de vazões médias mensais, considerando o período de 01/1976 a 12/2014 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 = 579,05 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;
- Utilizou-se a série de vazões afluentes para o período 01/1976-12/2014;
- Vazão líquida armazenada no reservatório calculada por:

$$\text{Vazão líquida} = Q_{\text{afluente}} - Q_{\text{mínima defluente}}$$

A Tabela 6-22 apresenta os tempos necessários para o enchimento do reservatório da PCH Vila União.

**Tabela 6-22: Tempos de Enchimento do Reservatório – PCH Vila União**

Mês	Vazões de enchimento (m³/s)			Tempo (h)			Tempo (dias)		
	Q <sub>5%</sub>	Q <sub>MLT</sub>	Q <sub>95%</sub>	Q <sub>5%</sub>	Q <sub>MLT</sub>	Q <sub>95%</sub>	Q <sub>5%</sub>	Q <sub>MLT</sub>	Q <sub>95%</sub>
Janeiro	138,6	101,7	75,3	0,01	0,01	0,02	0,0	0,0	0,0
Fevereiro	142,2	107,0	81,9	0,01	0,01	0,02	0,0	0,0	0,0
Março	157,1	117,5	85,2	0,01	0,01	0,02	0,0	0,0	0,0
Abril	129,8	104,1	74,7	0,01	0,01	0,02	0,0	0,0	0,0
Maió	100,1	82,2	64,7	0,01	0,02	0,02	0,0	0,0	0,0
Junho	83,7	71,3	61,2	0,02	0,02	0,02	0,0	0,0	0,0
Julho	72,1	63,6	54,3	0,02	0,02	0,03	0,0	0,0	0,0
Agosto	64,9	58,7	50,8	0,02	0,03	0,03	0,0	0,0	0,0
Setembro	70,3	58,8	50,3	0,02	0,03	0,03	0,0	0,0	0,0
Outubro	78,4	62,2	52,7	0,02	0,02	0,03	0,0	0,0	0,0
Novembro	88,5	71,4	64,3	0,02	0,02	0,02	0,0	0,0	0,0
Dezembro	117,5	87,5	68,7	0,01	0,02	0,02	0,0	0,0	0,0

Os resultados mostram que o tempo para enchimento do reservatório da PCH Vila União é de, no máximo, 0,03 horas, inferior a 3 minutos, para qualquer das hipóteses estudadas, sendo, portanto, desprezível.

## 6.11. 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 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 Vila União, foi determinado o tempo médio de residência da água, usando a vazão média de longo termo da série de vazões afluentes, para o período 01/1976-12/2014. Os resultados são mostrados na Tabela 6-23.

**Tabela 6-23: Tempo de Residência – PCH Vila União**

Eixo	Q <sub>MLT</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Volume (hm <sup>3</sup> )	Tempo de Residência (minutos)
PCH Vila União	91,3	0,0054	0,99

Assim, o tempo de residência é inferior a 1 minuto, sendo desprezível, o que sinaliza a inexistência de qualquer problema de degradação da qualidade da água no reservatório, o que minimiza sobremaneira os impactos ambientais do empreendimento.

## 6.12. Evaporação Líquida no Reservatório da PCH Vila União

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 Vila União.

### 6.12.1. 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 – SIN. 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.

### 6.12.2. 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 6-24 apresenta os dados de entrada do modelo.

**Tabela 6-24: Dados de Entrada do SISEVAPO – PCH Vila União**

NA máximo (m)	Área (km <sup>2</sup> )	Volume (hm <sup>3</sup> )	Profundidade Média (m)	Latitude				Longitude			
				Graus	Min.	Seg.		Graus	Min.	Seg.	
579,05	0,0146	0,0054	0,37	15°	22'	41,4''	S	54°	24'	38,3''	W

### 6.12.3. Resultados

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 6-25, para o local da PCH Vila União.

**Tabela 6-25: Evaporação Líquida (mm) – PCH Vila União**

Tipo	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Evaporação Potencial	165	146	161	147	141	120	141	169	168	178	180	169	1886
Evaporação Real	155	138	150	135	120	98	105	120	124	148	159	158	1610
Evapotranspiração Potencial	160	141	154	142	133	117	141	167	164	183	174	161	1837
Evapotranspiração Real	147	132	139	121	88	73	64	63	72	128	136	144	1308
Evaporação Líquida	8	6	11	14	32	25	41	57	52	20	23	14	302

### 6.13. Borda Livre

A ocorrência de vento na área do reservatório provoca a formação de ondas, cujas alturas devem ser levadas em conta no estabelecimento da borda livre das estruturas.

O parâmetro básico para o cálculo da altura das ondas é a velocidade do vento, entendida como uma grandeza vetorial, que requer, portanto, o conhecimento da direção, do sentido e da intensidade.

A irregularidade dos reservatórios e as características da cobertura dos terrenos a eles adjacentes aumentam a turbulência do vento, provocando variações direcionais, e reduzindo

o valor da intensidade média do vento em valores medidos em estações terrestres instaladas antes do enchimento do reservatório. Outrossim, a intensidade do vento adotada para o projeto pode ocorrer por algum tempo, mas a sua direção tende a oscilar consideravelmente, podendo ou não coincidir com a direção crítica para a formação da onda.

Desta forma, e considerando a pouca disponibilidade de dados de vento na região, optou-se por fazer o estudo paramétrico de ondas no reservatório, para intensidades do vento de 50, 75 e 100 km/h, e direção e sentido coincidindo com os críticos. Vale ressaltar que este é um procedimento conservador, pois não é provável que ocorram ventos com estas intensidades e direção durante o tempo necessário para a geração das ondas.

Utilizando as características topográficas do reservatório, foram determinados os seus parâmetros necessários ao cálculo da altura de ondas, quais sejam:

- Fetch (km)
  - Máximo.....0,177
  - Efetivo.....0,089
- Profundidade Média do Tirante d'água ao longo do Fetch = 0,37 m
- Talude do Paramento de Montante = 1,00V : 2,20H

Para o cálculo da altura da onda significativa no reservatório utilizou-se o Método de Saville, que forneceu os parâmetros apresentados na Tabela 6-26.

**Tabela 6-26: Parâmetros da Altura de Ondas no Reservatório, Segundo o Método de Saville**

Parâmetro	Velocidade do Vento (km/h)		
	50	75	100
Maré de Vento (m)	0,03	0,07	0,13
Período (s)	1,09	1,31	1,48
Comprimento da onda (m)	1,87	2,67	3,44
Tempo de Geração (min)	2,63	2,20	1,94
Altura Significativa (m)	0,14	0,21	0,29

A condição para aplicação do método de Saville (profundidade maior do que a metade do comprimento da onda) é respeitada. Cabe ressaltar que os tempos que o vento tem que ocorrer para gerar a altura de onda significativa resultaram em valores possíveis de ocorrer, o que aumenta a confiabilidade nos valores calculados e a recomendação para o seu uso.

A partir desses parâmetros calculou-se, para as intensidades do vento adotadas, e para várias porcentagens de ondas maiores do que a significativa, os valores de:

- 1 Altura da Onda
- 2 *Run up* : altura que a onda atinge ao se chocar contra o paramento de montante do barramento, protegido por *rip rap*;
- 3 Borda Livre : soma das alturas da maré de vento e do *run up*;
- 4 *Run down* : altura de depressão da onda, medida a partir do NA, que é a altura mínima da proteção da barragem, medida abaixo do NA Máximo Normal.

Ressalta-se que pelo fato do fetch máximo estar localizado na barragem de terra da margem esquerda, adotou-se a sua inclinação do talude de montante, que é 1:2,2.

A borda livre é determinada por:



### BL = Maré de Vento + Altura da Onda

Os resultados constam da Tabela 6-27.

**Tabela 6-27: Resultados dos estudos de borda livre**

Porcentagem de Ondas Maiores do que a Significativa	Velocidade do Vento (km/h)											
	50				75				100			
	Altura da Onda	Run Up	Borda Livre	Run Down	Altura da Onda	Run Up	Borda Livre	Run Down	Altura da Onda	Run Up	Borda Livre	Run Down
0	0,26	0,22	0,25	0,11	0,40	0,34	0,41	0,16	0,54	0,46	0,59	0,22
1	0,22	0,19	0,22	0,10	0,34	0,29	0,36	0,15	0,46	0,39	0,52	0,20
2	0,19	0,16	0,20	0,10	<b>0,30</b>	<b>0,25</b>	<b>0,33</b>	<b>0,14</b>	0,40	0,34	0,47	0,19
3	0,19	0,16	0,19	0,09	0,29	0,24	0,32	0,14	0,39	0,33	0,46	0,18
4	0,18	0,15	0,18	0,09	0,27	0,23	0,30	0,14	0,37	0,31	0,44	0,18
5	0,17	0,15	0,18	0,09	0,27	0,23	0,30	0,13	0,36	0,31	0,44	0,18
8	0,16	0,13	0,16	0,09	0,24	0,20	0,28	0,13	0,32	0,28	0,41	0,17
10	0,15	0,13	0,16	0,08	0,23	0,19	0,27	0,12	0,31	0,26	0,39	0,16
12	0,14	0,12	0,15	0,08	0,22	0,18	0,26	0,12	0,30	0,25	0,38	0,16
13	0,14	0,12	0,15	0,08	0,21	0,18	0,25	0,12	0,29	0,24	0,38	0,16

Na Tabela 6-27 encontram-se assinalados os valores mais significativos ao caso da PCH Vila União, que conduzem a borda livre mínima de **0,33 m**, calculada considerando o vento com velocidade de 75 km/h e 2 % de ondas maiores do que a significativa.

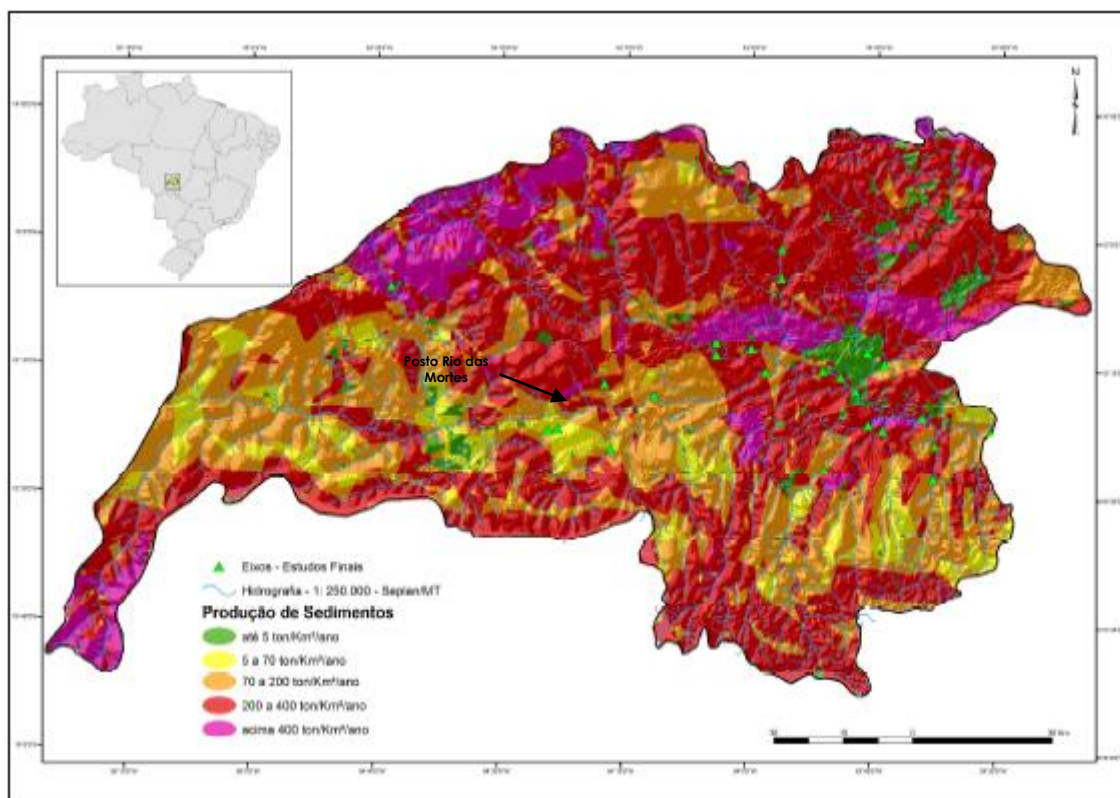
## 6.14. Assoreamento e Vida Útil do Reservatório da PCH Vila União

Em que pese o diminuto reservatório da PCH Vila União, neste item será avaliado o aporte de sedimentos ao reservatório desta PCH, com o objetivo de se 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 na comparação de valores fornecidos em referências bibliográficas para a região e medições de sedimentos dos postos do rio das Mortes (Rio das Mortes, Toriqueije e Xavantina).

### 6.14.1.1. Produção de Sedimentos na Região Estudada

Conforme classificação sedimentológica do Mapa de Áreas de Produção de Sedimentos do Brasil (SIGEL, ANEEL), a região em que a bacia do Rio das Mortes se insere é enquadrada, preponderantemente, nas classes 3 e 5, de alta a muito alta. Há indicação, portanto, de elevada produção de sedimentos para a região estudada, acentuada pelos pela ocupação agrícola. A Figura 6-19 apresenta o referido mapa.



**Figura 6-19: Mapa Potencial de Produção de Sedimentos na Bacia do Rio das Mortes (Fonte: Estudos de Inventário do Rio das Mortes (obtido em <http://sigel.aneel.gov.br>))**

Com base na delimitação das áreas de classificação mostradas acima, pode-se obter uma estimativa aproximada de sedimentos para a região, da ordem de 211 ton/ano/km<sup>2</sup>.

**Tabela 6-28: Estimativa da Produção Específica de Sedimentos – Rio das Mortes**

Classe	Produção Específica	% de Área	Produção Específica Ponderada (ton/ano/km <sup>2</sup> )
1	Até 5 toneladas/km <sup>2</sup> /ano	5%	0
2	5 a 70 toneladas/km <sup>2</sup> /ano	10%	4
3	70 a 200 toneladas/km <sup>2</sup> /ano	35%	47
4	200 a 400 toneladas/km <sup>2</sup> /ano	40%	120
5	Superior a 400 ton/km <sup>2</sup> /ano	10%	40
<b>Total</b>		<b>100%</b>	<b>211</b>

A Tabela 6-29 apresenta os dados dos postos utilizados, obtidos no site da ANA (Hidroweb).

**Tabela 6-29: Postos do Rio das Mortes – Medições de Descargas Sólidas**

Código	Nome	Rio	Município	Responsável	A.D. (Km <sup>2</sup> )
26040000	Rio das Mortes	Rio das Mortes	Primavera do Leste	ANA	5.180
26050000	Torriqueje	Rio das Mortes	Barra do Garças	ANA	17.372
26100000	Xavantina	Rio das Mortes	Nova Xavantina	ANA	25.145

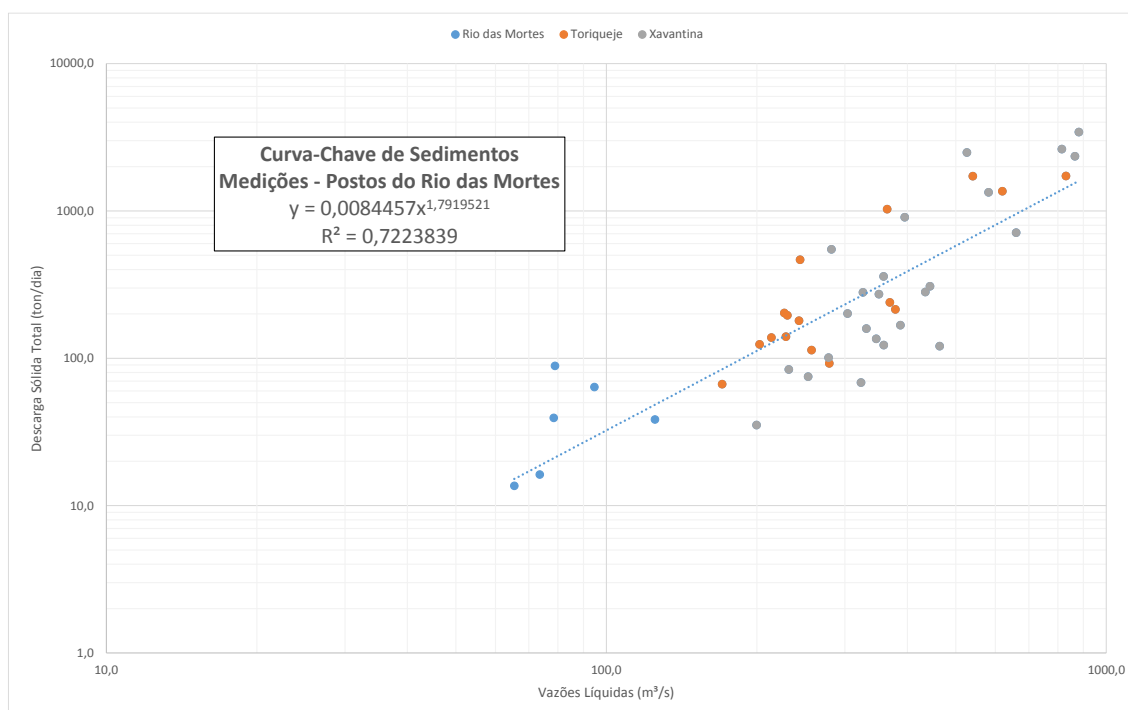
Para estes postos fluviométricos, a descarga sólida medida foi obtida a partir da seguinte equação, conforme apresentado por Carvalho (1984):

$$D_{ST} = 1,824 \times D_{SM}$$

$$D_{SM} = 0,0864 \times Q \times C_s$$

Onde:  $D_{ST}$  = descarga sólida total, em t/dia;  $D_{SM}$  = descarga sólida medida, em t/dia;  $C_s$  = concentração de sólido em suspensão medida, em ppm;  $Q$  = vazão líquida.

Adotou-se o percentual de 82,4% para considerar a parcela não medida ("arraste")<sup>2</sup>, obtida a partir de medições realizadas na região do rio das Mortes. A Figura 6-20 apresenta a curva-chave de sedimentos representativa para o rio das Mortes.



**Figura 6-20: Curvas-Chaves de Sedimentos – Rio das Mortes**

Aplicando-se a curva-chave de sedimentos obtida com dados dos postos do rio da Morte à série de vazões do posto Rio das Mortes (26040000), obtém-se uma produção específica média de sedimentos de 3,4 ton/ano/km<sup>2</sup>, valor muito inferior ao verificado na referência bibliográfica citada, de 211 ton/ano/km<sup>2</sup>, a qual será adotada no presente estudo.

#### 6.14.1.2. Peso Específico do Sedimento no Córrego Galheiros

O peso específico aparente dos depósitos de sedimentos varia de acordo com o tipo de operação do reservatório (com ou sem deplecionamento), do grau de compactação dos

<sup>2</sup> Percentual obtido a partir das medições representativas para a região, realizadas no âmbito do Projeto Básico da PCH Galheiros (A.D. = 203 km<sup>2</sup>).

sedimentos (maior ou menor presença de argila e silte) e da granulometria (percentuais de cascalho, areia, silte e argila).

O peso específico dos sedimentos, em ton/m<sup>3</sup>, pode ser calculado com base nos pesos específicos das frações constituintes (cascalho, areia, silte e argila), ponderados pelos respectivos percentuais obtidos em medições:

$$\phi_{AP} = 1,750 * P_{\text{cascalho}} + 1,554 * P_{\text{areia}} + 1,121 * P_{\text{silte}} + 0,416 * P_{\text{argila}} \quad (\text{t/m}^3)$$

No presente estudo utilizaram-se medições realizadas<sup>3</sup> em afluentes do rio da Morte, as quais apresentaram ensaios de granulometria do material de leito e do material em suspensão, resultando em uma densidade do material de 1,531 ton/m<sup>3</sup>, a qual será adotada como referência neste estudo.

#### 6.14.1.3. Estimativa da Vida Útil do Reservatório

Na presente análise, foi realizada a estimativa de vida útil apenas para o volume total do reservatório da PCH Vila União, tendo em vista a ausência de volume disponível para assoreamento abaixo da cota da soleira da tomada d'água. Para a cota 579,05 m, o volume do reservatório associado é de 0,0054 hm<sup>3</sup>.

Para efeito de cálculo, conforme demonstrado, adotou-se  $\phi_{AP}$  igual a 1,531 ton/m<sup>3</sup>, considerando medições realizadas na região do rio das Mortes. Para determinação da Eficiência de Retenção (Er) dos Sedimentos, tendo em vista a pequena dimensão do reservatório da PCH (inferior 10 hm<sup>3</sup>), adotou-se a Curva de Churchill para volumes inferiores a 10,0 hm<sup>3</sup>, apresentada por Annandale (1987), recomendada pelo Guia de Avaliação de Assoreamento de Reservatórios (ANEEL/2000) para pequenos reservatórios. 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<sub>RES</sub> é o volume em determinada cota, em m<sup>3</sup>;
- Q<sub>MLT</sub> é a vazão média de longo termo do aproveitamento, igual a 31,0 m<sup>3</sup>/s.
- L é o comprimento total do reservatório em determinada cota, em m.
- g é a aceleração da gravidade, 9,81 m<sup>3</sup>/s.

A partir dos critérios estabelecidos acima foi calculada a estimativa de vida útil do reservatório da PCH.

Cabe enfatizar que esta estimativa é excessivamente conservadora, uma vez que a capacidade de retenção de sedimentos do reservatório 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.

<sup>3</sup> Percentual obtido a partir das medições representativas para a região, realizadas no âmbito do Projeto Básico da PCH Galheiros (A.D. = 203 km<sup>2</sup>).

A partir dos critérios estabelecidos acima foi calculada a estimativa de vida útil do reservatório da PCH Vila União, conforme apresentado na Tabela 6-30.

**Tabela 6-30: Estimativa de Vida Útil – PCH Vila União – Volume Total**

<b>Dados</b>	<b>Volume no NA máx. normal</b>
Comprimento do reservatório (m)	150,00
Vazão média de longo termo (m³/s)	91,31
Volume do reservatório - (m³)	5.400
Área da seção transversal média (m²)	36
DST estimada para o local do AHE (t/ano)	832.395
Área de drenagem (km²)	3.945
Período de retenção (segundos)	59
Velocidade média do reservatório (m/s)	2,536
Curva de cálculo utilizada	CHURCHILL
IS - Índice de sedimentação - CHURCHILL	2,33E+01
ISg - gravidade - CHURCHILL	2,28E+02
Er - Sedimentos retidos no reservatório (%) - CHURCHILL	5,00
Sedimentos retidos no reservatório (m³/ano)	27.185
<b>Tempo de Assoreamento (anos)</b>	<b>0,20</b>

Os resultados obtidos indicam a inexistência de volume passível de assoreamento, uma vez que o próprio reservatório é praticamente inexistente.

Com isso, recomenda-se a previsão de dispositivos para limpeza periódica do diminuto reservatório. Além disso, tendo em vista o pequeno comprimento do reservatório (apenas 150 m), não haverá tempo para deposição das partículas sólidas, inclusive, de algumas frações de areias, o que torna recomendável a previsão de dispositivo para proteção da tomada d'água de controle.

## 7. ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

Este capítulo apresenta os estudos e resultados dos levantamentos Geológico-Geotécnicos executados em campo, com objetivo de subsidiar a elaboração dos estudos de projeto básico da PCH Vila União.

Os estudos regionais permitiram o reconhecimento dos aspectos geológicos e geomorfológicos da bacia hidrográfica onde está inserido o aproveitamento, enquanto que os estudos locais permitiram a definição das características do sítio em estudo.

### 7.1. Caracterização Regional

Para caracterização geológica da área dos estudos foi feita uma pesquisa bibliográfica para obtenção dos dados técnicos, compreendendo mapas temáticos, cartas topográficas e imagens de satélite, permitindo a compreensão das características regionais da bacia no tocante à geologia, geomorfologia, ocorrência de recursos minerais, sismicidade regional e outros aspectos de interesse.

Os estudos primários no sítio da PCH Vila União consistiram no levantamento em campo de informações geológico-geotécnicas, visando à identificação das espessuras de solo e a caracterização do maciço rochoso, cujos resultados foram utilizados para o projeto básico.

Foi realizado um levantamento geológico-geotécnico a partir de consultas aos arquivos e bibliotecas dos principais órgãos públicos da área de geologia, em especial o Departamento Nacional de Pesquisa Mineral – DNPM, a Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais – CPRM (Serviço Geológico do Brasil) e a Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral – SEPLAN/MT.

Os seguintes documentos e referências bibliográficas serviram com base para composição desse capítulo e confecção dos desenhos do projeto:

- Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Folha Cuiabá – SD.21, escala 1:1.000.000, executada pelo MME-DNPM, 1979;
- Projeto RADAMBRASIL – Levantamento de Recursos Naturais – Vol. 26 – Folha SD.21 – Cuiabá – 1982;
- Geologia do Brasil, Texto e Mapa Geológico do Brasil, em escala 1:2.500.000, executado pelo MME-DNPM, 1984;
- Mapa Geológico escala 1:1.000.000 – GEOBANK – CPRM, 2004;
- Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Folha Cuiabá – SD.21, escala 1:1.000.000, executada por MME/SMM/CPRM, 2004;
- Geologia e Recursos Minerais do Estado do Mato Grosso – SIG-MME-CPRM, 2004;
- Diagnóstico Ambiental da Região de Cuiabá/Várzea Grande e Entorno (MT) – CPRM/UFMT, 2006;
- Mapa Geomorfológico do Estado de Mato Grosso – Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão – IBGE – 2009.

A análise dos dados, a interpretação das investigações de campo e os mapeamentos de superfície permitiram que se identificasse a geologia regional e local, bem como que fossem definidas as características geológico-geotécnicas das fundações das diversas estruturas previstas no projeto básico da PCH Vila União. Com base nessa análise foram elaborados os mapas geológico e geomorfológico regional, as seções geológico-geotécnicas pelas principais estruturas e as definições das áreas de bota-fora para abrigar os excedentes das escavações.



## 7.2. Geologia Regional

A área estudada encontra-se inserida na Bacia Sedimentar do Paraná a qual se comporta como uma unidade geotectônica, com evolução registrada a partir do final do Pré-Cambriano, após a estabilização da Plataforma Sul-Americana e Província Tocantins-Faixa Alto Paraguai. Segundo a maioria dos pesquisadores, a Bacia Sedimentar do Paraná representa uma depressão intracratônica simétrica, cujo eixo principal de deposição se alinha numa direção aproximada NNE-SSW e NS, refletindo um padrão estrutural com visíveis deslocamentos de blocos e falhamentos escalonados, próprios dos estilos paratectônicos.

A Bacia Sedimentar do Paraná é formada por uma variedade muito grande de litologias, desde o Paleozóico até o Cenozóico, as quais nos estudos regionais da PCH Vila União são representadas pelas seguintes unidades litológicas: Grupo Paraná – Formação Ponta Grossa, Formação Aquidauana, Formação Botucatu, Grupo Bauru Indiviso e Cobertura Detrito Laterítica, posicionadas segundo a coluna litoestratigráfica apresentada na Tabela 7-1.

A Faixa Alto Paraguai é uma entidade tectônica Neoproterozóica edificada na borda sul do Cráton Amazonas, exibindo-se em forma de arco com concavidade para SE no seu ramo norte e NS no seu segmento sul. Faixa Alto Paraguai é representada somente pelo Grupo Cuiabá-Subunidade 7.

**Tabela 7-1: Coluna Litoestratigráfica (CPRM, 2004)**

EON	ERA	PERÍODO	DESCRIÇÃO SUMÁRIA DAS UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS
Fanerozóico	Cenozóico	Quaternário	<b>Cobertura Detrito Laterítica (Nqdl):</b> Laterita com concreções ferruginosas; níveis de cascalho e horizontes mosqueados.
		Cretáceo	<b>Grupo Bauru Indiviso (K2b):</b> Arenito fino com intercalações de siltito, argilito, arenito conglomerático e conglomerado, marrom a bege, róseo ou cinza esverdeado, calcirudito, calcarenito e calcilutito.
	Mesozóico	Cretáceo	<b>Formação Botucatu (J3K1bt):</b> Arenito fino a grosso de coloração avermelhada, grãos bem arredondados e com alta esfericidade, estratificação cruzada de grande porte.
		Paleozóico	PermoCarbonífero

EON	ERA	PERÍODO	DESCRIÇÃO SUMÁRIA DAS UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS
		Devoniano	<b>Grupo Paraná-Formação Ponta Grossa (Dpg):</b> Arenitos finos a muito finos com intercalações de siltitos, argilitos e delgados níveis conglomeráticos.
Proterozóico	Neoproterozóico	Criogeniano	<b>Grupo Cuiabá – Subunidade 7 (NPcu7):</b> Metaparaconglomerado petromítico, matriz areno-argilosa com clastos de quartzo, quartzito, calcário, rocha máfica e granítica e raras intercalações de filito.

### **Grupo Cuiabá – Subunidade 7 (NPcu7)**

Esta formação ocorre na porção noroeste da área em estudo, na região da cidade de Nova Brasilândia (MT).

O Grupo Cuiabá constitui uma sequência de metassedimentos dobrados que integra a unidade tectônica denominada Faixa Alto Paraguai. Esse Grupo foi dividido em nove subunidades das quais somente a subunidade 7 tem ocorrência na área em estudos.

A Subunidade 7 é constituída por metaparaconglomerados (metadiamicititos) petromíticos, matriz areno-argilosa, com clastos de quartzo, quartzito, calcário, rochas máficas e graníticas e raras intercalações de filitos. Essa subunidade representa um ambiente de sedimentação glácio-marinho, provavelmente associado a grandes massas de gelo flutuantes (Luz et al., 1980).

### **Formação Ponta Grossa (Dpg)**

Esta formação, no estado do Mato Grosso, aparece cobrindo uma faixa descontínua a partir da cidade de General Carneiro, para norte, com até cerca de 40 km de largura. Seu contato inferior, com a Formação Furnas, é concordante e gradacional e, em alguns casos, é feito através de falha, como nas proximidades da cidade de Barra do Garças e General Carneiro. O contato superior, com a Formação Aquidauana, normalmente é discordante erosivo e outras vezes, ocorre por falhamentos de gravidade.

Ocorre no extremo leste da área estudada. Os clásticos finos são os tipos litológicos que ocorrem com maior incidência dentro da referida unidade. São argilitos, folhelhos, siltitos e arenitos muito finos, que se intercalam ao longo de todo o pacote. O horizonte superior, quando exposto, é marcado por uma capa detrito-laterítica de 2 a 3 m de espessura, onde ocorre razoável concentração de óxido de ferro.

Os siltitos, folhelhos e argilitos são de cores variadas, predominando as amareladas e marrons avermelhadas. Exibem laminação muito bem desenvolvida e alto conteúdo de micas.

Os arenitos são de cor branca, cinza, amarela ou marrom. Apresentam granulação fina, com grãos bem selecionados, contendo feldspatos, micas, e, em alguns pontos, concentrações de óxido de ferro. Exibem estratificações plano-paralelas e cruzadas de baixo ângulo e, localmente, leitons ondulados desenvolvidos por efeito da compactação diferencial.

### **Formação Aquidauana (C2P1a)**

Ocorre predominantemente na porção leste e pequena porção a sudoeste da área de estudos e apresenta uma superfície geralmente plana ou em escharpa em degrau, coberta quase sempre

por vegetação do tipo cerrado. Nas regiões afetadas por falhamentos, a topografia torna-se acidentada, evidenciando, com isso, corpos tabulares que desenvolvem abruptos paredões.

Sua espessura varia na região de 200 a 700 m, recobrando discordantemente a Formação Ponta Grossa e sendo recoberta, também de forma discordante, pela Formação Palermo.

Litologicamente, evidencia-se na Formação Aquidauana, como um todo, a presença de arenitos com níveis conglomeráticos e intercalações de siltito e argilito; subordinadamente, ocorrem lentes de diamictitos e sillexito, supostamente de origem glacial. A deposição ocorreu entre o Carbonífero Superior (Stephaniano) e o Permiano Inferior (Sakaniano), em ambiente continental, fluvial e lacustre, em parte com contribuições glaciais.

Gonçalves & Schneider (1970) identificaram, nesta unidade, três conjuntos litológicos distintos, localmente com posicionamento definido.

- O conjunto inferior é constituído por arenitos vermelho-arroxeados, às vezes esbranquiçados ou avermelhados, médios a grosseiros, feldspáticos e argilosos, com níveis conglomeráticos (localmente delgado conglomerado basal) e com intercalações subordinadas de siltitos e diamictitos finos e médios;
- O pacote mediano da sequência mostra uma intercalação de arenitos e pelitos que englobam, muitas vezes, lentes de diamictitos. A fração pelítica é representada por delgadas camadas de argilitos e siltitos finamente estratificados, micromicáceos, de coloração róseo-avermelhada ou vermelho arroxeadado. Secundariamente, ocorrem arenitos arcoseanos e folhelhos cinza a cinza-esverdeados;
- No conjunto superior, predominam novamente sedimentos arenosos vermelho-arroxeados, só que de granulação mais fina e melhor selecionados.

### **Formação Botucatu (J3Ak1bt)**

Esta formação ocorre nas regiões centro-sul e leste do Estado de Mato Grosso e compreendem arenitos vermelho-tijolo, friáveis, pouco argilosos, caulínicos, feldspáticos, geralmente médios a finos, grãos bem arredondados a subarredondados, esfericidade boa, mal selecionado no conjunto e bem selecionado ao longo das extensas e abundantes lâminas que seguem os planos de estratificações cruzadas eólicas, finamente estratificadas plano-paralelamente. Os grãos de quartzo mostram superfícies foscas e são envolvidos por uma película ferruginosa.

Aflora na porção sudoeste da área, em contato com as Formações Ponta Grossa e Aquidauana.

### **Grupo Bauru Indiviso (K2b)**

O Grupo Bauru, entre a região da Chapada dos Guimarães e Paredão Grande (município de General Carneiro), assenta em discordância erosiva sobre unidades mais antigas e é passível de individualização em quatro unidades conforme Weska et al. (1988), Godoy et al. (2003) e Costa et al. (2003). Todavia, não existem mapeamentos cuja cobertura permita uma compilação e integração com imagens de sensores remotos, de modo que esta divisão possa ser representada e discutida. Perfis elaborados nas regiões da Fazenda Chafariz, Cachoeira do Bom Jardim, Dom Aquino e Poxoréo permitiram a consolidação da propriedade da divisão proposta em quatro formações: Paredão Grande, Quilombinho, Cachoeira do Bom Jardim e Cambambe. Entretanto, por questão de escala, apenas a Paredão Grande foi individualizada como Suíte Magmática, ficando as restantes como Bauru Indiviso.

Esses sedimentos depositaram-se no Cretáceo Superior e afloram na porção oeste da área, onde se assentam discordantemente sobre as Formações Aquidauana e Ponta Grossa. Sua base é constituída por conglomerado mal classificado, sustentado por matriz calcifera-argilosa (calculutito) e calcifera-arenosa (calcarenito), com seixos arredondados de quartzo, quartzitos e rochas básicas. A ele sobrepõe-se arenitos de granulação média a fina, de cor creme-avermelhado, mal classificados, bem arredondados, de alta esfericidade, localmente calcíferos

e intercalações de siltito e argilito. Níveis de sílex oolítico são bastante comuns. As estruturas sedimentares estão pobremente expostas, predominando entre elas, as tabulares, as laminações plano-paralelas e as cruzadas.

Os sedimentos do Grupo Bauru Indiviso depositaram-se no Cretáceo Superior.

### **Cobertura Detrito Laterítica (NQdl)**

Ocorre dispersamente por quase toda a área, tendo a maior exposição na parte central, onde ocorre sobre os sedimentos da Formação Aquidauana. Geralmente ocupam interflúvios de extensas áreas peneplanizadas, conhecidas regionalmente como chapadões e chapadas.

As superfícies aplainadas são constituídas predominantemente por solos argilo-arenosos de tonalidade avermelhada, ricos em concreções ferruginosas, além de níveis de argilas coloridas e areias inconsolidadas.

Os lateritos imaturos, quando em perfis completos e preservados, modelam grande parte do relevo atual. Apresentam a sua parte superior (horizonte colunar/concrecionário) aflorante, configurando a parte elevada do relevo. Em certas áreas, onde a parte superior está mais espessa e endurecida e houve maior entalhamento da drenagem, observa-se a formação de um relevo tendendo a platôs. Nas encostas, aflora a parte mediana dos perfis (horizonte mosqueado), podendo estar parcialmente recoberta por colúvios/alúvios areno-argilosos. Suas espessuras variam desde poucos decímetros a até, no máximo, 50 m.

As coberturas detrito-lateríticas da área desenvolveram-se durante o Tércio-Quaternário.

---

## **7.3. Geotectônica e Geologia Estrutural**

A bacia hidrográfica do rio das Mortes, na área de interesse para o projeto, está inserida predominantemente no domínio da Bacia Sedimentar do Paraná e na Faixa Alto Paraguai. As unidades constituintes e formadoras desta área refletem sua evolução tectônica e estão relacionadas aos domínios estruturais, muitas vezes distribuídas de forma linear ou entrecortadas.

A Bacia do Paraná é uma bacia intracratônica que apresenta um histórico de evolução tectonossedimentar policíclico, que ocorre do Paleozóico ao Mesozóico e que se encontra situada no centro-leste da América do Sul.

Com formato alongado na direção NE-SW, a Bacia do Paraná desenvolveu-se totalmente inserida sobre a crosta continental, na plataforma Sul-Americana. Sua evolução está relacionada com um período de estabilização tectônica após os eventos metamórficos e magmáticos do Ciclo Brasileiro.

O limite noroeste da bacia, objeto desses estudos trata do cinturão de dobramentos do Paraguai-Araguaia (Pré-Cambriano Superior/Ordoviciano), que possivelmente agiu como uma barreira topográfica para a sedimentação. Os outros limites da bacia delimitam áreas onde os estratos encontram-se sobrepostos às rochas cristalinas de províncias cratônicas ou de faixas móveis de embasamento Pré-Cambriano.

O embasamento da Bacia do Paraná é dominado por um marcante padrão de feições lineares que se entrecruzam. Esses lineamentos podem ser divididos em três grupos, definidos por três direções principais, NW-SE, NE-SW e E-W. Esses lineamentos constituem falhas, responsáveis pela evolução e controle de todos os aspectos geológicos da Bacia do Paraná (Zálan et al., 1990). Os lineamentos de direção NW-SE e NE-SW são os mais importantes e constituem as zonas de fraqueza mais antigas e extensas que foram recorrentes e ativas durante a evolução da bacia. A ocorrência de grandes diques e deformação associada é típica de zona de falha com direção NW. O padrão estrutural das zonas de falha NE é retilíneo, com ausência de diques e deformações associadas. Os lineamentos E-W são pouco compreendidos na Bacia do Paraná,

entretanto, Zálan et al.(1990) sugerem a importância da Influência desses lineamentos na atual arcabouço estrutural da bacia.

A Faixa Alto Paraguai é uma entidade tectônica Neoproterozóica edificada na borda Sul do Cráton Amazonas. É caracterizada por uma sequência de rochas metassedimentares (Grupos Cuiabá, Alto Paraguai e Formações Puga, Bauxi e Urucum) e rochas metavulcanossedimentares da Unidade Nova Xavantina.

A Faixa Alto Paraguai exibe-se na forma de arco com concavidade para SE, orientando-se na direção NE-SW no seu ramo norte e N-S no seu segmento sul, com extensão de 1.500 km e largura média de 300 km. Esta faixa foi subdividida em zona interna metamorfisada e dobrada, e tida como mais antiga, e zona externa. As rochas do Grupo Cuiabá ocupam a zona interna e exibem uma estruturação marcada pelo desenvolvimento de um sistema de empurrões e dobras inversas e isoclinais de direção NE-SW a ENE-WSW, com planos axiais exibindo mergulhos suaves para SE e também dobras assimétricas a isoclinais com nítida vergência para as áreas internas da faixa dobrada, em sentido oposto ao Cráton.

#### **7.4. Geomorfologia Regional**

A similitude de formas de relevo e seu posicionamento altimétrico relativo, aliados as condicionantes de natureza estrutural, litológica e a traços genéricos comuns, constituem os elementos básicos para a definição de unidades geomorfológicas.

Estão presentes na área em estudo duas Unidades Geomorfológicas, definidas como Cinturões Móveis Neoproterozóicos, Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas e Depósitos Sedimentares Quaternários.

A visível correlação entre nível altimétrico e características geomorfológicas, litológicas e geotectônicas na área levou à compartimentação da unidade morfoestrutural Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas em duas unidades morfoesculturais denominadas Planalto dos Alcantilados e Planalto dos Guimarães.

A alta bacia do rio das Mortes, em especial, caracteriza-se com formas de acumulação e erosão com suave dissecação, que representam em sua maioria formas tabulares e superfícies pediplanadas. Relevo de topo aplainado, com diferentes ordens de grandeza e aprofundamento de drenagem, separado por vales de fundo plano. No entanto, não existem pontos com destaque de cotas elevadas, ficando com altitude média de 610 metros. A área toda foi fortemente influenciada pela tectônica, o que originou patamares estruturais posicionados em diferentes níveis altimétricos e escarpas associadas a linhas de falha.

As principais formas erosivas da bacia estão associadas ao alto curso das drenagens contribuintes da porção norte e noroeste do domínio espacial da alta bacia do rio das Mortes, rios Suspiro e Cumbuco, apresentando superfície erosiva tabular com ressaltos topográficos.

##### **Depressão Cuiabana**

Restringe-se sua ocorrência na porção noroeste da área, englobando a localidade de Nova Brasilândia. É sustentada por metaconglomerados e filitos do Grupo Cuiabá.

Caracteriza-se por um relevo plano a levemente ondulado, em colinas rampeadas amplas e suaves, com baixas amplitudes de relevo e sedimentação aluvial expressiva. Predomínio de solos profundos e bem drenados com baixa suscetibilidade à erosão e em topos planos, aptos à lavoura e pastagens plantadas. Nos amplos fundos de vales ocorrem solos pouco espessos, imperfeitamente drenados e concrecionários, com moderada a alta suscetibilidade à erosão laminar e lineares (sulcos e ravinas) e severas restrições para agricultura.

O modelado de dissecação diferencial ocorre com forma de topo colinoso, fina densidade das drenagens e fraco aprofundamento das incisões.

### **Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas – Planalto dos Alcantilados**

Ocupa a região sul da área, margeando a rodovia BR-70 até próximo à cidade de Primavera do Leste.

Esse planalto apresenta-se como uma unidade com feições morfológicas relativamente complexas, marcadas por extremidades com escarpas em alcantis (abruptas em forma de despenhadeiros), em rampas não muito bem definidas e recortadas por relevos residuais de topos planos, apresentando-se, via de regra, como seções topográficas interdigitadas na porção meridional da Chapada dos Guimarães, exceto, segundo Ross e Santos (1982), com relevos de aspecto residual que configuram sua porção sudeste.

Notadamente as feições geomorfológicas apresentam-se em escarpas altas e abruptas, que se destacam na paisagem geomorfológica regionalmente. Esses patamares segundo Ross e Santos (1982), estão posicionados com as frentes escarpadas para sudeste. A presença dos mesmos está relacionada a uma conjugação de fatores, tais como: movimentos tectônicos e atuação de processos erosivos diferenciais. Portanto, um pequeno patamar ocorre na passagem dos arenitos e argilitos da Formação Aquidauana para os arenitos silicificados da Formação Palermo. Contudo, o degrau mais desenvolvido é bem reconhecido na passagem da Formação Palermo para a Formação Botucatu.

O modelado de dissecação fluvial, com conjunto de formas de relevo de topos tabulares, resulta em aprofundamento muito fraco das incisões e densidade das drenagens muito grosseiras.

### **Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas – Planalto dos Guimarães**

Esse domínio caracteriza-se por um conjunto de escarpas e planaltos (chapadas) pertencentes à Bacia Sedimentar do Paraná. Ocupa a maior parte da área em estudo, englobando o rio das Mortes, sobretudo na região prevista para implantação da futura PCH Vila União.

A chapada é contornada por relevo escarpado, e na parte noroeste, nas cabeceiras do rio Cumbuco, afluente da margem esquerda do rio das Mortes, junto ao traçado da MT-251, as escarpas têm vertentes sustentadas por cristas e colinas estreitas alinhadas, resultantes de produtos de falhamentos.

Essa unidade está embasada por arenitos quartzíticos da Formação Botucatu e pelos sedimentos da Formação Aquidauana em sua porção leste.

Apresenta solos friáveis, arenosos e permeáveis, com alta erodibilidade. Assim, apresenta uma alta vulnerabilidade natural dos aquíferos. Salienta-se na paisagem regional pelos paredões rochosos subverticais com desnivelamentos superiores a 300 metros, exibindo típico relevo ruiforme no topo da escarpa e ocorrência expressiva de depósitos de tálus no seu sopé, em clássica morfologia de cones detriticos.

### **Depósitos Sedimentares Quaternários – Planície Amazônica-Planície Fluvial**

As Planícies Fluviais dividem-se em Planície Aluvionar Meandriforme (Pmd), distribuída de maneira contínua na calha principal do rio das Mortes e abrangendo cerca de 6% da área de estudo; e, Planície Fluvial, de ocorrência restrita (1%), apresenta-se na cabeceira do extremo norte da rede de drenagem e no encontro dos rios Cumbuco, Suspiro e das Mortes. Essas unidades desenvolvem-se sobre sedimentos aluvionares recobertos por solos aluvionares predominantemente arenosos e pontos isolados de afloramentos rochosos (FM. Aquidauana), e de áreas encharcadas; e áreas deprimidas sujeitas a alagamentos periódicos. Ocorre nos vales com preenchimento aluvial holocênico.



---

## 7.5. Recursos Minerais

---

Foi feita uma pesquisa no Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM no mês de Abril/2016 para se determinar a presença e a fase em que se encontram os processos minerários nas proximidades do sítio de barramento.

Verificou-se que na área de influência do reservatório da PCH Vila União, não se encontram processos minerários em andamento (fonte: DNPM/SIGMINE).

---

## 7.6. Sismicidade Natural e Induzida

---

Os eventos sísmicos brasileiros são, de modo geral, de pequena magnitude (4,5 na escala Richter) e, comumente ocorrem em baixas profundidades (30 km), sendo, por isso, sentidos até poucos quilômetros do epicentro, respondendo ao padrão de sismicidade esperado para regiões de interior de placas tectônicas.

A implantação de usinas hidrelétricas exige estudos prévios das características sísmicas da região, a fim de se conhecer o risco sísmico para as estruturas a serem futuramente construídas. Nesse aspecto, tanto a sismicidade natural (SN), como sismicidade induzida por reservatórios (SIR) assumem importância dentro dos estudos prévios.

A sismicidade natural compreende a liberação repentina de energia na crosta terrestre, atribuída à ruptura do tipo rígido de maciços rochosos submetidos à concentração de tensões em profundidade. Trata-se de processos naturais de geração e propagação de ondas sísmicas em consequência dos movimentos da litosfera, sendo frequentemente destrutivos na superfície terrestre, em que a ocorrência se verifica quando as tensões ultrapassam o limite de resistência ao cisalhamento, e blocos de rocha se rompem, preferencialmente ao longo de planos de descontinuidades pré-existentes, gerando vibrações que podem afetar ou não a superfície terrestre.

A sismicidade induzida é aquela atribuída às obras de engenharia de grande porte, incluindo principalmente grandes reservatórios de acumulação de água, como os das usinas hidrelétricas. Dependendo da intensidade, as vibrações provocadas pelas obras, além de transtornos para a população, também podem afetar as estruturas construídas e os equipamentos mecânicos instalados, sendo que um número razoável de empreendimentos hidrelétricos brasileiros possui equipamentos e estações sísmicas instaladas ao redor de seus reservatórios. Alguns sismos induzidos já foram registrados no Brasil, em algumas usinas hidrelétricas.

Embora seja um fenômeno raro, a sismicidade induzida por reservatórios (SIR) é considerada um risco potencial, dado que anteriormente acreditava-se que os lagos artificiais só podiam gerar sismos de pequena magnitude, associados exclusivamente ao peso da água neles contida (barragens de alturas superiores a 100 m e volumes maiores de 1 bilhão de m<sup>3</sup> de água; Oborn, 1994). Constatou-se, posteriormente, que não se pode descartar a hipótese de uma relação entre "abalos sísmicos" e enchimento de reservatórios. Por isso, o estudo da SIR tornou-se um campo de particular importância para as pesquisas sismológicas.

A formação de reservatórios, alterando as condições estáticas do substrato rochoso do ponto de vista mecânico (em virtude do próprio peso da massa d'água) e do ponto de vista hidráulico (em consequência da infiltração do fluido na subsuperfície), pode causar pressões internas nas camadas rochosas profundas, capazes de desencadear distúrbios tectônicos, caso as condições geológicas locais sejam propícias.

A SIR é, portanto, um fenômeno dinâmico resultante da interação complexa das novas forças induzidas pela formação de um lago, que passam a interferir sobre o regime de forças naturais previamente existentes. Não se sabe, ao certo, se o reservatório formado apenas antecipa a

ocorrência de abalos sísmicos que viriam a ocorrer naturalmente de qualquer maneira, ou se pode também alterar a magnitude dos sismos.

Embora sejam facilmente identificáveis por instrumentos específicos, a constatação dos seus danos em superfície torna-se difícil, sobretudo pela energia extremamente dissipada, incapaz de produzir efeitos possíveis de mensuração e evidentemente desprezíveis no que concerne às estruturas de barragens existentes e futuras nessa região ou proximidades.

Nos estudos em tela pode-se concluir que a sismicidade natural de toda a região é baixa e que os registros de abalos existentes estão relacionados à presença de zonas sismogênicas. Quanto aos sismos induzidos, considerando em particular a região geologicamente estável do reservatório da PCH Vila União, não é de se esperar a ocorrência de abalos decorrentes do mesmo. No entanto, tem sido praxe nos projetos de grandes barragens brasileiras a adoção do valor para aceleração horizontal de 0,005g e aceleração vertical de 0,003g (para  $g=9,81 \text{ m/s}^2$ ).

A Figura 7-1 apresenta um mapa de Localização de sismos com magnitude superior a 3,0 mR (Richter) e macrosismos históricos ocorridos no Brasil (Tomado do site [www.obsis.unb.br](http://www.obsis.unb.br), 2009).

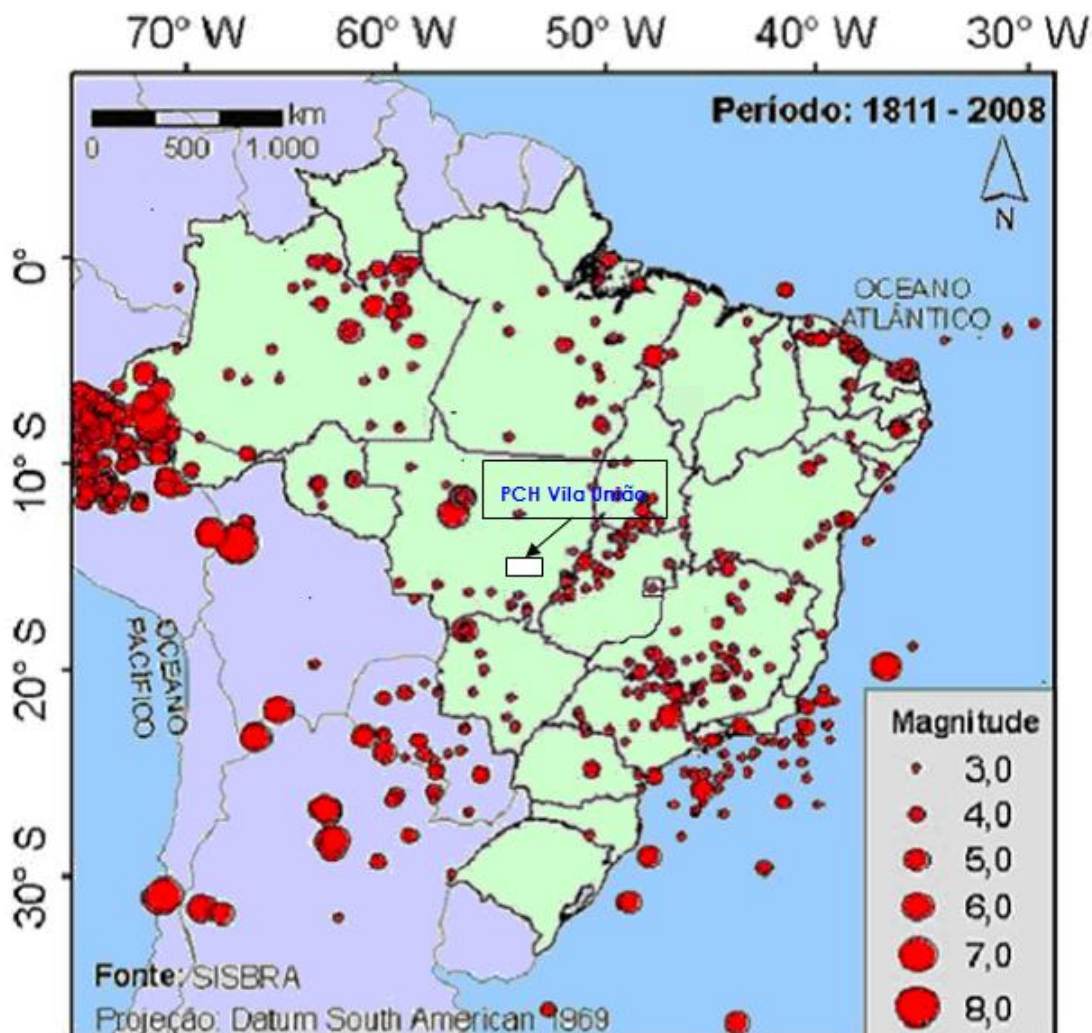


Figura 7-1: Sismos no Brasil

---

## 7.7. Estanqueidade do Reservatório

---

O reservatório da PCH Vila União deverá ocupar uma área cuja litologia é constituída pelas rochas da Formação Aquidauana, correspondentes a arenitos muito finos a médios com intercalações locais de siltitos/argilitos. Em superfície, ocorrem solos argilo-arenosos com concreções ferruginosas, pertencentes à Cobertura Detrito Laterítica, menos permeáveis e que não poderiam se constituir em fugas preferenciais. Esses solos deverão ser removidos localmente por ocasião da construção do barramento. Nos trechos dentro do reservatório, porém fora da área da barragem, a percolação d'água deverá ser pouco significativa. Quanto ao maciço rochoso de fundação na área do reservatório, de maneira geral, é pouco a medianamente fraturado e pouco permeável, não permitindo fugas em potencial por este material.

Nessa área não foi constatada a presença de cavidades e outras estruturas geológicas, nem mesmo corpos de sedimentos de cobertura com permeabilidade alta, tais como terraços aluviais, os quais, associados a determinadas situações topográficas, poderiam constituir elementos favoráveis para a fuga de água do reservatório em volumes consideráveis.

---

## 7.8. Estabilidade das Encostas

---

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

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

O reservatório da PCH Vila União apresenta, em geral, em suas margens, encostas suaves próximas à área da barragem. Localmente, ocorrem taludes com maior declividade, o que pode gerar alguma instabilidade em função da presença de materiais arenosos abaixo da cobertura laterítica.

Os remanescentes florestais existentes às margens do Rio das Mortes mostram uma vegetação de mata ciliar, em grande parte preservada e não deverá ser afetada pelo nível operacional do reservatório. Acima do nível do reservatório, ocorre grande concentração de lavoura mecanizada, porém sem interferência com a operação da futura usina.

---

## 7.9. Geologia Local

---

### 7.9.1. Investigações Geológico-Geotécnicas Executadas

---

As investigações foram executadas pela empresa NACON Sondagens. Foram executadas 5 sondagens mistas, com comprimento total de perfuração igual a 47,23 m, 3 sondagens a percussão totalizando 21,14 m de perfuração e 6 sondagens a trado para pesquisa de área de empréstimo, totalizando 18,0 m de perfurações. Foram executados ainda ensaios geotécnicos de laboratório, cujo relatório específico dessas investigações está apresentado no **Volume 3 – Tomo II** deste relatório de Projeto Básico.

### 7.9.2. Interpretação dos Resultados das Investigações Geológico-Geotécnicas

---

As sondagens mistas foram executadas ao longo do eixo proposto para o barramento e na região da tomada d'água e casa de força.

Os resultados das sondagens SM-VU-01 a SM-VU-03 apresentaram um capeamento de solo com espessura máxima de 2,0 m na região do barramento, sobreposto a um maciço rochoso constituído por fragmentos de silexito/silcrete (F4/F5) até a profundidade investigada de 12,0 m. Esse maciço é de qualidade pobre a muito pobre de acordo com os parâmetros de RQD.

O solo sobrejacente apresentou índices de SPT variando de 5 a 22 golpes/30 cm finais de penetração, sendo composto de argila arenosa com intercalações de pedregulhos.

Na região da tomada d'água e da casa de força as sondagens SM-VU-04 e SM-VU-05 apresentaram um capeamento de solo de 8,0 m e 7,0 m, respectivamente, sobre maciço rochoso fragmentado de silcrete (areia e cascalho cimentados por sílica), com intercalações de solo arenoso até a profundidade investigada de 15,0 metros.

Esse maciço rochoso, até a profundidade investigada, apresenta uma granulação fina, pouco a medianamente alterado, coerente a pouco coerente (A2/A3, C2/C3) e pouco fraturado (F2).

---

## **7.10. Condições Geológico-Geotécnicas das Fundações Estruturais**

---

Neste item são descritas as condições de fundações previstas nas principais estruturas que compõem o arranjo das obras, que estão divididas entre as duas margens do rio e seu leito. As considerações foram feitas como base nas investigações executadas em profundidade e as informações obtidas com o mapeamento geológico de superfície.

---

### **7.10.1. Barragem de Concreto – Margens Direita**

---

Essa estrutura deverá constituir a ombreira direita do barramento, devendo ter um comprimento de 36,0 m, altura máxima de 2,0 m, sendo um prolongamento do trecho final do vertedouro. Deverá ser assente em maciço rochoso de silexito, composto por fragmentos de rocha e camada coesa de elevada dureza, com cavidades interligadas, em matriz de solo arenoso, de acordo com os resultados apresentados na sondagem SM-VU-01.

Na área de implantação dessa estrutura são previstos tratamentos das fundações por meio de limpeza com jatos de ar e água, remoção de eventuais "bolsões" de material pouco consistente, camada de regularização em concreto, cortina de injeção e eventuais injeções rasas de cimento, com a finalidade de preencher os vazios e consolidar o maciço rochoso da fundação.

---

### **7.10.2. Barragem de Concreto – Margem Esquerda**

---

Essa estrutura estará posicionada entre as adufas de desvio e tomada d'água de controle. Foi dimensionada para um comprimento de aproximadamente 40,0 m e altura máxima de aproximadamente 8,5 m no trecho do leito do rio.

Deverá estar assente em maciço rochoso de silexito, composto por fragmentos de rocha formando uma camada coesa de elevada dureza, com cavidades centimétricas interligadas, em matriz de solo arenoso, de acordo com os resultados apresentados nas sondagens SM-VU-02 e SM-VU-03.

Na área de implantação dessa estrutura são previstos tratamentos das fundações por meio de limpeza com jatos de ar e água, remoção de eventuais "bolsões" de material pouco consistente, camada de regularização em concreto, cortina de injeção e eventuais injeções rasas de cimento, com a finalidade de preencher os vazios e consolidar o maciço rochoso da fundação.

### 7.10.3. Vertedouro

---

Essa estrutura apresentará um comprimento de 120,0 m, devendo ser posicionada em ambas as margens e leito do rio, com altura máxima de 2,0 m no leito do rio. A estrutura do vertedouro será adjacente à barragem de concreto pelo seu lado direito, e por seu lado esquerdo, estará em contato com a estrutura das adufas de desvio.

Sua fundação estará assentada em maciço rochoso de silexito composto por fragmentos de rocha, formando uma camada coesa de elevada dureza, com cavidades centimétricas interligadas, em matriz de solo arenoso, de acordo com os resultados apresentados nas sondagens SM-VU-01 e SM-VU-02.

Nas fundações do vertedouro são previstos tratamentos por meio de limpeza com jatos de ar e água, remoção de eventuais "bolsões" de material pouco consistente, camada de regularização em concreto, cortina de injeção e eventuais injeções rasas de cimento, com a finalidade de preencher os vazios e consolidar o maciço rochoso da fundação.

### 7.10.4. Adufas de Desvio

---

Essa estrutura, com previsão de locação para o leito do rio, foi dimensionada para um comprimento de 10,3 m e deverá ser assente na cota 571,40 m. Nessa cota, a fundação é composta por fragmentos de rocha formando uma camada coesa de elevada dureza, com cavidades centimétricas interligadas, em matriz de solo arenoso, de acordo com os resultados apresentados nas sondagens SM-VU-02.

Nas fundações das adufas de desvio são previstos tratamentos por meio de limpeza com jatos de ar e água, remoção de eventuais "bolsões" de material pouco consistente, camada de regularização em concreto, cortina de injeção e eventuais injeções rasas de cimento, com a finalidade de preencher os vazios e consolidar o maciço rochoso da fundação.

### 7.10.5. Tomada d'Água de Controle

---

Essa estrutura foi prevista para ser construída na margem esquerda, tendo um comprimento de 10,3 m e deverá ser assente na cota 571,35 m. Nessa cota, a fundação é composta por fragmentos de rocha formando uma camada coesa de elevada dureza, com cavidades centimétricas interligadas, em matriz de solo arenoso, de acordo com os resultados apresentados na sondagem SM-VU-03.

Nas fundações da tomada d'água de controle são previstos tratamentos por meio de limpeza com jatos de ar e água, remoção de eventuais "bolsões" de material pouco consistente, camada de regularização em concreto, cortina de injeção e eventuais injeções rasas de cimento, com a finalidade de preencher os vazios e consolidar o maciço rochoso da fundação. Além da camada de regularização, poderá ser necessário um reforço da fundação por meio de injeções complementares e/ou um aumento da extensão da base da fundação em concreto.

### 7.10.6. Canal de Adução

---

O canal de adução, a partir da tomada d'água de controle, tem seu traçado pela margem esquerda e apresenta, em planta, um comprimento de aproximadamente 2.900 m e seção de 9,30 m de largura de base.

Suas escavações serão iniciadas na cota 572,85 m e finalizadas na entrada da câmara de carga, na cota 572,75 m. Será escavado em rocha, em seu trecho inicial, e o restante em solo argilo-arenoso, com inclinação do talude de 1,0V:0,4H no trecho inferior (rocha) e 1,0V:1,5H no trecho superior (solo) do canal.



No trecho em rocha, os taludes deverão ser revestidos com concreto projetado e no trecho em solo, suas fundações deverão ser drenadas e seus taludes e piso deverão ser revestidos com manta geomembrana de PEAD.

#### **7.10.7. Câmara de Carga e Tomada d'Água**

A estrutura da câmara de carga terá um comprimento de 43,0 m e largura de 35,0 m, devendo ser escavada até a cota 566,50 m. Nesta elevação prevalece a ocorrência do maciço rochoso de silexito, composto por fragmentos de rocha, formando uma camada coesa de elevada dureza, com cavidades centimétricas interligadas, em matriz de solo arenoso, de acordo com os resultados apresentados na sondagem SM-VU-04.

A estrutura da tomada d'água, em sequência à câmara de carga, deverá ter um comprimento de 11,3 m e largura de 20,4 m, tendo suas fundações escavadas até a cota 565,50 m. Nesta elevação ocorre o maciço rochoso de silexito, composto por fragmentos de rocha formando uma camada coesa de elevada dureza, com cavidades centimétricas interligadas, em matriz de solo arenoso, de acordo com os resultados apresentados nas sondagens SM-VU-04 e SM-VU-05.

Nas fundações da câmara de carga e da tomada d'água são previstos tratamentos por meio de limpeza com jatos de ar e água, remoção de eventuais "bolsões" de material pouco consistente, camada de regularização em concreto, cortina de injeção e eventuais injeções rasas de cimento, com a finalidade de preencher os vazios e consolidar o maciço rochoso da fundação.

#### **7.10.8. Casa de Força e Canal de Fuga**

A área da casa de força deverá ser escavada até a cota 547,0 m, devendo seu piso inferior ser assente em maciço rochoso de silexito, composto por fragmentos de rocha formando uma camada coesa de elevada dureza, com cavidades centimétricas interligadas, em matriz de solo arenoso e rocha alterada mole (A4/C4), de acordo com os resultados apresentados na sondagem SM-VU-06.

Nas fundações da casa de força são previstos tratamentos por meio de limpeza com jatos de ar e água, remoção de eventuais "bolsões" de material pouco consistente, camada de regularização em concreto, cortina de injeção e eventuais injeções rasas de cimento, com a finalidade de preencher os vazios e consolidar o maciço rochoso da fundação. Além da camada de regularização, poderá ser necessário um reforço da fundação por meio de injeções complementares e/ou um aumento da extensão da base da fundação em concreto.

Os taludes finais estes deverão ser protegidos com concreto projetado com fibras, tirantes e/ou chumbadores, complementado com drenagens, que terão a finalidade de aliviar as subpressões contidas no maciço.

O canal de fuga está previsto para ser escavado até a elevação 555,50 m, onde há a ocorrência de solo argilo-arenoso. Nesta cota, poderá ser necessária a regularização do piso e proteção dos taludes com concreto projetado e drenagens, no trecho abaixo do nível d'água de operação do canal. Os trechos dos taludes acima do N.A. deverão ser protegidos com cobertura vegetal, de modo a evitar os efeitos erosivos das águas superficiais. Canaletas de drenagens deverão ser previstas nas bermas que irão compor os taludes finais das escavações.

---

## 7.11. Disponibilidades de Materiais Naturais de Construção

---

### 7.11.1. Solos

---

Os estudos realizados em área de empréstimo na margem esquerda e a montante do local previsto para implantação da PCH Vila União demonstraram a existência de materiais terrosos com potencial para atender a demanda das obras civis. São solos finos com e sem concreções lateríticas, que apresentam textura predominantemente areno-argilosos, bem desenvolvidos e com uma espessura média de 3,0 m.

Nesses materiais foram executados ensaios de laboratório, 6 séries de cada ensaio: granulometria com sedimentação, massa específica, limites de consistência, umidade natural e compactação.

Os materiais terrosos a serem utilizados deverão ser utilizados para execução das ensecadeiras de montante e de jusante.

Lembrando que as escavações obrigatórias da tomada d'água de controle e principalmente do canal de adução deverão ser suficientes para todos os aterros das obras civis, com sobra considerável de material terroso, que deverá ser encaminhado às áreas de bota-fora.

### 7.11.2. Areias e Cascalho

---

Os depósitos de areias e cascalhos ocorrem associados ao contexto pedogenético e morfológico favorável ao aparecimento de solos espessos na região, sendo que os locais mais indicados para exploração estão localizados nas margens do rio das Mortes e em alguns de seus principais tributários. Nos casos do material encontrado nas margens dos rios, esses formam depósitos aluvionares de ocorrência em forma de "bancos" descontínuos.

Esse material poderá ser usado como filtro e agregado para concreto, necessitando, na próxima fase de projeto, de completa caracterização tecnológica.

### 7.11.3. Material Rochoso

---

As rochas que ocorrem na região incluem principalmente rochas sedimentares, como arenitos, siltitos e às vezes argilitos associados aos horizontes calcíferos com blocos e camadas descontínuas de silexito, as quais deverão ser obtidas das escavações obrigatórias. As rochas sedimentares, como arenitos e siltitos, são, em geral, rochas de baixa resistência e muito friáveis. As camadas de silexito apresentam-se como rochas muito fraturadas e intercaladas com solos arenosos e calcíferos. Subordinadamente ocorrem níveis lateríticos. No entanto, não é observada a possibilidade de exploração dos mesmos como pedreira para enrocamentos.

Durante os Estudos de Inventário, foram identificadas três fontes com materiais rochosos distintos, que deverão ser futuramente reavaliados:

- Ao norte da área, aproximadamente a 116 km da cidade de Primavera do Leste, na rodovia MT 130, ocorrem rochas calcárias da Formação Araras, com jazidas em exploração pelas empresas mineração Reical, Emal e Império Mineração que é uma opção de fonte de material pétreo de qualidade para uso na obra (agregado e/ou enrocamento);
- Ao sul, tem-se a cascalheira Mchnic, aproximadamente a 14 km de Primavera do Leste e 98 km de Campo Verde;
- Para oeste, encontra-se a Mineração Cavalca, aproximadamente a 160 km de Primavera do Leste e 60 km de Campo Verde.



Esse material poderá ser usado como filtro e agregado para concreto, necessitando, na próxima fase de projeto, de completa caracterização tecnológica.

## 7.12. Balanço de Materiais

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

Os 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. Com isso, após o desmonte, o solo assume um volume maior do que aquele em que se encontrava em seu estado natural. Para este estudo, foi considerado um grau de empolamento de 20%.

Já o material rochoso sofre o processo inverso, apresentando diminuição em seu volume quando removido e transportado. O volume final é diminuído devido a perdas de material por trituração, compactação, etc. Para este estudo foi considerada uma diminuição de volume de 10%.

Para o cálculo de balanço de materiais foi considerado que 30% do volume previsto para concreto é representado por rocha. Este valor é somado ao volume final de aterro em rocha.

A Tabela 7-2 apresenta o resultado da análise do balanço de materiais simplificado para os Estudos de Projeto Básico da PCH Vila União.

**Tabela 7-2: Balanço de materiais simplificado**

SOLO		
Escavação em solo (m <sup>3</sup> )	Grau de Empolamento (m <sup>3</sup> )	Volume Final (m <sup>3</sup> )
626.000	1,20	751.200

ROCHA		
Escavação em rocha (m <sup>3</sup> )	Volume compactado (m <sup>3</sup> )	Volume Final (m <sup>3</sup> )
98.500	0,90	88.650

ATERROS		
Aterro Solo (m <sup>3</sup> )	Fator solo compactado (m <sup>3</sup> )	Volume final aterro solo (m <sup>3</sup> )
44.500	1,15	51.200
Aterro Rocha (m <sup>3</sup> )		Volume final aterro rocha (m <sup>3</sup> )
2.000	1,50	3.000
Volume Concreto		
22.500	-	-

BALANÇO DE MATERIAIS	
Volume Movimento Solo = Escavação menos Aterro (m <sup>3</sup> )	Volume Movimento Rocha = Escavação menos Aterro (m <sup>3</sup> )
700.000	85.650
Obs. Se positivo, vai para área de bota-fora, se negativo, vem da Área de Empréstimo/Pedreira.	

Como pode ser observado na Tabela 7-2, após a aplicação de todos os parâmetros já citados, o volume de solos produzidos durante as escavações obrigatórias é suficiente para as necessidades para aterro, sendo que resta um volume de 700.000 m<sup>3</sup> de material que deverá ser conduzido para as áreas de bota-fora.

As escavações obrigatórias realizadas em rocha também serão suficientes para as necessidades da obra. Essas escavações estão previstas para produzir um total de aproximadamente 88.650 m<sup>3</sup> de rocha, sendo que a necessidade total gira em torno de 3.000 m<sup>3</sup>. Esta diferença de aproximadamente 85.650 m<sup>3</sup> deverá ser encaminhada para as áreas de bota-fora.

---

### 7.13. Áreas de Bota-Fora

---

Para esta fase dos estudos foram definidas quatro áreas de bota-fora, denominadas ABF-01 a ABF-04. As áreas ABF-01 a ABF-03 foram selecionadas para o lançamento de material terroso, enquanto que a área ABF-04 foi selecionada para o lançamento de material rochoso.

As áreas ABF-01 a ABF-03 totalizam um volume de 708.000 m<sup>3</sup> de bota-fora de material terroso e a área ABF-04 totaliza um volume de 90.000 m<sup>3</sup> de bota-fora de material rochoso.

Todo material de bota-fora deverá ser lançado em camadas e compactado pelo tráfego dos equipamentos de transporte e espalhamento. Deverão ser previstas drenagens adequadas e, ao final dos trabalhos, estes depósitos devem apresentar taludes estáveis e regulares e, eventualmente, proteção vegetal.

A **Ilustração 31** indica a localização das áreas de bota-fora.

## 8. ESTUDOS DE CUSTOS

Para a formulação dos preços unitários das principais obras civis foram utilizados: o sistema SISO RH e sua base de dados e também 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 meio de consultas informais a fabricantes.

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 em **setembro de 2015** 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. Beneficência 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 foram considerados com aplicação direta na área de compactação e 50% destinados para áreas de bota-fora.
- **11.13.00.12.11 Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Foram previstas escavações em rocha alterada e rocha sã. Considerou-se 90% do volume escavado em rocha sã destinados 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. Foram considerados: 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 (2 linhas  $\Phi=75$  mm, com espaçamento de 3 m e profundidade média de 30 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/m<sup>3</sup>.
- **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 e 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).

Foram consideradas as seguintes taxas: 60% do volume total de concreto, como volume de vazios para as estimativas de custo de cimbramento; área (m<sup>2</sup>) de formas planas (uso até 6 vezes) igual a 0,10 do volume de concreto e de 0,025, para formas curvas (uso até 6 vezes).

- **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 80 kg/m<sup>3</sup>.
- **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.
- **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 igual a 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:

**Aterro Lançado (10% 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 provenientes 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.

**Aterro Compactado (65% do volume total):** correspondente aos serviços de obtenção; carga e transporte; lançamento/espalhamento e de compactação de solo, para o alteamento das ensecadeiras. Foram considerados 80% do volume do material provenientes de escavações obrigatórias, e 20%, 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 (15% do volume total):** correspondente aos serviços de obtenção; carga e transporte; lançamento/espalhamento de enrocamento, nas ensecadeiras. Foram considerados 80% do volume do material provenientes 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.

**Enrocamento Compactado (5% do volume total):** correspondente aos serviços de obtenção; carga e transporte; lançamento/espalhamento e de compactação de enrocamento, nas ensecadeiras. Foram considerados 80% do volume do material provenientes 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 (5% 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.
- **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 foram considerados com aplicação direta na área de compactação e 80% destinados para áreas de bota-fora.
  - **12.16.24.12.11 – Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Foram previstas escavações em rocha alterada e rocha sã. Considerou-se 90% do volume escavado em rocha sã destinados 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.
  - **12.16.24.13 – Tratamento de Fundações:** Este serviço se refere à limpeza de superfície da rocha para fundação. Foram considerados: 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 (2 linhas  $\Phi=75$  mm, com espaçamento de 3 m e profundidade média de 30 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/m<sup>3</sup>.
- **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 e 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).

Foram consideradas as seguintes taxas: 60% do volume total de concreto, como volume de vazios para as estimativas de custo de cimbramento; área (m<sup>2</sup>) de formas planas (uso até 6 vezes) igual a 0,10 do volume de concreto e de 0,025, para formas curvas (uso até 6 vezes).

- **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 80 kg/m<sup>3</sup>.

- **Barragem e Dique 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 0,30 m.
- **12.17.25.24 – Aterro Compactado:** Corresponde aos serviços de obtenção; carga e transporte; lançamento/espalhamento e de compactação de solo, nas barragens. Foram considerados: 20% do volume do material provenientes de escavações obrigatórias, e 80% 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.

- **12.17.25.25 – Enrocamento:** Corresponde aos serviços de obtenção; carga e transporte; lançamento/espalhamento e de compactação de enrocamento, nas barragens. Foram considerados 10% do volume do material provenientes de escavações obrigatórias, 85% de estoques, e 5% de exploração em pedreiras.
- **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, foram considerados: 40% para as transições; 60% para os filtros horizontais e verticais.

- **12.17.25.32.18 – Proteção dos Taludes de Montante (RIP RAP):** Corresponde aos serviços de obtenção; carga e transporte; lançamento/espalhamento e de compactação de enrocamento, nas barragens. Foram considerados 100% do volume do material provenientes de estoques.
- **12.17.25.32.19 – Proteção dos Taludes de Jusante (grama em placa):** Corresponde aos custos de serviços contratados junto a empresas especializadas.
- **12.17.25.17 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.

- **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 foram considerados com aplicação direta na área de compactação e 50% destinados a áreas de botafora.
- **12.17.27.12.11 – Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Foram previstas escavações em rocha alterada e rocha sã. Considerou-se 90% do volume escavado em rocha sã destinados 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. Foram considerados: 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 (2 linhas  $\Phi = 75$  mm, com espaçamento de 3 m e profundidade média de 30 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 350 kg/m<sup>3</sup>.
- **12.17.27.14.14 – Concreto sem Cimento:** Considera as mesmas atividades previstas para a produção do concreto estrutural da casa de força.  
  
Quanto a formas e cimbramento, nessa composição foram previstas apenas formas planas, a uma taxa de 0,05 m<sup>2</sup> de forma por m<sup>3</sup> de concreto.
- **12.17.27.14.15 – Armadura:** Análoga à composição prevista para a casa de força, mas com taxa média de consumo de armadura de 10 kg/m<sup>3</sup>.
- **12.17.27.17 – Outros Custos:** Previsão de verba correspondente a 2% dos custos de construção dos muros, para acabamentos.



- **Vertedouro de Superfície:**

- **12.18.28.12.10 – 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 foram considerados com aplicação direta na área de compactação e 50 % destinados a áreas de bota-fora.
- **12.18.28.12.11 – Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Foram previstas escavações em rocha alterada e rocha sã. Considerou-se 90% do volume escavado em rocha sã destinados 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. Foram considerados: 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 (2 linhas  $\Phi=75$  mm, com espaçamento de 3 m e profundidade média de 30 m) e, na bacia de dissipação, a instalação de barras de ancoragem, com malha de 2 m x 2 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/m<sup>3</sup>.
- **12.18.28.14.14 – Concreto sem Cimento:** Considera as mesmas atividades previstas para a produção do concreto estrutural da casa de força.

Quanto a formas e cimbramento, nessa composição foram previstas formas planas (uso até 6 vezes), a uma taxa de 0,05 m<sup>2</sup> de forma por m<sup>3</sup> de concreto e 0,025 m<sup>2</sup> de formas curvas (uso até 6 vezes), por m<sup>3</sup> de estrutura.

- **12.18.28.14.15 – Armadura:** Análoga à composição prevista para a casa de força, mas com taxa média de consumo de armadura de 10 kg/m<sup>3</sup>.
- **12.18.28.17 – Outros Custos:** Previsão de verba correspondente a 2% dos custos das obras civis do vertedouro, para acabamentos.

- **Tomadas 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 foram considerados 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:** Foram previstas escavações em rocha alterada e rocha sã. Considerou-se 90% do volume escavado em rocha sã destinados 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. Foram considerados: 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 (2 linhas  $\Phi=75$  mm, com espaçamento de 3 m e profundidade média de 30 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/m<sup>3</sup>.
- **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 e 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).

Foram consideradas as seguintes taxas: 60% do volume total de concreto, como volume de vazios para as estimativas de custo de cimbramento; área (m<sup>2</sup>) de formas planas (uso até 6 vezes) igual a 0,10 do volume de concreto e de 0,025, para formas curvas (uso até 6 vezes).

- **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/m<sup>3</sup>.
- **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.bota-fora.
  - **12.19.31.12.11– Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Foram previstas escavações em rocha alterada e rocha sã. Considerou-se 90% do volume escavado em rocha sã destinados 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.
- **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 foram considerados 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:** Foram previstas escavações em rocha alterada e rocha sã. Considerou-se 90% do volume escavado em rocha sã destinados 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. Foram considerados: 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 (2 linhas  $\Phi=75$  mm, com espaçamento de 3 m e profundidade média de 30 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/m<sup>3</sup>.
- **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 e 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).

Foram consideradas as seguintes taxas: 60% do volume total de concreto, como volume de vazios para as estimativas de custo de cimbramento; área (m<sup>2</sup>) de formas planas (uso até 6 vezes) igual a 0,10 do volume de concreto e de 0,025, para formas curvas (uso até 6 vezes).

- **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 60 kg/m<sup>3</sup>.
- **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 foram considerados com aplicação direta na área de compactação e 50% destinados a áreas de bota-fora.
  - **12.19.35.12.11 – Escavação em Rocha a Céu Aberto:** Foram previstas escavações em rocha alterada e rocha sã. Considerou-se 90% do volume escavado em rocha sã destinados 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.
  - **12.27.98. Eventuais da Conta. 12 – Obras Cívicas:** 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 Cívicas – Preços Unitários (setembro/2015)**

Atividade	Unidade	Preços Unitários (R\$)
<b>Casa de Força</b>		
11.13.00.12.10 – Escavação Comum	m <sup>3</sup>	15,50
11.13.00.12.11 – Escavação em Rocha Sã	m <sup>3</sup>	37,80

Atividade	Unidade	Preços Unitários (R\$)
11.13.00.13 – Tratamento de Fundações	m <sup>2</sup>	103,00
11.13.00.14.13 – Cimento	t	600,00
11.13.00.14.14 – Concreto sem cimento	m <sup>3</sup>	380,00
11.13.00.14.15 – Armadura	t	8.250,00
<b>Ensecadeiras</b>		
12.16.22.19.01 – Solo lançado	m <sup>3</sup>	13,70
12.16.22.19.02 – Solo compactado	m <sup>3</sup>	20,60
12.16.22.19.03 – Transições e filtros	m <sup>3</sup>	94,50
12.16.22.21 – Remoção de Ensecadeiras	m <sup>3</sup>	15,45
<b>Estrutura de Desvio</b>		
12.16.24.12.10 – Escavação Comum	m <sup>3</sup>	15,50
12.16.24.12.11 – Escavação em Rocha Sã	m <sup>3</sup>	37,80
12.16.24.13 – Tratamento de Fundações	m <sup>2</sup>	103,00
12.16.24.14.13 – Cimento	t	600,00
12.16.24.14.14 – Concreto sem cimento	m <sup>3</sup>	310,00
12.16.24.14.15 – Armadura	t	8.250,00
<b>Barragem de Terra e Enrocamento</b>		
12.17.25.12.10 – Escavação Comum	m <sup>3</sup>	15,50
12.17.25.13 – Limpeza e Tratamento de Fundação	m <sup>2</sup>	34,00
12.17.25.24 – Aterro Compactado	m <sup>3</sup>	20,60
12.17.25.25 – Enrocamento	m <sup>3</sup>	27,50
12.17.25.26 – Núcleo de Argila	m <sup>3</sup>	20,60
12.17.25.29 – Transições / Filtros	m <sup>3</sup>	94,50
12.17.25.32.18 – RIP RAP	m <sup>3</sup>	20,60
12.17.25.32.19 – Grama em placa	m <sup>2</sup>	13,70
<b>Transições e Muros de Concreto</b>		
12.17.27.12.10 – Escavação Comum	m <sup>3</sup>	15,50
12.17.27.12.11 – Escavação em Rocha Sã	m <sup>3</sup>	37,80
12.17.27.13 – Limpeza e Tratamento de Fundações	m <sup>2</sup>	103,00
12.17.27.14.13 – Cimento	t	600,00
12.17.27.14.14 – Concreto sem Cimento	m <sup>3</sup>	310,00
12.17.27.14.14 – Concreto Massa	m <sup>3</sup>	310,00
12.17.27.14.15 – Armadura	t	8.250,00
<b>Vertedouro</b>		
12.18.28.12.10 – Escavação Comum	m <sup>3</sup>	15,50
12.18.28.12.11 – Escavação em Rocha Sã	m <sup>3</sup>	37,80
12.18.28.13 – Limpeza e Tratamento de Fundações	m <sup>2</sup>	103,00
12.18.28.14.13 – Cimento	t	600,00

Atividade	Unidade	Preços Unitários (R\$)
12.18.28.14.14 – Concreto sem cimento	m³	310,00
12.17.28.14.14 – Concreto Massa	m³	310,00
12.18.28.14.15 – Armadura	t	8.250,00
<b>Tomadas d'Água</b>		
12.19.30.12.10 – Escavação Comum	m³	15,50
12.19.30.12.11 – Escavação em Rocha Sã	m³	37,80
12.19.30.13 – Limpeza e Tratamento de Fundações	m²	103,00
12.19.30.14.13 – Cimento	t	600,00
12.19.30.14.14 – Concreto sem Cimento	m³	380,00
12.19.30.14.15 – Armadura	t	8.250,00
<b>Canal de Adução</b>		
12.19.31.12.10 – Escavação Comum	m³	15,50
12.19.31.12.11 – Escavação em Rocha Sã	m³	37,80
12.19.31.13 – Limpeza e Tratamento de Fundações	m²	34,00
12.19.31.14.13 – Cimento	t	600,00
12.19.31.14.14 – Concreto sem Cimento	m³	380,00
12.19.31.14.15 – Armadura	t	8.250,00
12.19.31.14.17 – Concreto Projetado	m³	1.200,00
<b>Conduto Forçado</b>		
12.19.34.12.10 – Escavação Comum	m³	15,50
12.19.34.12.11 – Escavação em Rocha Sã	m³	37,80
12.19.34.13 – Limpeza e Tratamento de Fundações	m²	103,00
12.19.34.14.13 – Cimento	t	600,00
12.19.34.14.14 – Concreto sem Cimento	m³	380,00
12.19.34.14.15 – Armadura	t	8.250,00
<b>Canal de Fuga</b>		
12.19.35.12.10 – Escavação Comum	m³	15,50
12.19.35.12.11 – Escavação em Rocha Sã	m³	37,80
12.19.35.13 – Limpeza e Tratamento de Fundações	m²	34,00
12.19.35.14.17 – Concreto Projetado	m³	1.200,00

## 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 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 de 8,0% 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 ambientais ..... 5,0% do total da conta .10
- Administração do Proprietário ..... 2,0% 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 12% ao ano.

## 9. DIMENSIONAMENTOS HIDRÁULICOS

Os dimensionamentos hidráulicos basearam-se nas instruções contidas nas Diretrizes para Estudos e Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas (Eletrobrás, 2000), com exceção de adaptações e complementações necessárias à maior precisão dos resultados obtidos. Foram utilizadas planilhas de dimensionamento das estruturas componentes dos arranjos implantados sobre o modelo digital de terreno, resultante dos levantamentos topográficos.

### 9.1. Estruturas de Desvio do Rio

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 50 anos, no período de exposição das estruturas.

Para a execução das obras previstas em cada alternativa de arranjo foram configuradas duas fases de desvio do rio.

No desvio de primeira fase, as estruturas e áreas em construção serão protegidas por ensecadeiras e septos do terreno natural (solo remanescente), com interferência pouco significativa no leito natural e áreas adjacentes às margens do rio.

Assim sendo, foram verificadas as velocidades máximas esperadas nas seções críticas, onde foram observados possíveis estrangulamentos das seções de escoamento, com a aplicação de metodologia específica de cálculo, preconizada no "Open-Channel Hydraulics" – Ven Te Chow.

Para a continuidade das obras no leito e trechos adjacentes, a segunda fase de desvio será caracterizada pela execução de ensecadeiras de montante e de jusante, de forma a direcionar as águas para as estruturas de concreto do desvio incorporadas ao barramento.

De acordo com o planejamento construtivo das obras, as estruturas de desvio de primeira fase foram previstas para enfrentarem um período de cheias, enquanto que as de segunda fase, apenas um período de estiagem.

Será apresentada a seguir uma breve metodologia da rotina de cálculo utilizada no dimensionamento da primeira fase do desvio do rio.

O dimensionamento do desvio de **PRIMEIRA ETAPA** será dividido em três:

- a. Determinação das características do regime crítico na saída do canal;
- b. Determinação das características do regime natural do rio na saída do canal;
- c. Definição do regime do escoamento.

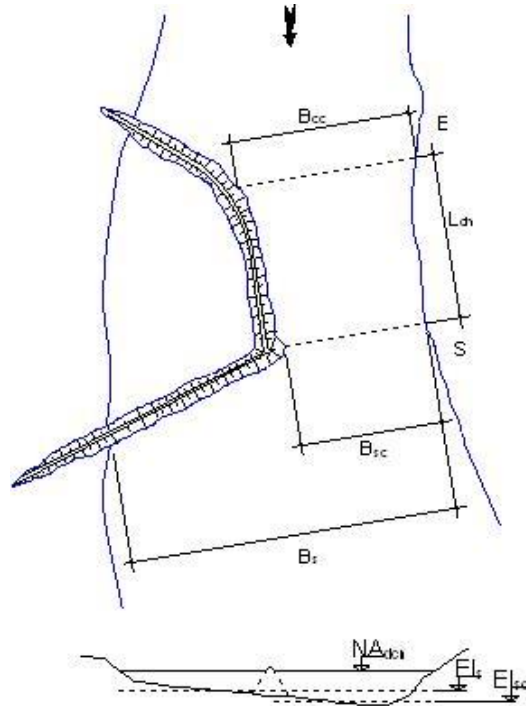
A Figura 9-1 ilustra esquematicamente o esquema proposto para o desvio de primeira etapa.

Sejam os seguintes parâmetros básicos para dimensionamento:

- $E_s$  Cota média do fundo do rio na seção imediatamente a jusante do canal;
- $E_{ec}$  Cota média do fundo do canal na seção de entrada;
- $E_{sc}$  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 ( $Y_{cs}$ ) através da seguinte equação:

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

Onde:

$Q_k$  é a vazão de projeto do desvio para o tempo de recorrência adequadamente selecionado (25 anos, período total), em  $m^3/s$ ;

$B_{cs}$  é a largura do canal na seção de saída, em metros;

$g$  é 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 ( $NA_{cs}$ ), através 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:

$n$  é o 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;

$El_{cs}$  é a 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:

$NA_{dcn}$  é o nível d'água natural no rio na seção imediatamente a jusante do canal para a vazão  $Q_k$ , medido em metros;

$El_s$  é a cota média do fundo do rio na seção imediatamente a jusante do canal, medida em metros;

$B_s$  é a 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:

$$NA_{ce} = El_{ec} + Y_{ce}$$

$$E_{ce} = NA_{ce} + h_{vce}$$

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

$$h_{vce} = \frac{V_{ce}^2}{2g}$$

$$V_{ce} = \frac{Q_k}{B_{ec} Y_{ce}}$$

Na **SEGUNDA ETAPA**, o fluxo é desviado para estruturas especialmente dimensionadas para essa fase: adufas ou galerias de desvio.

O dimensionamento dessas estruturas de 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.

Quando adotada a solução de desvio por galerias ou adufas, inicialmente são fixadas suas dimensões geométricas, ou seja,  $B_{lad}$  (largura de uma adufa ou galeria, em metros) e  $H_{ad}$  (altura das adufas ou galerias). Aqui se deve observar o atendimento à seguinte inequação:

$$H_{ad} \leq 3,1B_{lad}$$

Com base em relações empíricas e em função da vazão de dimensionamento correspondente ao período de exposição das estruturas de desvio ( $Q_k$ ,  $Tr = 50$  anos, período de estiagem, em  $m^3/s$ ), define-se também o número de adufas ou galerias ( $N_{ad}$ ) 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:

$$V_a = \frac{Q_k}{N_{ad} B_{lad} H_{ad}}$$

Ressalta-se que a velocidade média do escoamento deverá ser necessariamente inferior a 15 m/s, adotando-se, preferencialmente, um valor próximo a 7,5 m/s, visando uma boa segurança durante as obras 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 da estrutura ( $e_{pl}'$ , em metros), 1,5 m.

Para as galerias, a espessura dos pilares entre os vãos ( $e_{pl}$ , em metros) foi fixada em 0,5 m e a espessura dos pilares extremos da estrutura ( $e_{pl}'$ , em metros), 0,6 m.

Sendo assim, a largura total da estrutura de desvio ( $B_{ad}$ ) pode ser calculada pela expressão abaixo indicada.

$$B_{ad} = (N_{ad} B_{lad}) + (N_{ad} - 1) e_{pl} + 2e'_{pl}$$

Feita toda a caracterização geométrica do conjunto de adufas ou galerias 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 a verificação do afogamento na saída das estruturas de desvio.

Caso a inequação que se segue seja verificada, o escoamento na saída das adufas ou galerias 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:

$E_{dcr}$  é a altura da linha de energia no canal de restituição das adufas ou galerias, em metros;

$NA_{dcr}$  é o nível d'água no canal de restituição das adufas ou das galerias para a vazão de projeto de desvio, em metros;

$V_{cr}$  é a velocidade média do escoamento no canal de restituição, em m/s;

$El_{cr}$  é a cota do fundo do canal de restituição do desvio, em metros;

$E_{ad}$  é a altura da linha de energia na saída das adufas ou das galerias, em metros;

$El_{ca}$  é a cota do fundo do canal de aproximação às adufas ou galerias do desvio, em metros.

Portanto, para saída 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:

$$h_p = 0,2 \frac{V_a^2}{2g} + L_{desvio} \frac{n^2 V_a^2}{R_h^{4/3}}$$

$$R_h = \frac{B_{lad} H_{ad}}{2(B_{lad} + H_{ad})}$$

$$n = 0,010$$

Onde:

$h_p$  é perda de carga ao longo da estrutura de desvio;

$R_h$  é o raio hidráulico de uma abertura das adufas ou galerias de desvio;

$n$  é o coeficiente de Manning;

$L_{\text{desvio}}$  é o comprimento da estrutura de desvio.

Para saída 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:

$K_H = 0,0184K_Q^3 - 0,132K_Q^2 + 0,688K_Q + 0,18$  (equação empírica, com  $K_Q = 3,20$ , valor inicialmente adotado).

Quando houver qualquer alteração no dimensionamento, a seguinte relação deverá ser respeitada:

$$K_Q N_{ad} B_{1ad} H_{ad}^{3/2} = Q_k$$

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 da canal de fuga.

Para a verificação das condições de fechamento do rio também são feitas simulações de remanso com aplicação do modelo HEC-RAS.

---

## 9.2. Vertedouros

---

A capacidade de transposição de vazões de um vertedouro é calculada pela fórmula descrita a seguir:

$$Q = CLH^{3/2}$$

Onde:

$L$  é a largura efetiva do vertedouro;

$C$  um coeficiente que depende da forma da soleira;

$H$  a altura da linha de energia acima da crista da soleira.

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:

$$Q = (L - KH)CH^{3/2}$$

$$L' = n_v L_0$$

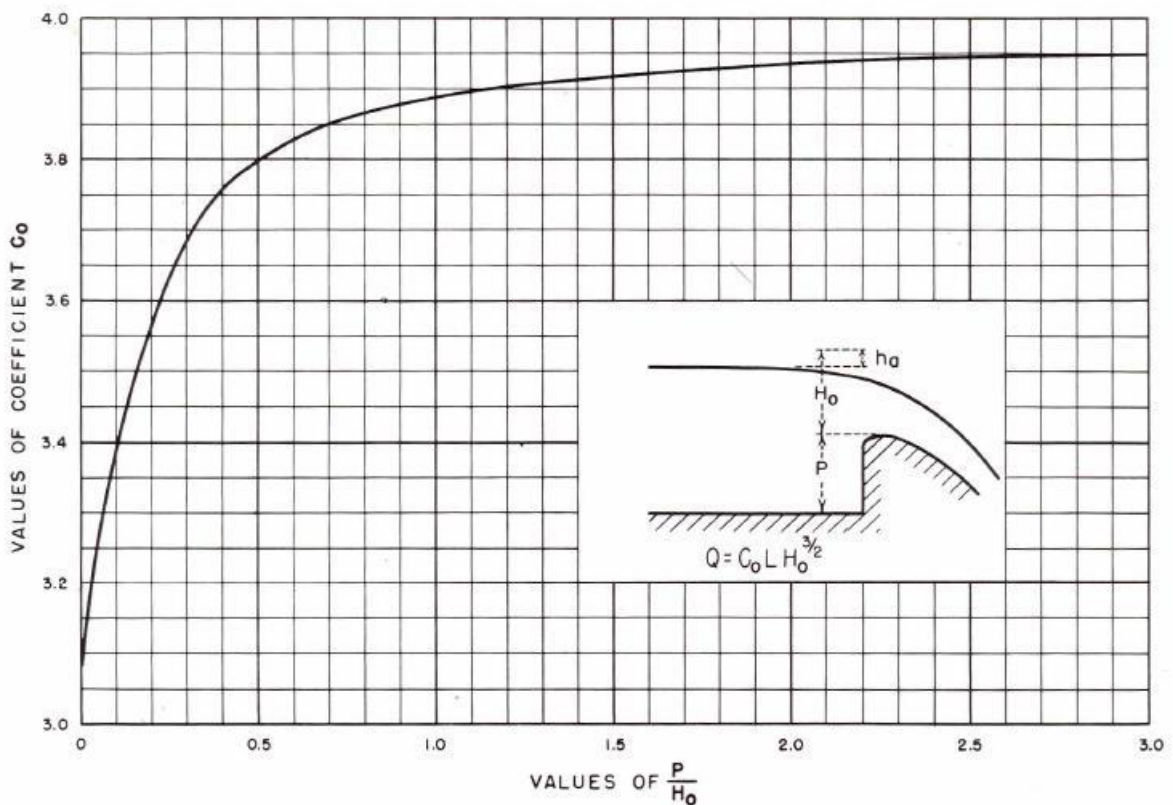
$$K = 2(n_p K_p + K_a)$$

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.

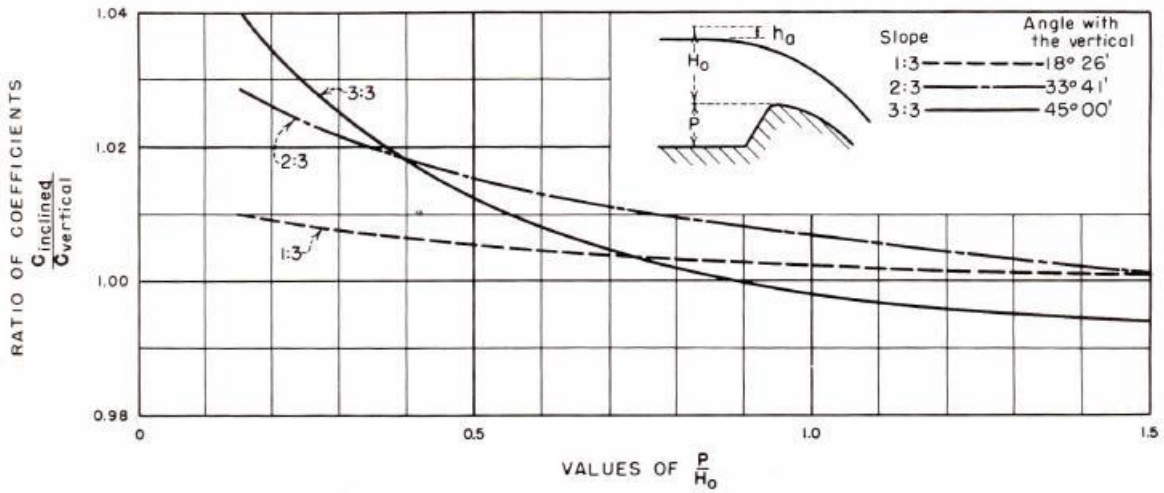
Os diagramas representados na Figura 9-2 até a Figura 9-5 ("Design of Small Dams") foram utilizados para a fixação do valor do coeficiente C.

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 ( $C_i/C_v$ ).



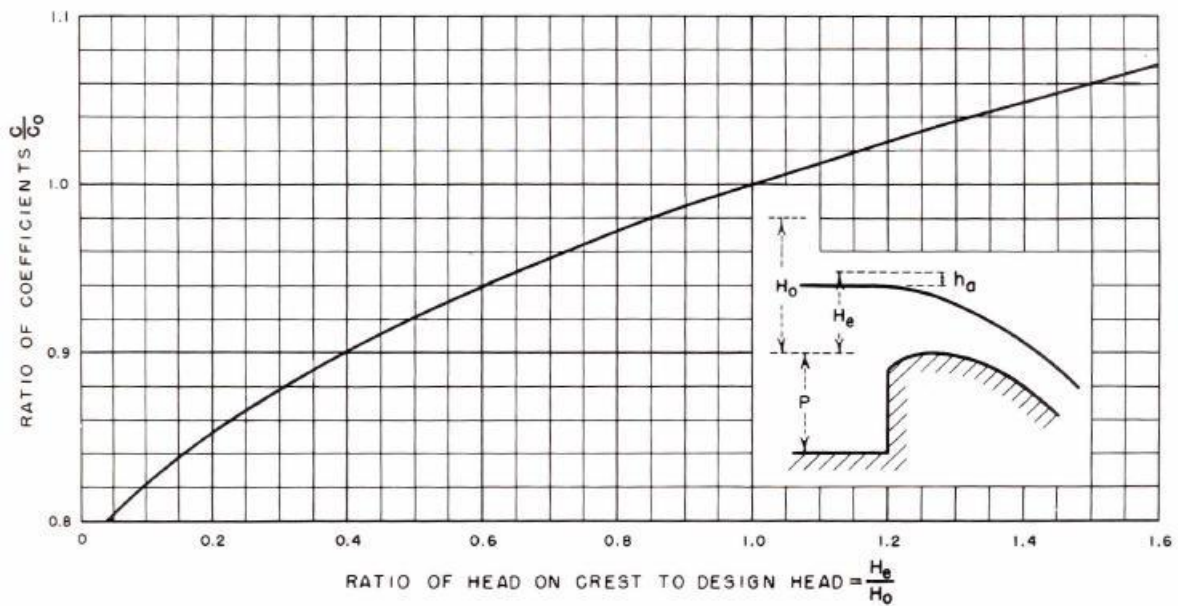
**Figura 9-2: Coeficiente de descarga para vertedouro com ogiva de paramento vertical**





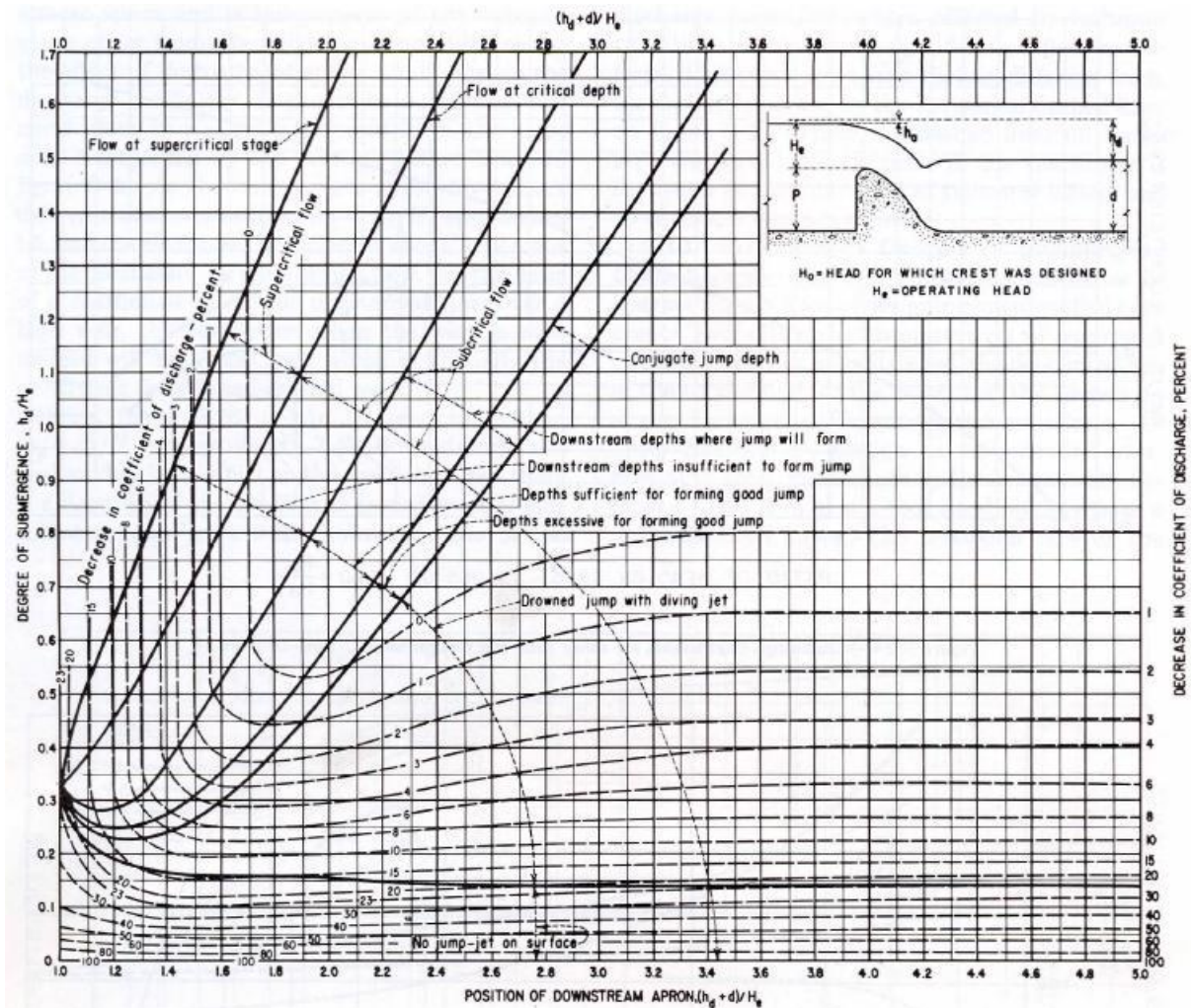
**Figura 9-3: Correção do coeficiente de descarga para vertedouro com ogiva de paramento inclinado**

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 influência do nível d'água de jusante**

Nos estudos para definição do melhor arranjo para a PCH, o vertedouro, em todas as alternativas propostas, foi previsto para ser implantado em soleira livre, com paramento de jusante em escada.

Em todas as alternativas o vertedouro foi dimensionado para garantir a passagem da cheia com período de recorrência de 1.000 anos, conforme preconizado nas referências já mencionadas (ELETROBRÁS). Além disso, o dimensionamento considerou a verificação da estrutura vertente para 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 livre convencional. Concepções não usuais tenderiam a reduzir a capacidade de descarga do vertedouro por meio da redução do coeficiente de descarga.

Para os estudos de alternativas de arranjo e também para os estudos finais, 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 (NAmáx) do reservatório. No seu dimensionamento foram levadas em consideração as condições de aproximação e de restituição e as perdas de carga introduzidas pelos muros laterais.

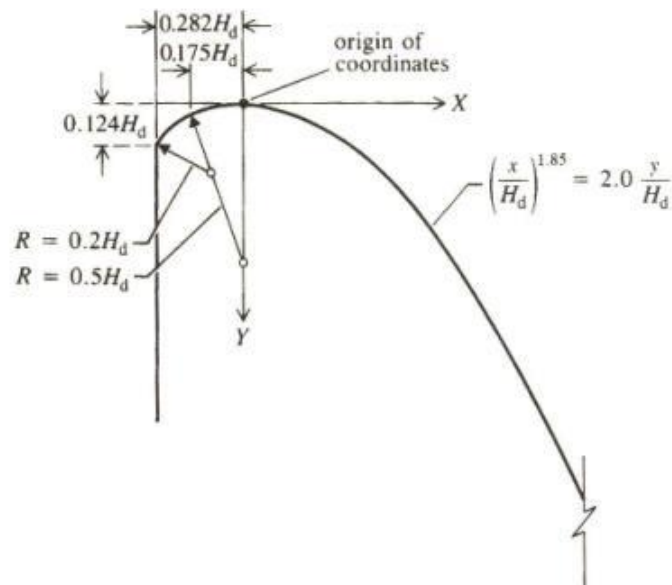
O dimensionamento da soleira vertente foi feito com a aplicação de algoritmos e coeficientes preconizados no "Hydraulic Design Criteria" (HDC), editado pelo "U.S. Corp of Engineers" e o sistema de dissipação de energia foi feito de acordo com "Design of Stepped Spillways and Downstream Energy Dissipators" e o HDC.

A estrutura vertente foi concebida com seção do tipo gravidade e prevista sua execução em concreto massa ou concreto compactado a rolo, com paramento de montante vertical e o de jusante, em escada, com inclinação de 0,70H:1,00V, prevendo-se degraus para dissipação de parte da energia.

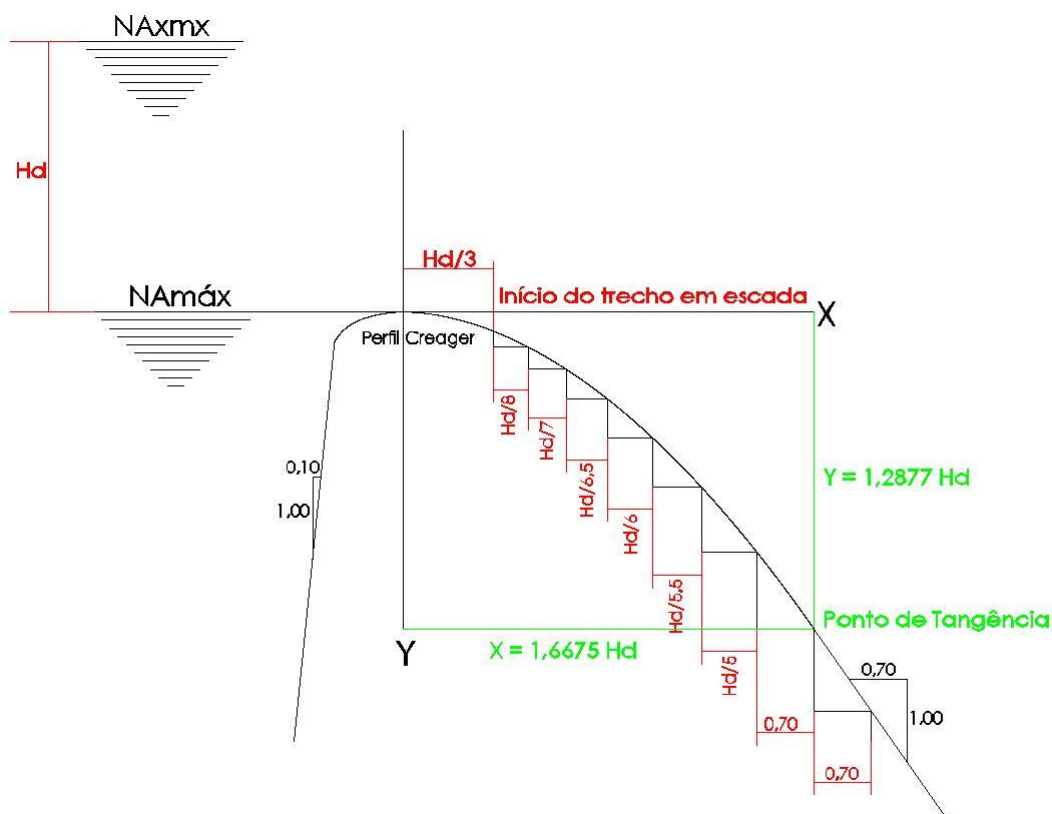
A energia remanescente do fluxo nos degraus deverá ser dissipada no topo rochoso que deverá estar exposto no canal de restituição das vazões vertidas. O dimensionamento das estruturas de dissipação de energia foi efetuado para a vazão centenária, e verificado o seu bom funcionamento para diversas vazões representativas, com ênfase para a vazão milenar.

Ambos os paramentos dos vertedouros serão revestidos por Concreto Convencional (CC), a fim de mitigar a percolação de água através da estrutura.

As Figura 9-6 e Figura 9-7 ilustram a definição do gabarito hidráulico para um vertedouro de soleira livre, com paramento de jusante em escada, com inclinação resultante de 0,70(H):1,00(V).



**Figura 9-6: Gabarito Hidráulico para vertedouro de soleira livre – Definição do Perfil Creager**



**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 canal de adução, tomadas d'água e condutos forçados que alimentam as turbinas.

O canal de adução foi previsto para operar com velocidades máximas da ordem de 1,0 m/s. A seção transversal será escavada com taludes de 1,0V:0,4H, para o trecho em rocha, e de 1,0V:1,5H, para o trecho em solo, com berma de 3,0 m na transição solo/tocha.

As tomadas d'água são dotadas de grades, comportas-vagão, acionadas por servomecanismos, que garantirão a interrupção do fluxo na adução, em uma eventual situação de emergência.

O dimensionamento das tomadas d'água foi feito para garantir a passagem da vazão máxima turbinada, com velocidade limitada a 1,0 m/s na área bruta das grades e velocidades compatíveis com as aberturas das comportas de emergência.

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.

Em função das particularidades do circuito de adução, o item subsequente apresenta os critérios e equações utilizadas para o cálculo das perdas de carga no circuito.

### 9.3.1. 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..

#### 9.3.1.1. Perdas de carga distribuídas no circuito de baixa pressão

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:

- Revestimento em manta PEAD ou concreto projetado .....0,014

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 m<sup>2</sup>;

$P_m$  : perímetro molhado, em m.

#### 9.3.1.2. Perdas de carga distribuídas no circuito de alta pressão

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:

- $\lambda$  : 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/s<sup>2</sup>.

O coeficiente de perda de carga,  $\lambda$ , é dado pelas seguintes relações:

$$\lambda = \frac{64}{R_e}, \quad \text{se } R_e \leq 2.400$$

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{R_e}}, \quad \text{se } 4.000 \leq R_e < \frac{23}{\varepsilon/d}$$

$$\lambda = \frac{1}{\left( \frac{1}{1,8 \log \frac{R_e}{R_e \frac{\varepsilon}{10d} + 7}} \right)^2}, \quad \text{se } \frac{23}{\varepsilon/d} \leq R_e < \frac{560}{\varepsilon/d}$$

$$\lambda = \frac{1}{\left( 2 \log \frac{3,7d}{\varepsilon} \right)^2}, \quad \text{se } R_e \geq \frac{560}{\varepsilon/d}$$

Onde:

- $R_e$  : número de Reynolds;  
 $\varepsilon$  : 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<sup>3</sup>/s, pois os circuitos de geração das unidades serão independentes.

O número de Reynolds,  $R_e$ , é dado pela seguinte equação:

$$R_e = \frac{vd_{eq}}{\nu}$$

Onde:

$\nu$  : viscosidade cinemática da água, assumida como  $8,30 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ , para água com temperatura de  $30^\circ\text{C}$ .

### 9.3.1.3. 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 de 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;

$\theta$  : 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);  
 $\theta_{rs}$  : 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:

- $\sigma$  : relação entre áreas.  
 $\theta_{rl}$  : ângulo da ranhura lateral com o escoamento.

O coeficiente  $\sigma$  é calculado pela relação:

$$\sigma = \frac{A_c + 0,25b_m h_m}{A_c}$$

Onde:

- $A_c$  : área da seção transversal da comporta, em m<sup>2</sup>;  
 $b_m$  : largura da ranhura, em m;  
 $h_m$  : 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  $b_m$  e  $h_m$ , que passam a ser denominados comprimento da ranhura (equivalente à largura da comporta) e profundidade do vão, respectivamente.

### e) Coeficiente de perda de carga no alargamento de seção

O cálculo do fator  $k$  para a perda de carga localizada em alargamento de seção,  $k_{as}$  seguiu a equação:

$$k_{as} = 3,2 \left( \operatorname{tg} \frac{\theta_{as}}{2} \right)^4 \left( \frac{n-1}{n} \right)^2$$

Onde:

- $n$  : relação entre a área da seção de entrada e a de saída (menor que 1);  
 $\theta_{as}$  : ângulo de alargamento.

Considera-se, para efeitos de perda de carga nos alargamentos de seção, a velocidade no trecho de entrada, ou seja, de menor seção transversal.

### f) 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 m<sup>2</sup>;  
 $A_r$  : área da seção retangular, em m<sup>2</sup>.

O ângulo  $\alpha$  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  $\xi$  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;

$\Delta$  : rugosidade média, em m.

### g) 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:

$\beta$  : ângulo da curva, em graus;

$R_0$  : raio médio de curvatura, em m.

A parcela  $k_f$  é calculada pela equação:

$$k_f = 0,00035 \frac{R_0}{D_h} \beta$$

Onde  $\beta$  é dado em radianos.

### h) 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

Os arranjos gerais das estruturas foram concebidos tomando-se por base os conceitos e critérios correntes em estudos e projetos para a exploração de recursos hidroenergéticos, compatibilizados às condições de contorno do sítio de implantação, resultando em soluções convencionais, seguras e amplamente utilizadas pela engenharia nacional.

No total foram implantadas 3 (três) alternativas de arranjo, diferenciadas pela solução adotada para as estruturas de barramento, localização da soleira vertente e a carga utilizada dessas estruturas componentes. O detalhamento desses estudos pode ser visualizado nas **Ilustrações 11 a 22**.

As descrições dos critérios gerais de dimensionamento e de implantação das estruturas, assim como o detalhamento das soluções adotadas serão apresentadas nos itens subsequentes.

### 10.1. Considerações Iniciais

O processo de definição dos arranjos das estruturas e dos equipamentos consiste em selecionar as soluções que melhor se adaptem às características físicas do local em estudo, segundo critérios e juízos seguros e compatíveis com essa etapa dos estudos de Projeto Básico.

A implantação dos barramentos e das estruturas componentes de cada alternativa de arranjo geral foi feita com base nos critérios preconizados pelas Diretrizes para Estudos e Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas, publicadas pela Diretoria de Engenharia da Eletrobrás em janeiro de 2000.

Tanto para os estudos de definição da posição final do eixo, como para a definição do arranjo vencedor, a ser detalhado nos estudos finais, algumas das premissas dos estudos de inventário foram mantidas, uma vez que os estudos são comparativos e devem ser estabelecidos segundo critérios uniformes. O nível d'água máximo normal foi mantido na cota 579,05 m e as implantações foram feitas sobre o modelo digital de terreno gerado pelos levantamentos topográficos elaborados para os estudos de projeto básico aqui descritos.

### 10.2. Conceitos Gerais

Aqui são apresentados, de forma resumida, os critérios, condicionantes e dados básicos necessários à implantação das alternativas de arranjo geral das estruturas.

#### 10.2.1. Concepção Geral

O arranjo geral de cada alternativa foi concebido buscando-se compatibilizar as necessidades de reservação, extravasão e geração com as características do rio, no que diz respeito a aproximações e restituições das águas vertidas e turbinadas e com as facilidades construtivas relativas às obras de desvio e à localização de áreas de empréstimo.

#### 10.2.2. Dimensionamentos Hidráulicos e Levantamentos de Custos de Implantação

Os dimensionamentos hidráulicos e os levantamentos de quantidades e custos basearam-se nas instruções contidas nas Diretrizes para Estudos e Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas, com exceção de adaptações e complementações necessárias à maior precisão dos resultados obtidos.

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.

### 10.2.3. Estruturas de Desvio do Rio

---

Para a execução das obras previstas em cada alternativa de arranjo foram configuradas duas fases de desvio do rio.

Com o rio ainda permanecendo em sua calha natural, as obras de primeira fase terão continuidade, permanecendo sempre protegidas por septos naturais de solo remanescente e em outros casos com a proteção de ensecadeira de primeira fase para a construção das estruturas.

Para a continuidade das obras no leito e trechos adjacentes, a segunda fase de desvio será caracterizada pela execução de ensecadeiras, de forma a direcionar as águas para as estruturas de concreto das adufas de desvio incorporadas ao barramento.

O desvio do rio foi dimensionado para vazões com período de recorrência de 25 anos do período total (324 m<sup>3</sup>/s) na primeira fase e, na segunda fase, para tempo de retorno de 50 anos da estiagem de jun a outubro (138 m<sup>3</sup>/s).

### 10.2.4. Vertedouros

---

Adotou-se como concepção geral das estruturas extravasoras vertedouros de soleira livre com carga de projeto de até 1,5 m e coeficiente de descarga igual a 2,18, como recomenda o "Hydraulic Design Criteria" do U. S. Corps of Engineers.

O coeficiente de descarga adotado refere-se a uma estrutura vertente perpendicular ao fluxo, ou seja, a um vertedouro de soleira livre convencional. Concepções não usuais tenderiam a reduzir a capacidade de descarga do vertedouro, por meio da redução do coeficiente de descarga. Que não é o caso de nenhuma das alternativas implantadas nesse estudo.

Para todas as alternativas estudadas, o vertedouro foi dimensionado para a vazão milenar determinada nos estudos de Projeto Básico para o sítio do barramento, ou seja, 479 m<sup>3</sup>/s. Vale destacar que o valor previsto para a cheia milenar já considera a aplicação da unidade do coeficiente de Füller.

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 (NAmáx) do reservatório. No seu dimensionamento foram levadas em consideração as condições de aproximação e de restituição e as perdas de carga introduzidas pelos muros laterais.

A estrutura vertente foi concebida com seção do tipo gravidade e prevista sua execução em Concreto Compactado a Rolo (CCR), com paramento de montante vertical e o de jusante, em escada, com inclinação de 0,70H:1,00V, prevendo-se degraus para dissipação de parte da energia.

A energia remanescente do fluxo nos degraus deverá ser dissipada no topo rochoso que deverá estar exposto no canal de restituição das vazões vertidas. O dimensionamento das estruturas de dissipação de energia foi efetuado para a vazão centenária (382 m<sup>3</sup>/s), e verificado o seu bom funcionamento para diversas vazões representativas, com ênfase para a vazão milenar, vazões essas já consideradas com a aplicação da unidade do coeficiente de Füller.

Ambos os paramentos dos vertedouros de soleira livre serão revestidos por Concreto Convencional (CC), a fim de mitigar a percolação de água através da estrutura.

### 10.2.5. Circuitos de Adução

---

Para todas as alternativas de arranjo, o dimensionamento do circuito de adução foi feito de acordo com critérios usuais para o tipo de solução adotada.

A submersão da tomada d'água foi verificada segundo os critérios de Y. L. Gordon e do USBR, atendendo aos limites preconizados.

O circuito de adução compõe-se de canais de adução, tomadas d'água, e condutos forçados, que alimentam, individualmente, cada uma das turbinas.

A adução de alta pressão será feita por meio de condutos forçados. Os dimensionamentos dessas estruturas garantirão velocidades de escoamento compatíveis com o material utilizado, bem como a magnitude das perdas de carga sugeridas nas avaliações energéticas do potencial. A espessura da chapa do conduto deverá garantir a resistência contra sobrepressões de até 40%, bem como as condições autoportantes, condicionadas ao diâmetro do conduto.

#### **10.2.6. Casa de Força e Canal de Fuga**

A casa de força, para todas as alternativas em estudo, será externa e abrigada, uma vez que possui superestrutura completa e cobertura permanente. Abrigará as unidades geradoras, seus dispositivos de comando e controle e sistemas auxiliares. A área para recepção, montagem e manutenção dos equipamentos eletromecânicos de geração, também em concreto, será contígua aos blocos das casas de força. A Área de Montagem das turbinas e geradores será contígua à casa de força.

O canal de fuga foi dimensionado para que, na condição de operação com apenas a vazão média de longo termo, as velocidades não excedam a 1,5 m/s, garantindo assim perdas de carga mínimas.

#### **10.2.7. Dimensionamentos Geotécnicos**

Em todas as alternativas de estruturas de barramento implantadas o fechamento de umas das ombreiras, será em barragem de terra. Sua seção será homogênea de solo compactado, com taludes 1,0V:2,2H a montante e 1,0V:2,1H a jusante e largura de crista de 6,0 m.

Ademais, os dimensionamentos geotécnicos ficaram restritos à análise das condições de fundação para a implantação das estruturas e também às definições dos critérios e condicionantes técnicos para a execução das futuras escavações obrigatórias em cada alternativa implantada.

#### **10.2.8. Reservatórios**

Os reservatórios formados pelos eixos dos barramentos implantados nas alternativas serão previstos para operar a fio d'água, com nível d'água definido pelo máximo normal do aproveitamento, ou seja, 579,05 m.

O reservatório de cada alternativa implantada sofrerá variações de nível d'água apenas para a passagem das cheias.

A forma predominante do reservatório acompanha o terreno em seu curto comprimento de aproximadamente 150m, sem nenhuma ramificação.

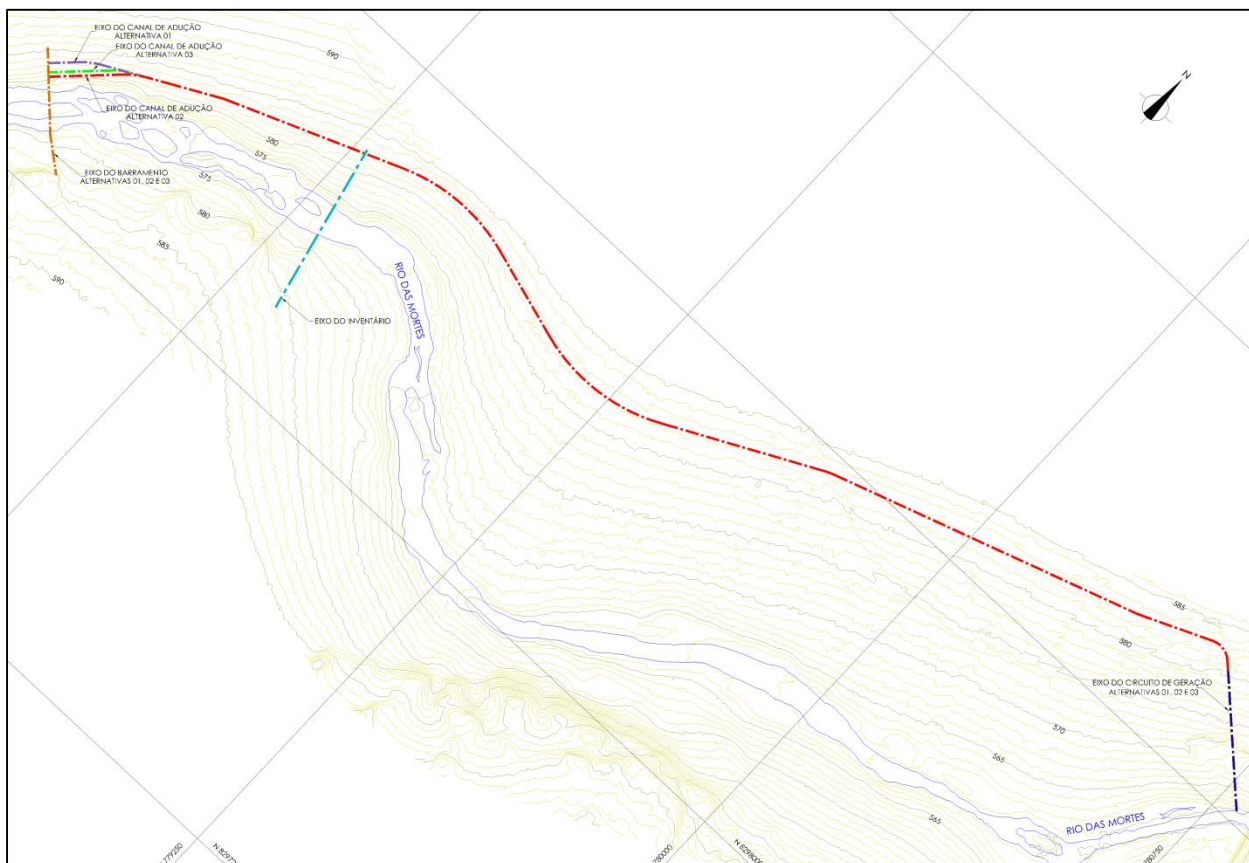
A formação dos reservatórios, incluindo as sobrelevações em épocas de cheias, não trará quaisquer interferências com o meio antrópico em todo o seu contorno.

### **10.3. Características dos Arranjos Implantados**

De maneira geral, as alternativas estudadas se diferem no posicionamento das estruturas que compõe o barramento. O circuito de geração, para todas as alternativas, se manteve o mesmo, variando apenas a cota de coroamento da tomada d'água devido à proteção necessária da estrutura de acordo com a carga do vertedouro de cada alternativa. O eixo apresentado nos

estudos de alternativas foi deslocado 640 m a montante com relação aos Estudos de Inventário, pois a partir do levantamento topográfico realizado observou-se um melhor posicionamento do barramento nessa região, reduzindo também a pequena área do reservatório do aproveitamento.

A Figura 10-1 ilustra a localização dos eixos estudados.



**Figura 10-1: Localização dos Eixos Estudados**

O projeto do **Circuito de Geração de Baixa Pressão** foi adotado com solução de corte com escavação em solo e rocha em todas as alternativas estudadas.

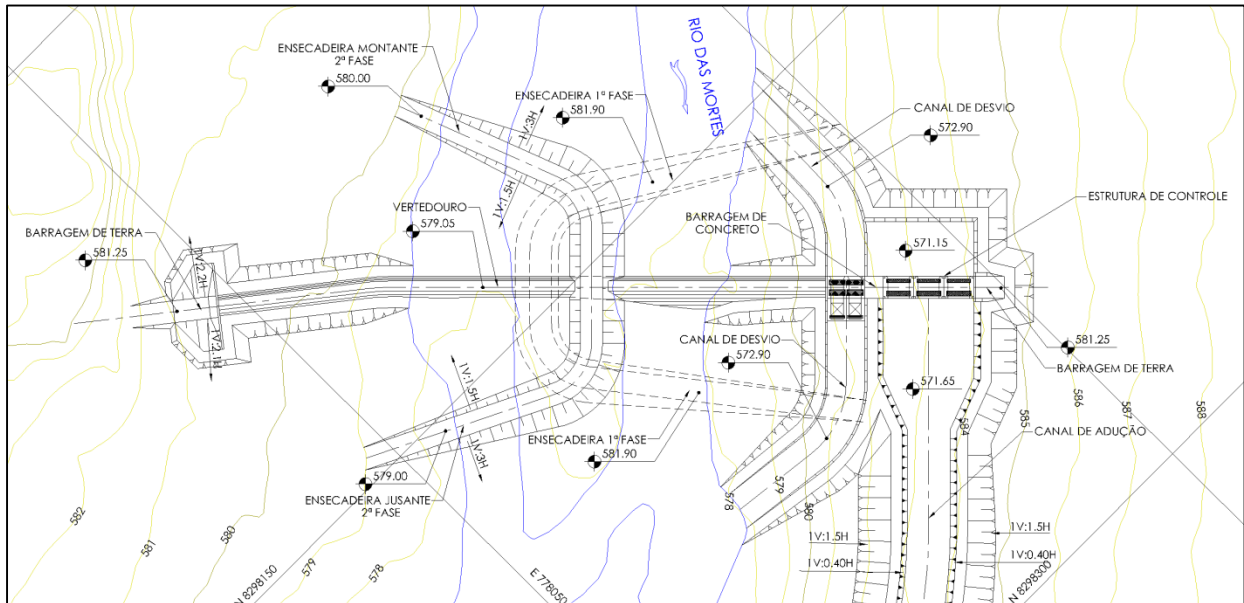
Para o **Circuito de Geração de Alta Pressão** foi realizada uma análise prévia para o posicionamento da tomada d'água e, escolhida a melhor localização para essa estrutura, e também foi avaliada a cota do fundo do canal de fuga, mantendo as condições ideais para o trecho.

A **Alternativa 01** caracterizou-se por um barramento perpendicular ao curso d'água natural com uma pequena inflexão para jusante na margem direita, com vertedouro de soleira livre localizado no leito do rio e nas adjacências de suas margens (Figura 10-2).

O desvio do rio foi previsto por adufas implantadas no corpo da barragem de concreto, localizando-se na margem esquerda. O fechamento do barramento em ambas as ombreiras se daria por barragem de terra. A transição entre as obras de concreto e terra ocorreria pela implantação de muro de topo implantado na margem direita, aproveitando o muro do vertedouro, e na margem esquerda aproveitando a parede da estrutura de controle do canal de adução. O circuito de geração estaria na mesma localização dos estudos de inventário,



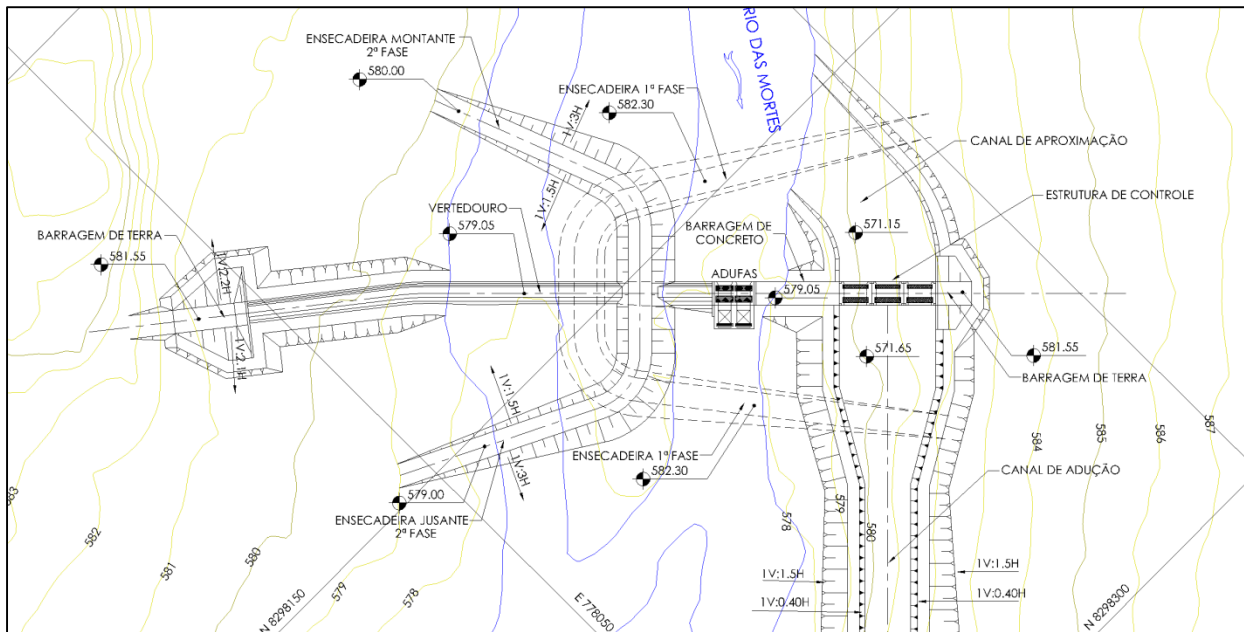
composto de tomada d'água de controle, canal de adução, tomada d'água e condutos forçados, os quais alimentam individualmente cada turbina da casa de força.



**Figura 10-2: Estudos de Alternativas PCH Vila União - Barramento - Alternativa 01**

A **Alternativa 02** possui a mesma solução de barramento apresentada na Alternativa 01. Esta se diferencia da solução anterior basicamente pela localização das adufas de desvio, como ilustrado na Figura 10-3. Buscando redução no volume de escavação do canal de desvio, as adufas seriam locadas no leito do rio, aproveitando a alça do rio existente no sítio para realizar o desvio do rio de segunda fase sem movimentação de terra.

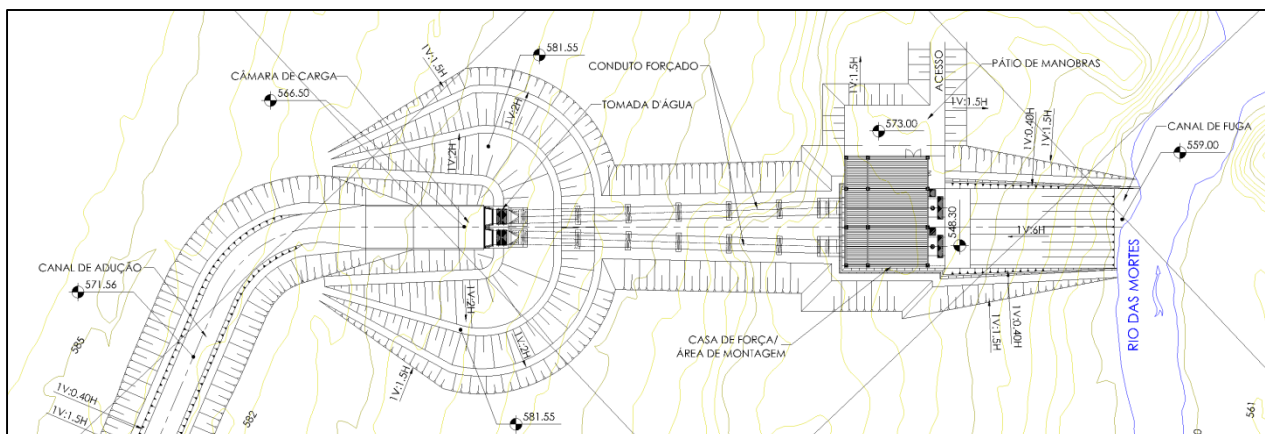
Para tanto, foi promovido um aumento na carga da estrutura vertente quando comparada com a Alternativa 01, o que acarreta em uma redução no comprimento do vertedouro. A solução para o circuito de geração para essa alternativa é a mesma da anterior, alterando apenas a cota de proteção das estruturas devido à alteração do dimensionamento do vertedouro.



**Figura 10-3: Estudos de Alternativas PCH Vila União - Barramento - Alternativa 02**

A **Alternativa 03** manteve o mesmo circuito de geração das alternativas anteriores, como apresentado na Figura 10-4. Essa alternativa se assemelha a solução utilizada para a Alternativa 01, ainda buscando redução no volume de escavação e concreto.

Nesta alternativa a estrutura de controle do canal de adução também seria utilizada como estrutura de desvio. Localizado na margem esquerda, o canal de desvio seria coincidente com o canal de adução nos 90 m iniciais, onde haveria uma inflexão buscando retornar a água para o rio na fase de desvio, como ilustra a Figura 10-5. O fechamento das ombreiras seria em barragem de terra com transições entre materiais acontecendo por muros de topo.



**Figura 10-4: Estudos de Alternativas PCH Vila União - Circuito de Geração - Alternativa 03**

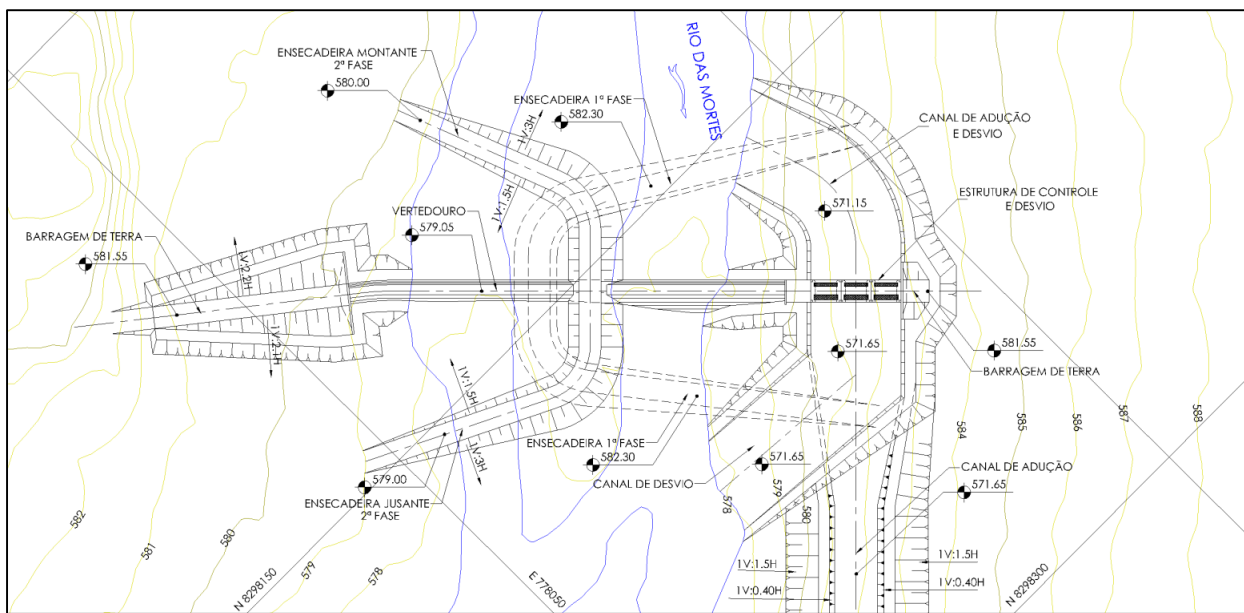


Figura 10-5: Estudos de Alternativas PCH Vila União - Barramento - Alternativa 03

As tabelas seguintes mostram um resumo das características físicas das alternativas de arranjo implantadas para a PCH Vila União.

Tabela 10-1: Principais características físicas das alternativas de Arranjo e Circuito de Geração de Baixa Pressão.

PCH Vila União	Alternativas de Arranjo e Circuito de Geração de Baixa Pressão					
	Estruturas de Barramento Alternativa 01		Estruturas de Barramento Alternativa 02		Estruturas de Barramento Alternativa 03	
Coordenadas	OD	OE	OD	OE	OD	OE
X (m)	778.066	777.900	778.066	777.919	778.070	777.914
Y (m)	8.298.078	8.298.235	8.298.078	8.298.215	8.298.074	8.298.220
Comprimento do eixo (m)	230,0		205,0		215,0	
NAmáx (m)	579,05		579,05		579,05	
Elcor (m)	581,25		581,55		581,55	
Desvio do Rio	2 fases		2 fases		2 fases	
Fase 1	leito natural		leito natural		leito natural	
Tr (anos)	25		25		25	
Período	total		total		total	
Q (m³/s)	324		324		324	
Fase 2	adufas		adufas		Adufas/ Tomada d'Água	
Tr (anos)	50		50		50	
Período	Estiagem		Estiagem		Estiagem	
Q (m³/s)	138		138		138	
Posição	margem esquerda		Leito do rio (alça esquerda)		margem esquerda	
Número	2		2		3	
Dimensões (altura; largura) (m)	4,00 (H) 3,40(L)		4,00 (H) 3,40(L)		5,90 (H) 7,40(L)	
Vertedouro	soleira livre		soleira livre		soleira livre	
Hp (m)	1,20		1,50		1,50	

PCH Vila União	Alternativas de Arranjo e Circuito de Geração de Baixa Pressão		
	Estruturas de Barramento Alternativa 01	Estruturas de Barramento Alternativa 02	Estruturas de Barramento Alternativa 03
Bcrista (m)	167	120	120
Estrutura de Dissipação	degraus + topo rochoso	degraus + topo rochoso	degraus + topo rochoso
Posição	leito + margens	leito + margens	leito + margens
Q100 (m³/s)	382	382	382
Q1.000 (m³/s)	479	479	479
Q10.000 (m³/s)	575	575	575
Canal de Adução (comprimento) (m)	2.885	2.885	2.885
Posição	margem esquerda	margem esquerda	margem esquerda

**Tabela 10-2: Principais características físicas das alternativas de Circuito de Geração de Alta Pressão.**

PCH Vila União	Circuito de Geração de Alta Pressão
	Alternativas 01, 02 e 03
Circuito de geração de Alta Pressão	2 Condutos Forçados alimentando cada unidade geradora individualmente
Posição	margem esquerda
Seção (m)	circular
Diâmetro (m)	5,30
Comprimento (m)	2 x 128,0
Tomada d'Água	frontal, 2 unidades
Comprimento (m)	17,20
Largura (m)	16,60
Cota da Soleira (m)	567,0
Cota da Câmara de Carga (m)	566,50
Casa de Força	abrigada
Número de Blocos	2
Comprimento dos Blocos (m)	33,80
Largura dos Blocos (m)	15,20
Cota da Linha do Centro do Distribuidor (m)	557,90
Cota da Saída do Tubo de Sucção (m)	549,30
Largura da AM e Descarga (m)	13,00
Cota do Piso da AM (m)	573,00
Canal de Fuga	escavado
Comprimento (m)	70,0
Nível d'Água Normal (m)	560,40

#### 10.4. Seleção da Alternativa de Arranjo

A Tabela 10-3 apresenta um resumo dos orçamentos elaborados para as alternativas de arranjo avaliadas.

**Tabela 10-3: Estudos de alternativas – Resumos dos orçamentos**

Conta	Valor (R\$×10³)		
	Estudos de Alternativas		
	Alternativa 01	Alternativa 02	Alternativa 03
.10	800,78	796,29	808,21
.11	12.932,89	12.932,89	12.932,89
.12	41.563,09	41.314,88	41.974,45
.13	34.325,13	34.325,13	34.325,13
.14	6.672,80	6.672,80	6.672,80
.15	4.001,73	4.001,73	4.001,73
.16	0,00	0,00	0,00
Custo Direto	100.296,42	100.043,72	100.715,21
Custos Indiretos	10.806,08	10.778,92	10.851,05
Custo Total sem Juros	111.102,50	110.822,64	111.566,26
JDC	11.110,25	11.082,26	11.156,63
<b>Custo Total</b>	<b>122.212,75</b>	<b>121.904,90</b>	<b>122.722,89</b>

A análise da Tabela 10-3 mostra que os custos das soluções estudadas estão próximos. Para dar seguimento aos estudos inicialmente já foi descartada a Alternativa 1, devido ao volume de escavação do canal do canal de desvio. Dentre as outras duas alternativas foi selecionada a Alternativa 02, pois essa apresenta a vantagem de aproveitar o leito de uma das alças do rio para locar a estrutura de desvio, o que ocasionou na diminuição do volume de material escavado e também a concentração das estruturas de concreto em uma área menor. Assim, para o detalhamento final do aproveitamento selecionou-se a **Alternativa 02**.

Para o detalhamento final, a partir do arranjo selecionado, foram promovidas algumas otimizações, visando à redução dos custos.

## 11. ESTUDOS ENERGÉTICOS

Os estudos energéticos desenvolvidos para a PCH Vila União objetivaram a determinação dos seguintes parâmetros:

- Potência instalada "ótima" do aproveitamento;
- Energia média do aproveitamento;
- 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, a ser utilizada no cálculo da Garantia Física da PCH.

### 11.1. Critérios para a Determinação da Energia Média Gerada

A energia gerada pela operação da PCH Vila União foi quantificada como a geração média histórica, compreendendo o período da série de vazões médias mensais (janeiro de 1976 a dezembro de 2014). Os parâmetros adotados para a simulação energética foram os seguintes:

- Nível d'água de montante fixo, na cota 579,05 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 .....equações de perda de carga
- Série de vazões médias mensais ..... jan/1976 a dez/2014
- Vazão remanescente .....variável mensalmente (10% da média em cada mês)
- Disponibilidade forçada ..... 1,26%
- Disponibilidade programada ..... 3,73%
- Rendimento nominal da turbina ..... 93,0%
- Rendimento nominal do gerador ..... 97,0%

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 no local da PCH Vila União**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd.
1976	84,1	107,3	108,0	88,6	81,5	78,4	65,2	58,7	60,5	66,1	78,4	92,9	<b>80,8</b>
1977	106,6	118,0	112,0	102,8	92,2	83,0	71,3	62,9	64,1	70,9	79,2	103,6	<b>88,9</b>
1978	155,4	118,8	148,5	108,1	100,5	89,9	74,5	67,9	68,7	71,4	81,5	104,3	<b>99,1</b>
1979	174,4	152,3	175,9	143,2	111,2	88,3	78,4	70,7	78,4	73,2	76,9	93,7	<b>109,7</b>
1980	129,3	153,8	172,9	125,7	92,2	86,8	76,9	69,8	72,3	70,3	76,9	96,7	<b>102,0</b>
1981	121,1	130,2	197,3	153,8	99,0	89,9	79,2	71,3	65,6	71,3	94,4	96,0	<b>105,8</b>

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd.
1982	126,4	130,2	153,8	138,6	100,5	86,8	76,9	72,0	74,9	78,4	86,8	130,2	104,6
1983	105,9	110,4	103,6	106,6	81,5	82,3	68,4	63,9	62,4	72,7	92,2	115,0	88,7
1984	115,0	112,0	128,7	124,1	103,6	81,5	71,3	67,4	68,7	72,0	81,5	116,5	95,2
1985	143,9	127,9	131,0	118,0	96,7	78,4	73,0	67,4	65,5	66,9	72,9	70,8	92,7
1986	86,8	96,7	86,1	89,9	83,0	69,6	63,3	64,7	68,8	68,5	71,4	84,5	77,8
1987	104,3	111,2	113,5	127,9	106,6	80,0	71,8	65,6	64,4	67,6	80,7	147,7	95,1
1988	130,2	137,1	158,4	139,4	112,0	92,9	80,0	72,0	64,5	69,8	75,2	95,2	102,2
1989	139,4	160,7	160,7	135,4	107,0	93,8	90,0	88,2	83,3	86,8	99,0	110,4	112,9
1990	105,9	116,5	113,5	101,8	90,7	77,2	74,5	63,7	67,8	89,9	98,2	96,7	91,4
1991	109,7	132,2	150,3	126,0	95,4	82,5	74,9	69,0	67,7	70,1	80,0	94,4	96,0
1992	117,3	122,7	134,4	131,2	95,8	80,4	73,7	69,4	78,1	89,9	100,5	108,9	100,2
1993	108,1	120,3	128,7	119,6	85,3	86,1	72,6	60,4	72,5	71,6	75,1	94,4	91,2
1994	127,2	121,1	156,9	129,5	99,0	83,8	75,1	69,8	69,2	72,6	85,3	95,2	98,7
1995	153,8	142,4	156,1	139,4	124,9	86,1	78,4	71,7	68,3	75,3	77,7	85,3	105,0
1996	111,2	108,9	124,1	126,4	98,2	85,3	73,3	68,5	69,4	69,5	86,1	84,5	92,1
1997	119,6	157,6	174,4	131,8	104,3	96,0	81,5	72,8	69,7	71,0	82,3	100,5	105,1
1998	93,7	115,8	127,2	112,7	87,6	77,7	69,2	66,1	64,7	69,2	82,3	133,3	91,6
1999	134,0	102,8	159,2	114,2	91,4	77,7	71,3	65,3	64,4	66,8	73,4	82,3	91,9
2000	81,5	102,1	119,6	65,9	76,2	71,4	67,2	62,8	66,0	65,4	77,7	92,2	79,0
2001	83,8	76,9	90,6	83,0	71,8	68,8	60,0	56,6	60,2	64,8	71,9	123,4	76,0
2002	130,2	112,7	130,2	100,5	84,5	71,3	65,3	61,9	60,5	61,9	73,1	80,0	86,0
2003	99,0	120,3	131,0	159,2	96,7	80,0	70,2	65,0	63,1	68,0	71,4	83,8	92,3
2004	117,3	179,0	130,7	106,7	91,9	75,5	73,4	70,4	63,8	61,5	74,5	78,4	93,6
2005	87,6	85,3	96,7	86,8	71,9	63,9	58,4	55,4	59,6	64,3	75,3	100,1	75,4
2006	101,8	91,6	119,2	120,8	83,1	71,9	66,9	61,3	63,1	73,5	78,4	87,6	84,9
2007	89,1	97,5	96,7	83,0	71,4	63,8	60,4	58,4	54,2	59,1	72,7	80,0	73,9
2008	89,1	123,4	114,2	112,7	88,3	73,7	64,7	59,2	56,1	58,2	72,8	76,1	82,4
2009	82,3	95,2	124,1	119,6	80,0	71,7	64,6	59,7	61,0	63,0	73,1	87,6	81,8
2010	104,3	99,8	105,9	113,4	77,7	72,4	64,3	60,6	58,8	57,8	72,4	87,1	81,2
2011	113,9	101,8	125,2	115,4	91,8	71,3	64,8	59,6	56,5	62,9	68,6	76,3	84,0
2012	108,7	97,2	95,1	83,3	74,6	68,4	60,6	55,3	53,8	58,6	75,8	82,0	76,1
2013	111,9	133,7	115,1	111,7	78,9	77,2	65,0	58,8	56,5	64,3	76,1	105,3	87,9
2014	102,7	111,7	123,4	112,9	85,1	74,6	66,7	61,5	59,4	60,2	74,4	120,0	87,7
<b>Méd</b>	<b>113,0</b>	<b>118,8</b>	<b>130,6</b>	<b>115,6</b>	<b>91,4</b>	<b>79,2</b>	<b>70,7</b>	<b>65,3</b>	<b>65,3</b>	<b>69,1</b>	<b>79,4</b>	<b>97,3</b>	<b>91,3</b>
<b>Máx</b>	<b>174,4</b>	<b>179,0</b>	<b>197,3</b>	<b>159,2</b>	<b>124,9</b>	<b>96,0</b>	<b>90,0</b>	<b>88,2</b>	<b>83,3</b>	<b>89,9</b>	<b>100,5</b>	<b>147,7</b>	-
<b>Mín</b>	<b>81,5</b>	<b>76,9</b>	<b>86,1</b>	<b>65,9</b>	<b>71,4</b>	<b>63,8</b>	<b>58,4</b>	<b>55,3</b>	<b>53,8</b>	<b>57,8</b>	<b>68,6</b>	<b>70,8</b>	-

As variações no nível de jusante serão regidas pela curva-chave elaborada para o canal de fuga, representada pela seguinte equação:



$$NA = \left( \frac{Q_{defl}}{28,088451} \right)^{1/1,632910} + 558,10, \quad \text{se } Q_{defl} \leq 260,32 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$NA = \left( \frac{Q_{defl}}{28,661975} \right)^{1/2,002459} + 559,00, \quad \text{se } Q_{defl} > 260,32 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tendo em vista que a usina de jusante, PCH Águas Claras, foi prevista para operar na El. 558,0 m, a PCH Vila União não sofrerá interferências deste reservatório em seu canal de fuga, caso a PCH Águas Claras seja construída.

Como a usina operará a fio d'água, a vazão defluente ( $Q_{defl}$ ) será equivalente à vazão afluente média em cada mês ( $Q_{afll}$ ).

As perdas hidráulicas no circuito de adução foram estimadas por meio de equações em função das características físicas do circuito, desde o canal de adução até a entrada das turbinas. De maneira geral, as perdas,  $h_p$ , podem ser representadas pela seguinte relação:

$$h_p = h_{p1} + h_{p2}$$

onde

$h_{p1}$  : perdas hidráulicas no canal de adução, 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, 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 Vila União será uma usina de derivação, com restituição das vazões turbinadas afastada do eixo de barramento, será necessária, ao longo da operação da usina, a manutenção de uma vazão remanescente ou ecológica. Essa vazão, segundo os critérios definidos pela SEMA/MT, será variável e equivalente a 10% da média em cada mês.

Os valores utilizados são apresentados na Tabela 11-2 e estão compatíveis com a série de vazões médias mensais do aproveitamento.

**Tabela 11-2: Vazões remanescentes utilizadas**

Q (m³/s)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
$Q_{rem}$	11,30	11,88	13,06	11,56	9,14	7,92	7,07	6,53	6,53	6,91	7,94	9,73

Em relação às indisponibilidades, foram utilizados os seguintes valores:

- TEIF..... 1,26%
- IP..... 3,73%

onde TEIF é a indisponibilidade forçada e IP, a programada.

Estes valores representam um período da ordem de 440 horas por ano para cada máquina, destinadas às paradas forçadas e programadas: 330 horas para a parada programada e 110

horas para a forçada, totalizando aproximadamente 5% para as indisponibilidades totais, representadas pela seguinte relação:

$$\%_{\text{disponibilidade}} = (1 - \text{TEIF})(1 - \text{IP})$$

Aplicando esses valores à equação, obteve-se uma disponibilidade para geração energética de 95%, considerando assim que em 5% do tempo as máquinas estarão desligadas, em função de manutenções programadas e/ou forçadas.

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), correspondente a R\$ 112,00/MWh, conforme publicado no Plano Decenal de Expansão 2023, 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 com potência inferior a 100 MW que comercializaram energia nos leilões dos últimos anos, que totalizaram 57 usinas.

O estabelecimento de uma potência máxima de 100 MW, para fins deste cálculo, se justifica pelo fato de representar uma faixa com custos de instalação similares. As usinas de maior porte já passam a apresentar um ganho de escala, que vem a distorcer o valor da tarifa em relação aos demais empreendimentos.

Da base de dados da CCEE, os preços de venda foram atualizados até a base setembro/2015, com base no IPCA. O custo é obtido pela fórmula seguinte:

$$\text{CUSTO} = \frac{\sum \text{ECOM}_i \times \text{PV}_i}{\sum \text{ECOM}_i}, \text{ onde:}$$

$\text{ECOM}_i = \text{Energia Comercializada pela Usina [i]}$   
 $\text{PV}_i = \text{Preço de Venda da Usina [i]}$

A Tabela 11-3 apresenta uma relação da 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)
02º LFA	26/08/10	Fontes Alternativas	COPEL	CAVERNOSO II	PR	19,0	10,6	7,6	146,99	206,40
02º LFA	26/08/10	Fontes Alternativas	GALHEIROS	GALHEIROS I	GO	11,0	6,4	6,4	144,50	202,90
02º LFA	26/08/10	Fontes Alternativas	PCH SALTO GOES	SALTO GOES	SC	20,0	11,1	11,1	147,47	207,07
02º LFA	26/08/10	Fontes Alternativas	QUE	QUEIXADA	GO	30,0	21,6	16,6	148,39	208,36
02º LFA	26/08/10	Fontes Alternativas	UNAIBAIXO	UNAI BAIXO	MG	21,0	12,7	6,4	144,98	203,57
03º LER	26/08/10	Reserva	PRIMUS	INXU	MT	20,6	16,5	16,5	129,93	182,44
03º LER	26/08/10	Reserva	SEB	SAO SEBASTIAO	SC	9,9	5,2	5,2	133,25	187,10
08º LEN	27/07/09	Energia Nova	CESA	PCH RIO BONITO (AMPLIACAO)	-	22,5	1,4	1,0	144,00	211,59
10º LEN	30/07/10	Energia Nova	EMAE	PIRAPORA	-	25,0	0,0	16,0	154,49	217,01
10º LEN	30/07/10	Energia Nova	MEGA ENERGIA	CANAA	-	17,0	7,8	7,0	153,98	216,30
10º LEN	30/07/10	Energia Nova	MEGA ENERGIA	JAMARI	-	20,0	9,1	9,0	154,23	216,65
10º LEN	30/07/10	Energia Nova	MEGA ENERGIA	SANTA CRUZ DE MONTE NEGRO	-	17,0	0,0	7,0	153,73	215,95
15º LEN	14/12/12	Energia Nova	EDP	SANTO ANTONIO DO JARI	AP	73,4	21,6	20,9	82,00	99,47
16º LEN	29/08/13	Energia Nova	ALUPAR	VERDE 08	GO	28,5	16,9	13,1	130,00	152,48
16º LEN	29/08/13	Energia Nova	CANTU 2	CANTU 2	PR	18,0	9,5	9,5	128,99	151,29
16º LEN	29/08/13	Energia Nova	EGP CABEÇA DE BOI	CABEÇA DE BOI	MT	29,7	13,6	13,6	119,99	140,74
16º LEN	29/08/13	Energia Nova	EGP FAZENDA	DA FAZENDA	MT	19,5	9,1	9,1	120,00	140,75
16º LEN	29/08/13	Energia Nova	EGP SALTO APIACAS	SALTO APIACÁS	MT	45,0	22,9	22,4	119,97	140,71
16º LEN	29/08/13	Energia Nova	ELETROSUL	SANTO CRISTO	SC	19,5	10,8	0,5	129,00	151,30
16º LEN	29/08/13	Energia Nova	MANOPLA	MANOPLA	PE	5,0	2,6	2,6	128,99	151,29
16º LEN	29/08/13	Energia Nova	PCH MATA VELHA	MATA VELHA	MG	24,0	13,1	12,7	128,99	151,29
16º LEN	29/08/13	Energia Nova	SANTA HELENA ENERGIA	YPÊ	GO	29,3	16,7	16,7	131,20	153,88
18º LEN	13/12/13	Energia Nova	ALUPAR	Água Limpa	MG	23,0	11,4	6,0	138,00	158,06
18º LEN	13/12/13	Energia Nova	CEC	Ado Popinhak	SC	19,3	10,4	10,4	135,90	155,66
18º LEN	13/12/13	Energia Nova	COOGERVAAPA	Linha Aparecida	RS	24,9	13,8	11,7	136,98	156,90
18º LEN	13/12/13	Energia Nova	COOGERVAJAC	Linha Jacinto	RS	17,4	9,9	9,3	137,98	158,04
18º LEN	13/12/13	Energia Nova	FAZENDA VELHA	Fazenda Velha	GO	16,5	8,9	6,7	131,95	151,14

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)
18º LEN	13/12/13	Energia Nova	GARÇA BRANCA	Garça Branca	SC	6,5	3,4	3,2	137,86	157,90
18º LEN	13/12/13	Energia Nova	JARDIM	JARDIM	RS	9,0	4,5	1,1	139,00	159,21
18º LEN	13/12/13	Energia Nova	MORRO GRANDE	MORRO GRANDE	RS	9,8	4,4	1,1	139,00	159,21
18º LEN	13/12/13	Energia Nova	MUTUM	Nova Mutum	MT	14,0	6,1	1,2	139,00	159,21
18º LEN	13/12/13	Energia Nova	OMEGA SERRA DAS AGULHAS	Serra das Agulhas	MG	28,0	11,7	11,7	134,90	154,51
18º LEN	13/12/13	Energia Nova	PGE	PITO	SC	4,0	2,3	2,3	134,90	154,51
18º LEN	13/12/13	Energia Nova	QI	Quartel I	MG	30,0	14,0	13,9	139,20	159,44
18º LEN	13/12/13	Energia Nova	QII	Quartel II	MG	30,0	14,2	14,1	139,20	159,44
18º LEN	13/12/13	Energia Nova	QIII	Quartel III	MG	30,0	14,1	14,0	139,20	159,44
18º LEN	13/12/13	Energia Nova	REN	Renic	GO	16,0	6,6	2,5	136,90	156,80
18º LEN	13/12/13	Energia Nova	TBL	Tamboril	GO	29,3	12,9	7,0	136,90	156,80
20º LEN	28/11/14	Energia Nova	CDESA	COMODORO	MT	10,0	6,2	6,2	162,50	176,28
20º LEN	28/11/14	Energia Nova	LAJARI	LAJARI	MT	20,9	10,9	9,0	160,90	174,55
20º LEN	28/11/14	Energia Nova	PDESA	PRESENTE DE DEUS	MT	13,0	8,5	8,5	162,50	176,28
21º LEN	30/04/15	Energia Nova	ATIAIA ENERGIA S.A.	BANDEIRANTE	MS	27,2	18,4	16,5	203,98	209,98
21º LEN	30/04/15	Energia Nova	SPE BOA VISTA 2 ENERGIA S.A.	BOA VISTA II	MG	26,5	14,4	14,0	207,64	213,75
21º LEN	30/04/15	Energia Nova	CONFLUÊNCIA ENERGIA SA	CONFLUÊNCIA	PR	27,0	13,7	13,5	205,00	211,03
21º LEN	30/04/15	Energia Nova	GEOMECANICA TECNOLOGIA - TEC DE SOLOS ROCHAS E MATERIAIS	SECRETÁRIO	RJ	2,7	1,3	1,2	202,99	208,96
21º LEN	30/04/15	Energia Nova	MINAS PCH S/A	TIBAGI MONTANTE	PR	32,0	20,3	19,0	209,50	215,67
21º LEN	30/04/15	Energia Nova	PHOENIX GERAÇÃO DE ENERGIA S.A.	VERDE 4A	MS	28,0	19,7	19,2	206,49	212,57
21º LEN	30/04/15	Energia Nova	SAVANA GERAÇÃO DE ENERGIA S.A.	VERDE 4	MS	19,0	13,8	13,4	206,98	213,07
21º LEN	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	212,56
21º LEN	30/04/15	Energia Nova	TIGRE PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA LTDA	TIGRE	PR	9,0	5,3	1,0	195,00	200,74

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)
22ºLEN	21/08/15	Energia Nova	CAROLINA GERAÇÃO DE ENERGIA LTDA	SANTA CAROLINA	RS	10,5	5,1	4,6	203,00	204,10
22ºLEN	21/08/15	Energia Nova	PCH DORES DE GUANHÃES S.A.	DORES DE GUANHAES	MG	14,0	7,1	7,1	205,50	206,61
22ºLEN	21/08/15	Energia Nova	PCH FORTUNA II S.A.	FORTUNA II	MG	9,0	4,7	4,6	205,50	206,61
22ºLEN	21/08/15	Energia Nova	PC JACARÉ S.A.	JACARE	MG	9,0	5,0	4,9	205,50	206,61
22ºLEN	21/08/15	Energia Nova	EUCLIDES MACIEL ENERGÉTICA SA	DAS PEDRAS	SC	5,6	3,3	2,3	207,00	208,12
22ºLEN	21/08/15	Energia Nova	PCH SENHORA DO PORTO S.A.	SENHORA DO PORTO	MG	12,0	6,5	6,5	205,50	206,61
22ºLEN	21/08/15	Energia Nova	XAVANTINA ENERGÉTICA S.A.	XAVANTINA	SC	6,1	3,5	3,1	202,85	203,95

O resultado obtido foi de **R\$ 179,20/MWh**, na base setembro/2015.

Detaca-se que para os Leilões de 2015, realizado em abril e agosto de 2015, o preço teto para estes empreendimentos foi elevado para R\$ 210,00/MWh e R\$ 216,00/MWh, respectivamente.

Nesse sentido, optou-se por fazer uma análise de sensibilidade dos valores de venda de energia, para a definição da potência instalada da PCH Vila União.

### 11.3. Estudos de Motorização

Os estudos de motorização da PCH Vila União 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 3% 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 <sub>inst</sub> (MW)	E <sub>med</sub> (MW <sub>méd</sub> )	f <sub>c-med</sub>	ΔE <sub>med</sub> (MW <sub>med</sub> )	Q <sub>turb</sub> (m³/s)	% perm.
10,00	9,37	0,94	-	63,89	89,75%
10,25	9,56	0,93	0,19	65,49	85,25%
10,50	9,74	0,93	0,18	67,09	82,95%
10,75	9,91	0,92	0,17	68,68	79,92%
11,00	10,07	0,92	0,16	70,28	76,06%
11,25	10,21	0,91	0,15	71,88	71,14%

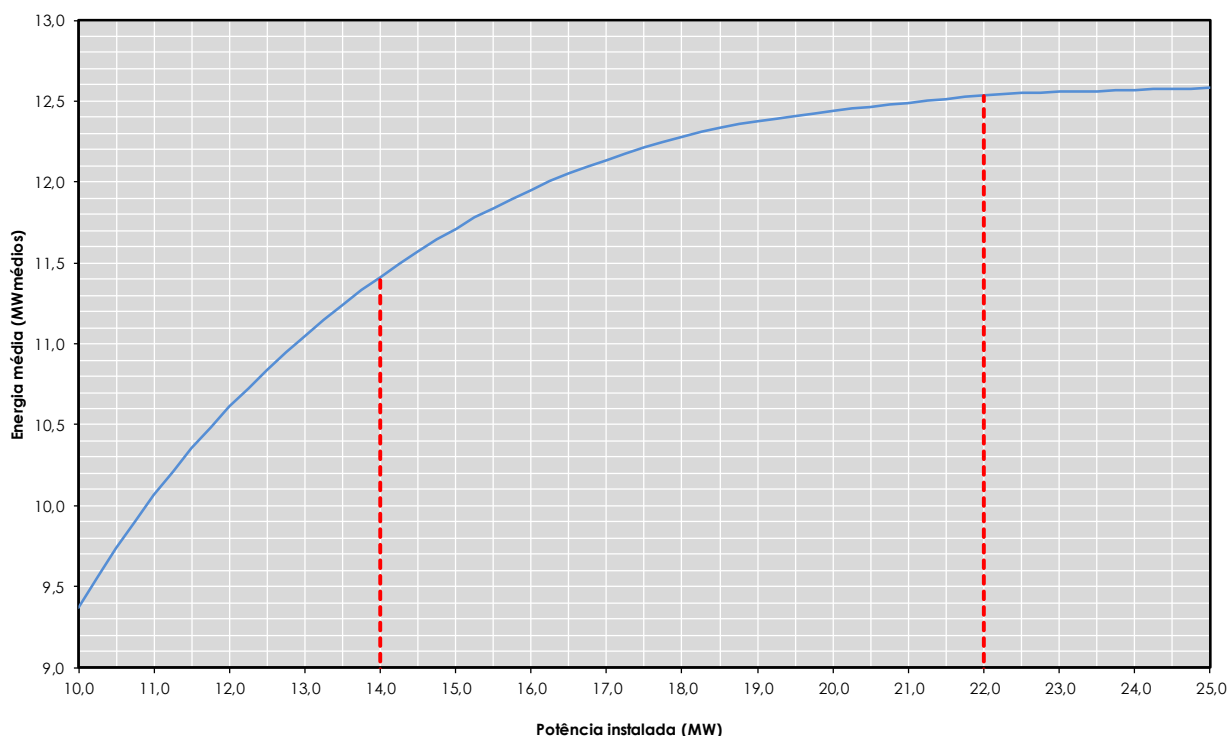
$P_{inst}$ (MW)	$E_{med}$ (MW <sub>med</sub> )	$f_{c-med}$	$\Delta E_{med}$ (MW <sub>med</sub> )	$Q_{turb}$ (m <sup>3</sup> /s)	% perm.
11,50	10,35	0,90	0,14	73,48	66,00%
11,75	10,49	0,89	0,13	75,07	63,63%
12,00	10,61	0,88	0,13	76,67	61,33%
12,25	10,73	0,88	0,12	78,27	58,56%
12,50	10,84	0,87	0,11	79,86	55,93%
12,75	10,95	0,86	0,11	81,46	53,98%
13,00	11,05	0,85	0,10	83,06	50,20%
13,25	11,15	0,84	0,10	84,66	48,13%
13,50	11,24	0,83	0,09	86,25	46,00%
13,75	11,33	0,82	0,09	87,85	43,60%
14,00	11,41	0,82	0,08	89,45	42,31%
14,25	11,49	0,81	0,08	91,05	40,58%
14,50	11,57	0,80	0,08	92,64	38,84%
14,75	11,64	0,79	0,07	94,24	37,75%
15,00	11,71	0,78	0,07	95,84	35,94%
15,25	11,78	0,77	0,07	97,43	33,67%
15,50	11,84	0,76	0,06	99,03	32,33%
15,75	11,90	0,76	0,06	100,63	30,82%
16,00	11,95	0,75	0,06	102,23	29,94%
16,25	12,00	0,74	0,05	103,82	28,63%
16,50	12,05	0,73	0,05	105,42	27,59%
16,75	12,10	0,72	0,04	107,02	25,90%
17,00	12,14	0,71	0,04	108,62	24,87%
17,25	12,18	0,71	0,04	110,21	24,05%
17,50	12,21	0,70	0,04	111,81	22,59%
17,75	12,25	0,69	0,03	113,41	20,75%
18,00	12,28	0,68	0,03	115,00	19,49%
18,25	12,31	0,67	0,03	116,60	18,18%
18,50	12,33	0,67	0,03	118,20	17,30%
18,75	12,36	0,66	0,02	119,80	15,96%
19,00	12,38	0,65	0,02	121,39	14,74%
19,25	12,39	0,64	0,02	122,99	14,48%
19,50	12,41	0,64	0,02	124,59	13,15%
19,75	12,43	0,63	0,02	126,19	12,32%
20,00	12,44	0,62	0,02	127,78	11,39%
20,25	12,45	0,62	0,01	129,38	10,41%
20,50	12,47	0,61	0,01	130,98	8,58%
20,75	12,48	0,60	0,01	132,57	7,64%
21,00	12,49	0,60	0,01	134,17	6,98%

$P_{inst}$ (MW)	$E_{med}$ (MW <sub>méd</sub> )	$f_{c-med}$	$\Delta E_{med}$ (MW <sub>med</sub> )	$Q_{turb}$ (m <sup>3</sup> /s)	% perm.
21,25	12,50	0,59	0,01	135,77	6,60%
21,50	12,51	0,58	0,01	137,37	6,39%
21,75	12,52	0,58	0,01	138,96	6,12%
22,00	12,53	0,57	0,01	140,56	5,49%
22,25	12,54	0,56	0,01	142,16	5,38%
22,50	12,55	0,56	0,01	143,76	4,97%
22,75	12,55	0,55	0,01	145,35	4,85%
23,00	12,56	0,55	0,00	146,95	4,76%
23,25	12,56	0,54	0,00	148,55	4,50%
23,50	12,56	0,54	0,00	150,15	4,31%
23,75	12,57	0,53	0,00	151,74	4,13%
24,00	12,57	0,52	0,00	153,34	3,93%
24,25	12,57	0,52	0,00	154,94	3,06%
24,50	12,58	0,51	0,00	156,53	2,67%
24,75	12,58	0,51	0,00	158,13	2,22%
25,00	12,58	0,50	0,00	159,73	1,64%

$P_{inst}$	:	potência instalada de referência;
$E_{med}$	:	energia média (média do período total da série histórica de simulação);
$f_{c-med}$	:	fator de capacidade médio;
$\Delta E_{med}$	:	variação de energia média;
$Q_{turb}$	:	vazão turbinada total;
%perm.	:	porcentagem da vazão turbinada total na curva de permanência de vazões médias mensais.

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 14 MW e 22 MW. Potências inferiores a esse limite mínimo resultariam em submotorização. Já na potência de 22 MW a curva de energia apresenta sinais de saturação.

Sendo assim, os estudos de motorização abrangeram a faixa de potências instaladas entre **14,0 MW** e **22,0 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.

Os canais de adução deverão operar com velocidades próximas de 1,0 m/s, para garantir maior segurança ao circuito e reduzir a magnitude das perdas de carga.

Os condutos forçados deverão trabalhar com velocidades que garantam tanto a proteção contra sobrepressão 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".

A Tabela 11-5 seguinte apresenta os coeficientes das equações utilizadas para as perdas de carga no circuito de adução, desde o canal de adução até a entrada da turbina.

Cabe ressaltar que as curvas de perda de carga no canal de adução estão em função da vazão turbinada total, enquanto as perdas no circuito de alta pressão (tomada d'água até a entrada da máquina), em função da vazão turbinada unitária.

**Tabela 11-5: Estudos de motorização – Coeficientes das equações de perda de carga**

P <sub>instalada</sub> (MW)	h <sub>p1</sub> = a(Q <sub>turb-tot</sub> ) <sup>b</sup>		h <sub>p2</sub> = c(Q <sub>turb-unit</sub> ) <sup>d</sup>	
	a	b	c	d
14,0	1,6039526123E-05	2,0000000064E+00	1,3073455083E-04	1,9944215868E+00
14,5	1,4432466272E-05	2,0000000023E+00	1,2122922383E-04	1,9937011919E+00
15,0	1,3211601327E-05	1,9999999966E+00	1,0988809548E-04	1,9949538701E+00
15,5	1,1932359818E-05	2,0000000106E+00	1,0666923496E-04	1,9945257210E+00
16,0	1,0956595413E-05	2,0000000030E+00	9,8040158142E-05	1,9949293108E+00
16,5	9,9301906251E-06	2,0000000074E+00	9,0423621464E-05	1,9942279017E+00
17,0	9,1443241912E-06	1,9999999888E+00	8,2580101337E-05	1,9953766024E+00
17,5	8,3146658893E-06	1,9999999910E+00	7,7127411989E-05	1,9948165283E+00
18,0	7,6771950192E-06	2,0000000056E+00	7,5638378605E-05	1,9946639037E+00
18,5	7,6771949338E-06	2,0000000089E+00	7,0111186481E-05	1,9940182513E+00
19,0	7,0019134575E-06	2,0000000009E+00	6,5594499498E-05	1,9945212365E+00
19,5	6,4813442490E-06	1,9999999904E+00	6,2627203529E-05	1,9956107058E+00
20,0	5,9281380461E-06	2,0000000040E+00	5,8685306426E-05	1,9952227698E+00
20,5	5,5003535610E-06	1,9999999990E+00	5,5115853202E-05	1,9946847741E+00
21,0	5,5003533966E-06	2,0000000086E+00	5,1811729304E-05	1,9943244375E+00
21,5	5,0443874482E-06	2,0000000099E+00	5,0903134948E-05	1,9940345503E+00
22,0	4,6907691552E-06	1,9999999987E+00	4,7010843717E-05	1,9951847354E+00

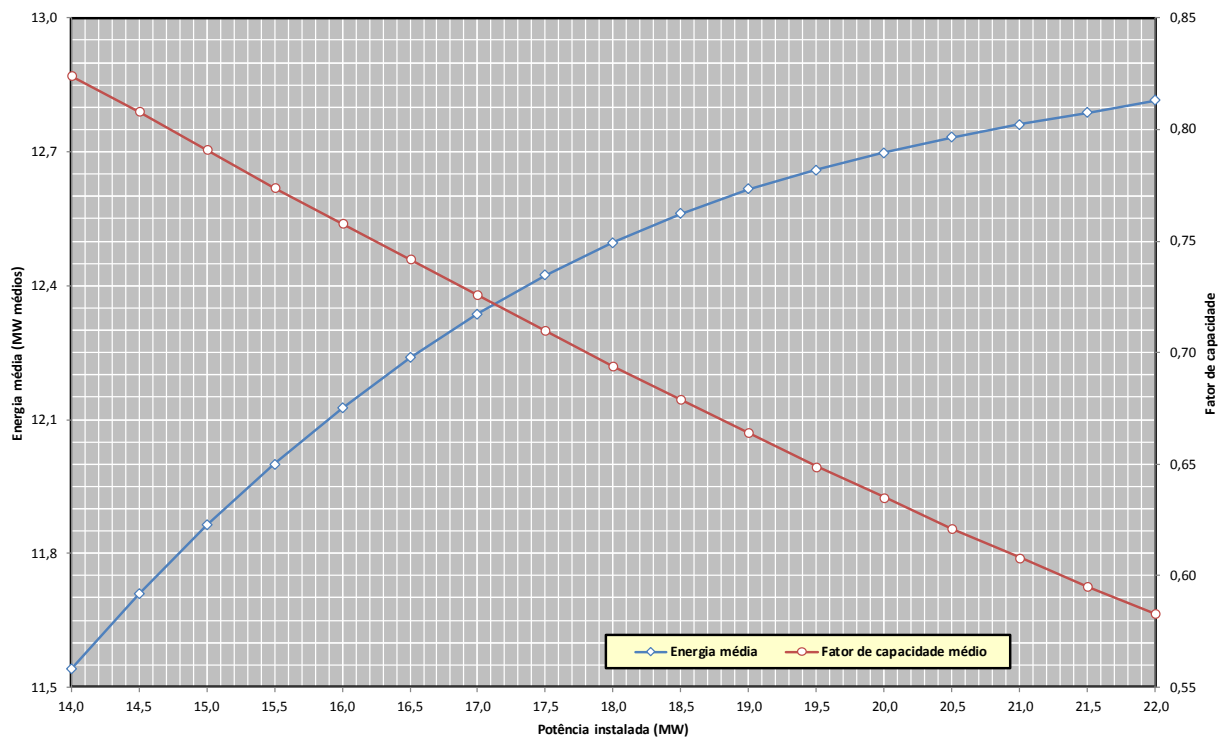
A Tabela 11-6 apresenta os resultados das simulações energéticas. Os efeitos do aumento na motorização da PCH Vila União processam-se apenas na própria usina, visto que a mesma operará a fio d'água.

**Tabela 11-6: Estudos de Motorização – Simulações energéticas**

P <sub>inst</sub> (MW)	H <sub>liq-ref</sub> (m)	H <sub>liq-proj</sub> (m)	Q <sub>turb</sub> (m <sup>3</sup> /s)	E <sub>média</sub> (MW)	ΔE <sub>média</sub> (MW)	f <sub>capacidade</sub>	% perm.
14,0	17,86	18,59	88,60	11,54	-	0,82	42,83%
14,5	17,86	18,59	91,73	11,71	0,17	0,81	40,12%
15,0	17,87	18,60	94,84	11,86	0,15	0,79	37,13%
15,5	17,87	18,60	98,03	12,00	0,14	0,77	33,46%
16,0	17,88	18,61	101,14	12,13	0,13	0,76	30,73%
16,5	17,89	18,62	104,25	12,24	0,11	0,74	28,50%
17,0	17,89	18,63	107,35	12,34	0,10	0,73	25,69%
17,5	17,90	18,64	110,47	12,42	0,09	0,71	23,75%
18,0	17,89	18,64	113,66	12,50	0,07	0,69	20,26%
18,5	17,89	18,64	116,82	12,56	0,06	0,68	18,12%

$P_{inst}$ (MW)	$H_{liq-ref}$ (m)	$H_{liq-proj}$ (m)	$Q_{turb}$ (m <sup>3</sup> /s)	$E_{média}$ (MW)	$\Delta E_{média}$ (MW)	$f_{capacidade}$	% perm.
19,0	17,90	18,65	119,93	12,62	0,06	0,66	15,89%
19,5	17,90	18,65	123,09	12,66	0,04	0,65	14,45%
20,0	17,91	18,66	126,19	12,70	0,04	0,64	12,32%
20,5	17,92	18,67	129,30	12,73	0,04	0,62	10,50%
21,0	17,92	18,67	132,45	12,76	0,03	0,61	7,67%
21,5	17,93	18,67	135,52	12,79	0,03	0,60	6,63%
22,0	17,95	18,68	138,50	12,82	0,03	0,58	6,23%

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. São elas:

- Canal de adução: levantamento dos volumes de escavação em solo e em rocha e de revestimento em manta PEAD;
- Tomada d'água: levantamento dos volumes concreto e custos de equipamentos;
- Conduto forçado: levantamento dos volumes de concreto 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 em solo e em rocha 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. As tabelas seguintes apresentam 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 (parte 1)**

Parâmetros	P = 14,0 MW	P = 14,5 MW	P = 15,0 MW	P = 15,5 MW	P = 16,0 MW	P = 16,5 MW	P = 17,0 MW	P = 17,5 MW	P = 18,0 MW
H <sub>liq-referência</sub> (m)	17,86	17,86	17,87	17,87	17,88	17,89	17,89	17,90	17,89
H <sub>liq-projeto</sub> (m)	18,59	18,59	18,60	18,60	18,61	18,62	18,63	18,64	18,64
Q <sub>turb-total</sub> (m³/s)	88,60	91,73	94,84	98,03	101,14	104,25	107,35	110,47	113,66
N <sub>unidades</sub>	2	2	2	2	2	2	2	2	2
P <sub>turbina</sub> (kW)	7.217	7.475	7.732	7.990	8.248	8.506	8.763	9.021	9.279
n <sub>turbina</sub> (rpm)	257,14	257,14	240,00	240,00	240,00	240,00	225,00	225,00	225,00
P <sub>gerador</sub> (kVA)	7.778	8.056	8.334	8.612	8.889	9.167	9.445	9.723	10.000
n <sub>gerador</sub> (rpm)	257,14	257,14	240,00	240,00	240,00	240,00	225,00	225,00	225,00
η <sub>turb</sub>	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%
η <sub>ger</sub>	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%
L <sub>canal</sub> (m)	8,10	8,30	8,40	8,60	8,70	8,90	9,00	9,20	9,30
B <sub>canal</sub> (m)	2.920	2.920	2.920	2.920	2.920	2.920	2.920	2.920	2.920
L <sub>TA-bloco</sub> (m)	8,10	8,20	8,30	8,30	8,40	8,50	8,60	8,70	8,70
L <sub>CF-bloco</sub> (m)	7,90	7,90	8,10	8,20	8,20	8,20	8,50	8,50	8,50
L <sub>AM</sub> (m)	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	13,00	13,00	13,00
L <sub>CF-total</sub> (m)	27,80	27,80	28,20	28,40	28,40	28,40	30,00	30,00	30,00
V <sub>escav-canal-solo</sub> (m³)	710.610	727.950	742.520	760.230	775.110	793.210	808.410	826.890	842.410
Manta PEAD (m²)	102.220	103.830	105.160	106.780	108.110	109.730	111.060	112.670	114.010
V <sub>conc-TA</sub> (m³)	2.003	2.028	2.042	2.052	2.076	2.101	2.125	2.150	2.156
V <sub>conc-Conduto</sub> (m³)	5.928	6.032	6.136	6.136	6.240	6.344	6.448	6.552	6.552
V <sub>conc-CF</sub> (m³)	5.242	5.283	5.314	5.325	5.366	5.405	5.465	5.478	5.489

**Tabela 11-8: Estudos de Motorização – Parâmetros do circuito de adução alterados com a potência instalada (parte 2)**

Parâmetros	P = 18,5 MW	P = 19,0 MW	P = 19,5 MW	P = 20,0 MW	P = 20,5 MW	P = 21,0 MW	P = 21,5 MW	P = 22,0 MW
H <sub>liq-referência</sub> (m)	17,89	17,90	17,90	17,91	17,92	17,92	17,93	17,95
H <sub>liq-projeto</sub> (m)	18,64	18,65	18,65	18,66	18,67	18,67	18,67	18,68
Q <sub>turb-total</sub> (m³/s)	116,82	119,93	123,09	126,19	129,30	132,45	135,52	138,50
N <sub>unidades</sub>	2	2	2	2	2	2	2	2
P <sub>turbina</sub> (kW)	9.537	9.794	10.052	10.310	10.568	10.825	11.083	11.341
n <sub>turbina</sub> (rpm)	225,00	225,00	211,76	211,76	211,76	211,76	211,76	200,00
P <sub>gerador</sub> (kVA)	10.278	10.556	10.834	11.112	11.389	11.667	11.945	12.223
n <sub>gerador</sub> (rpm)	225,00	225,00	211,76	211,76	211,76	211,76	211,76	200,00
η <sub>turb</sub>	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%
η <sub>ger</sub>	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%
L <sub>canal</sub> (m)	9,30	9,50	9,60	9,80	9,90	9,90	10,10	10,20
B <sub>canal</sub> (m)	2.920	2.920	2.920	2.920	2.920	2.920	2.920	2.920
L <sub>TA-bloco</sub> (m)	8,80	8,90	8,90	9,00	9,10	9,20	9,20	9,30
L <sub>CF-bloco</sub> (m)	8,60	8,60	8,80	8,90	8,90	8,90	9,00	9,20
L <sub>AM</sub> (m)	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00
L <sub>CF-total</sub> (m)	30,20	30,20	30,60	30,80	30,80	30,80	31,00	31,40
V <sub>escav-canal-solo</sub> (m³)	842.760	861.600	877.430	896.660	912.810	913.110	932.710	949.160
Manta PEAD (m²)	114.040	115.650	116.980	118.600	119.930	119.960	121.570	122.900
V <sub>conc-TA</sub> (m³)	2.185	2.215	2.228	2.257	2.286	2.315	2.324	2.354
V <sub>conc-Conduto</sub> (m³)	6.656	6.760	6.760	6.864	6.968	7.072	7.072	7.176
V <sub>conc-CF</sub> (m³)	5.530	5.558	5.569	5.626	5.652	5.683	5.694	5.754

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 setembro/2015.



**Tabela 11-9: Estudos de Motorização – Estimativa de custos do circuito de geração (R\$ x 10³) – Parte 1**

Conta	P = 14,0 MW	P = 14,5 MW	P = 15,0 MW	P = 15,5 MW	P = 16,0 MW	P = 16,5 MW	P = 17,0 MW	P = 17,5 MW	P = 18,0 MW
.10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
.11	7.934,84	8.018,42	8.077,92	8.115,58	8.189,66	8.262,75	8.366,64	8.404,42	8.441,22
.12	26.345,46	26.949,89	27.475,39	27.832,80	28.409,67	29.038,94	29.612,78	30.234,98	30.546,44
.13	19.906,00	20.333,67	21.747,75	22.345,99	22.787,82	23.215,57	24.846,37	25.289,24	25.962,60
.14	3.869,73	3.952,86	4.227,77	4.344,06	4.429,95	4.513,10	4.830,14	4.916,22	5.047,13
.15	2.456,47	2.504,65	2.657,69	2.737,38	2.786,48	2.855,12	3.022,20	3.071,36	3.155,93
.16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Custo Direto	60.512,50	61.759,49	64.186,52	65.375,81	66.603,58	67.885,48	70.678,13	71.916,22	73.153,32
Custos Indiretos	5.811,49	5.919,21	6.128,92	6.231,66	6.337,75	6.448,50	6.689,78	6.796,76	6.903,65
Custo Total s/ Juros	66.323,99	67.678,70	70.315,44	71.607,47	72.941,33	74.333,98	77.367,91	78.712,98	80.056,97
JDC	6.632,40	6.767,87	7.031,54	7.160,75	7.294,13	7.433,40	7.736,79	7.871,30	8.005,70
<b>Custo Total</b>	<b>72.956,39</b>	<b>74.446,57</b>	<b>77.346,98</b>	<b>78.768,22</b>	<b>80.235,46</b>	<b>81.767,38</b>	<b>85.104,70</b>	<b>86.584,28</b>	<b>88.062,67</b>

\* custo total do circuito de geração – canal de adução, tomada d'água, conduto forçado e casa de força.

**Tabela 11-10: Estudos de Motorização – Estimativa de custos do circuito de geração (R\$ x 10<sup>3</sup>) – Parte 2**

Conta	P = 18,5 MW	P = 19,0 MW	P = 19,5 MW	P = 20,0 MW	P = 20,5 MW	P = 21,0 MW	P = 21,5 MW	P = 22,0 MW
.10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
.11	8.514,48	8.579,67	8.616,02	8.708,22	8.762,61	8.829,14	8.864,97	8.957,90
.12	30.821,52	31.486,91	31.899,92	32.554,18	33.162,10	33.433,32	33.834,27	34.511,59
.13	26.634,95	27.007,87	28.783,19	29.165,52	29.603,87	30.299,84	30.930,84	32.621,24
.14	5.177,83	5.250,33	5.595,45	5.669,77	5.755,00	5.890,29	6.012,95	6.341,57
.15	3.219,97	3.264,59	3.461,50	3.506,74	3.576,07	3.641,64	3.723,46	3.894,39
.16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Custo Direto	74.368,75	75.589,37	78.356,08	79.604,43	80.859,65	82.094,23	83.366,49	86.326,69
Custos Indiretos	7.008,66	7.114,12	7.353,16	7.461,02	7.569,47	7.676,14	7.786,05	8.041,82
Custo Total s/ Juros	81.377,41	82.703,49	85.709,24	87.065,45	88.429,12	89.770,37	91.152,54	94.368,51
JDC	8.137,74	8.270,35	8.570,92	8.706,55	8.842,91	8.977,04	9.115,25	9.436,85
<b>Custo Total</b>	<b>89.515,15</b>	<b>90.973,84</b>	<b>94.280,16</b>	<b>95.772,00</b>	<b>97.272,03</b>	<b>98.747,41</b>	<b>100.267,79</b>	<b>103.805,36</b>

\* custo total do circuito de geração – 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 11-11 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\$ 12,00/MWh

**Tabela 11-11: Estudos de Motorização – Estimativa de custos do circuito de geração**

P <sub>inst</sub> (MW)	Custo total* (R\$)	ΔC <sub>total</sub> (R\$)	O&M (R\$/ano)	Custo total anual (R\$)	ΔC <sub>anual</sub> (R\$)
14,0	72.956.390	-	1.213.085	10.270.158	-
14,5	74.446.570	1.490.180	1.230.850	10.472.920	202.762
15,0	77.346.980	2.900.410	1.247.039	10.849.176	376.256
15,5	78.768.220	1.421.240	1.261.440	11.040.015	190.839
16,0	80.235.460	1.467.240	1.274.685	11.235.409	195.394
16,5	81.767.380	1.531.920	1.286.564	11.437.465	202.057
17,0	85.104.700	3.337.320	1.296.865	11.862.074	424.609
17,5	86.584.280	1.479.580	1.306.011	12.054.900	192.826
18,0	88.062.670	1.478.390	1.313.580	12.246.001	191.101
18,5	89.515.150	1.452.480	1.320.412	12.433.150	187.149
19,0	90.973.840	1.458.690	1.326.299	12.620.124	186.974
19,5	94.280.160	3.306.320	1.330.714	13.034.998	414.874
20,0	95.772.000	1.491.840	1.334.814	13.224.300	189.302
20,5	97.272.030	1.500.030	1.338.493	13.414.199	189.898
21,0	98.747.410	1.475.380	1.341.541	13.600.406	186.208
21,5	100.267.790	1.520.380	1.344.275	13.791.885	191.479
22,0	103.805.360	3.537.570	1.347.113	14.233.890	442.005

\* custo total do circuito de geração – 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 mais expressivas, da ordem de R\$ 3.000.000,00, nos incrementais nos quais foi necessária a redução da rotação das turbinas.

Nos demais incrementais, houve manutenção das rotações dos grupos geradores, e as variações da ordem de R\$ 1.500.000,00 refletem a alteração ou manutenção das dimensões do canal de adução e/ou da galeria em concreto.

A Tabela 11-12 apresenta uma síntese das variações de custos associadas, além do incremental de potência instalada, às alterações de rotação dos grupos, alterações na largura do canal e na largura da base da galeria de adução.

**Tabela 11-12: Relação dos incrementais de custos com as alterações na rotação dos grupos geradores, largura do canal de adução e/ou largura da base da galeria de adução**

$P_{inst}$ (MW)	Rotação dos grupos geradores (rpm)	Largura do canal de adução (m)	Largura da base da galeria de adução (m)	Variação de custos
14,0	257,14	8,10	4,70	-
14,5	257,14	8,30	4,80	1.490.180
15,0	240,00	8,40	4,90	2.900.410
15,5	240,00	8,60	4,90	1.421.240
16,0	240,00	8,70	5,00	1.467.240
16,5	240,00	8,90	5,10	1.531.920
17,0	225,00	9,00	5,20	3.337.320
17,5	225,00	9,20	5,30	1.479.580
18,0	225,00	9,30	5,30	1.478.390
18,5	225,00	9,30	5,40	1.452.480
19,0	225,00	9,50	5,50	1.458.690
19,5	211,76	9,60	5,50	3.306.320
20,0	211,76	9,80	5,60	1.491.840
20,5	211,76	9,90	5,70	1.500.030
21,0	211,76	9,90	5,80	1.475.380
21,5	211,76	10,10	5,80	1.520.380
22,0	200,00	10,20	5,90	3.537.570
Alteração na rotação do grupo, largura do canal ou largura da base da galeria.				

Para as estimativas do benefício econômico de cada alternativa de motorização foram consideradas as seguintes premissas:

- Taxa de juros ..... 12% a.a.
- Período da autorização ..... 35 anos
- Valores de venda da energia:
  - Cenário 01 ..... R\$ 179,20/MWh
  - Cenário 02 ..... R\$ 216,00/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.

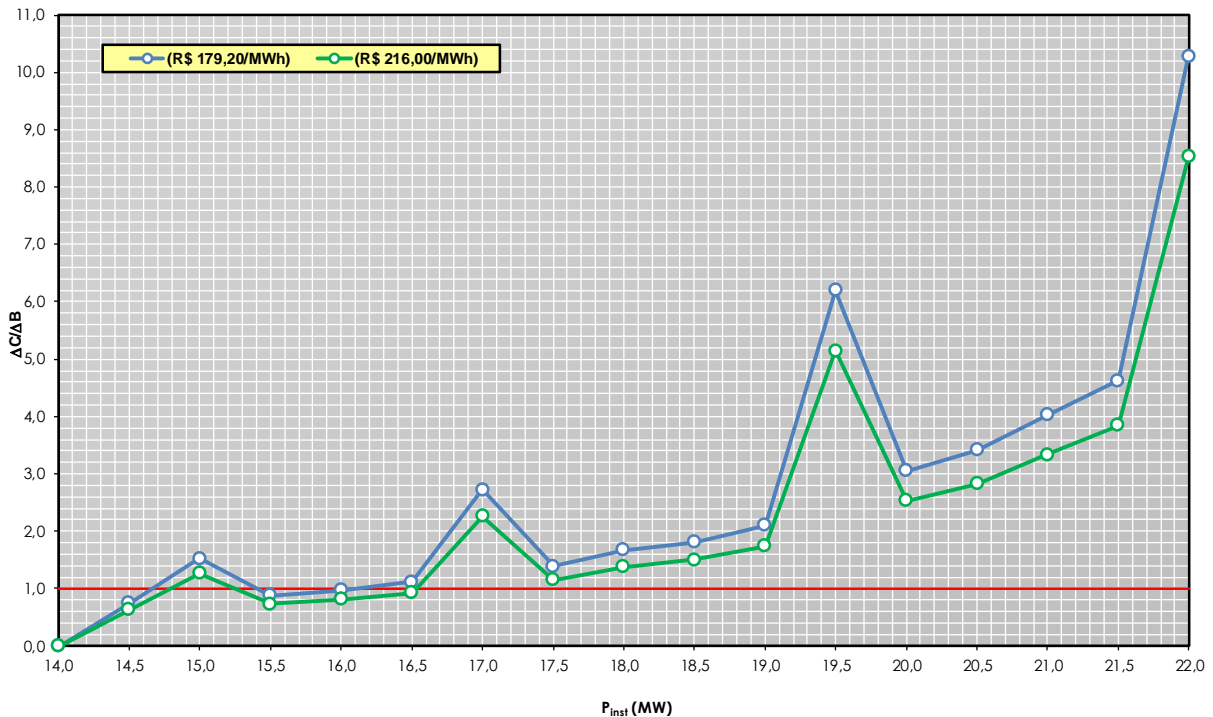
Já o Cenário 02 resulta do preço teto definido para o Leilão de Energia A-5 realizado em agosto de 2015.

A Tabela 11-13 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, preferencialmente no ponto onde 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 11-13: Estudos de Motorização – Variação Custo/Benefício anual para cada potência instalada**

P <sub>inst</sub> (MW)	ΔC <sub>anual</sub> (R\$)	Cenário 01 (R\$ 179,20/MWh)			Cenário 02 (R\$ 216,00/MWh)		
		B <sub>anual</sub> (R\$)	ΔB (R\$)	ΔC/ΔB	B <sub>anual</sub> (R\$)	ΔB (R\$)	ΔC/ΔB
14,0	-	18.115.400	-	-	21.835.526	-	-
14,5	202.762	18.380.695	265.295	0,75	22.155.301	319.775	0,63
15,0	376.256	18.622.442	241.748	<b>1,53</b>	22.446.694	291.393	<b>1,27</b>
15,5	190.839	18.837.504	215.062	0,88	22.705.920	259.226	0,73
16,0	195.394	19.035.298	197.794	0,97	22.944.332	238.412	0,81
16,5	202.057	19.212.684	177.386	<b>1,12</b>	23.158.146	213.814	0,93
17,0	424.609	19.366.524	153.840	<b>2,72</b>	23.343.578	185.432	<b>2,26</b>
17,5	192.826	19.503.096	136.572	<b>1,39</b>	23.508.196	164.618	<b>1,15</b>
18,0	191.101	19.616.121	113.025	<b>1,67</b>	23.644.431	136.236	<b>1,38</b>
18,5	187.149	19.718.157	102.036	<b>1,81</b>	23.767.422	122.990	<b>1,50</b>
19,0	186.974	19.806.066	87.908	<b>2,10</b>	23.873.383	105.961	<b>1,74</b>
19,5	414.874	19.871.997	65.931	<b>6,20</b>	23.952.853	79.471	<b>5,14</b>
20,0	189.302	19.933.219	61.222	<b>3,05</b>	24.026.648	73.794	<b>2,53</b>
20,5	189.898	19.988.162	54.943	<b>3,41</b>	24.092.873	66.226	<b>2,83</b>
21,0	186.208	20.033.686	45.524	<b>4,03</b>	24.147.746	54.873	<b>3,34</b>
21,5	191.479	20.074.500	40.815	<b>4,62</b>	24.196.942	49.196	<b>3,84</b>
22,0	442.005	20.116.884	42.384	<b>10,28</b>	24.248.030	51.088	<b>8,53</b>



**Figura 11-3: Estudos de Motorização – Variação custo/benefício**

De acordo com os resultados obtidos, em alguns passos o índice  $\Delta C/\Delta B$  assume valor superior à unidade, mas retornando a patamar abaixo de 1,0 no incremental seguinte. Isto se deu pela variação na rotação da turbina.

Ante ao exposto, julga-se adequado que a potência mínima a instalar esteja associada ao ponto no qual o índice assume definitivamente valores superiores à unidade, o que ocorreu na passagem de 16,0 MW para 16,5 MW, para o Cenário 01, e de 16,5 MW para 17,0 MW, para o Cenário 02.

Sendo assim, os resultados apontaram para uma pequena variação na potência mínima a instalar, dependendo do cenário econômico. Considerando a valoração do benefício energético pela média atualizada dos últimos Leilões de Energia no ACR, a potência mínima a instalar seria de 16,0 MW.

Num cenário mais otimista para o preço de venda da energia, baseado no preço teto para o Leilão A-5 realizado em agosto de 2015, a potência mínima a instalar seria elevada para 16,5 MW.

Tendo em vista que algumas consultas a fornecedores especializados apontaram para uma solução com duas unidades geradoras de 9,0 MW, já utilizadas em outro empreendimento de mesmas características, optou-se por elevar a potência instalada da PCH Vila União, para valor acima do mínimo definido nestes estudos de motorização.

Sendo assim, objetivando a simplificação do fornecimento e a maximização do potencial hidroenergético, definiu-se a potência instalada "ótima" da PCH Vila União como **18,0 MW**.

Para esta potência associa-se um fator de capacidade da ordem de 0,7 e uma vazão turbinada com permanência de aproximadamente 20% do tempo, sem descontar a vazão remanescente, e da ordem de 14%, descontando-se as vazões remanescentes.

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

Para a determinação, nessa etapa de projeto, do número de unidades geradoras a serem instaladas na PCH Vila União, partiu-se da premissa de que 2 grupos geradores seria o número mínimo para garantir a sua flexibilidade operacional.

Para a vazão turbinada total de aproximadamente 114 m<sup>3</sup>/s, associada a 18 MW instalados, consultas a fabricantes especializados não apontaram óbices para a implantação de apenas dois grupos geradores.

Considerando o limite mínimo de operação de turbinas tipo Kaplan "S" valendo 30% da vazão nominal unitária, pode-se fazer um estudo comparativo entre a implantação de 2 ou 3 unidades, com enfoque na garantia de despacho, cujos resultados são apresentados na Tabela 11-14.

**Tabela 11-14: Estudo comparativo entre a implantação de 2 ou 3 unidades geradoras**

Parâmetros	2 unidades	3 unidades
Vazão mínima afluyente	53,8 m <sup>3</sup> /s	
Vazão turbinada total	114,0 m <sup>3</sup> /s	
Vazão remanescente mínima (ago e set)	6,5 m <sup>3</sup> /s	
Vazão unitária nominal	57,0 m <sup>3</sup> /s	38,0 m <sup>3</sup> /s
Vazão mínima operacional	17,1 m <sup>3</sup> /s	11,4 m <sup>3</sup> /s
Vazão mínima operacional + vazão remanescente	23,6 m <sup>3</sup> /s	17,9 m <sup>3</sup> /s

Parâmetros	2 unidades	3 unidades
Permanência na série de vazões médias mensais	100%	100%

Observa-se que não haverá restrição operativa com a implantação de apenas duas unidades geradoras.

Com isso, optou-se, por razões econômicas, pela implantação de duas unidades hidrogeradoras do tipo Kaplan "S" de horizontal na PCH Vila União, confirmando o número adotado nos estudos de motorização.

### 11.5. Estudos de Otimização do Circuito de Adução

Para a fase final dos estudos, foram promovidos as otimizações no circuito de adução, com o objetivo de maximizar a produção energética com o menor custo de implantação.

As otimizações iniciais foram as seguintes:

- Otimização da seção do canal de adução, incluindo largura da base do canal, altura da lâmina d'água e declividade, além de ajustes no seu caminhamento;
- Ajustes no perfil hidráulico da tomada d'água de alta pressão;
- Ajustes e otimizações no traçados final do circuito de adução, incluindo o comprimento da galeria de adução;
- Cálculo das dimensões otimizadas para a galeria e o conduto forçado.

As otimizações promovidas resultaram em ajustes no circuito avaliado nos estudos de motorização, o que demandou a elaboração de novas curvas de perdas de carga.

### 11.6. Determinação da Energia Média da PCH

Após a implantação do circuito otimizado, foram elaboradas as curvas 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 o emboque da tomada d'água do canal até a entrada das turbinas e incluindo a saída do tubo de sucção.

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 com as vazões turbinadas unitárias, para o trecho de alta pressão.

Com isso, estimou-se a energia média gerada pela PCH Vila União, resultando em **12,40 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.



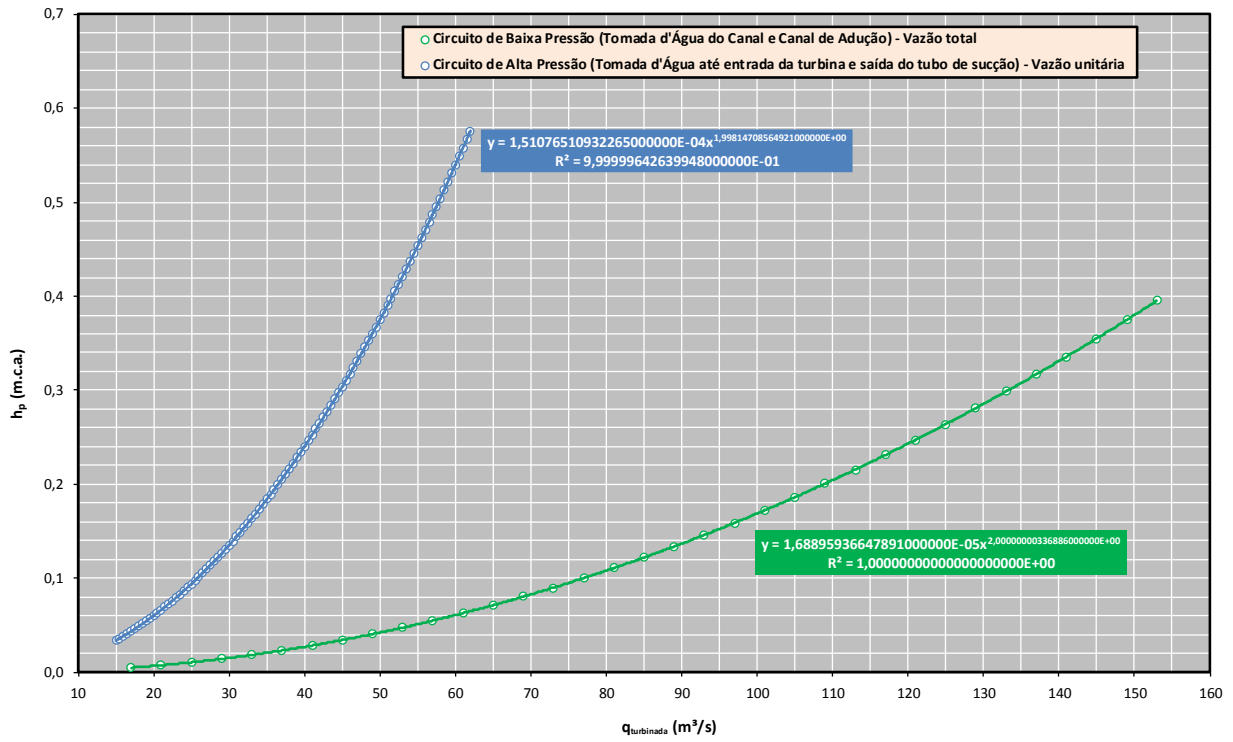


Figura 11-4: Curva de perdas de carga no circuito de adução

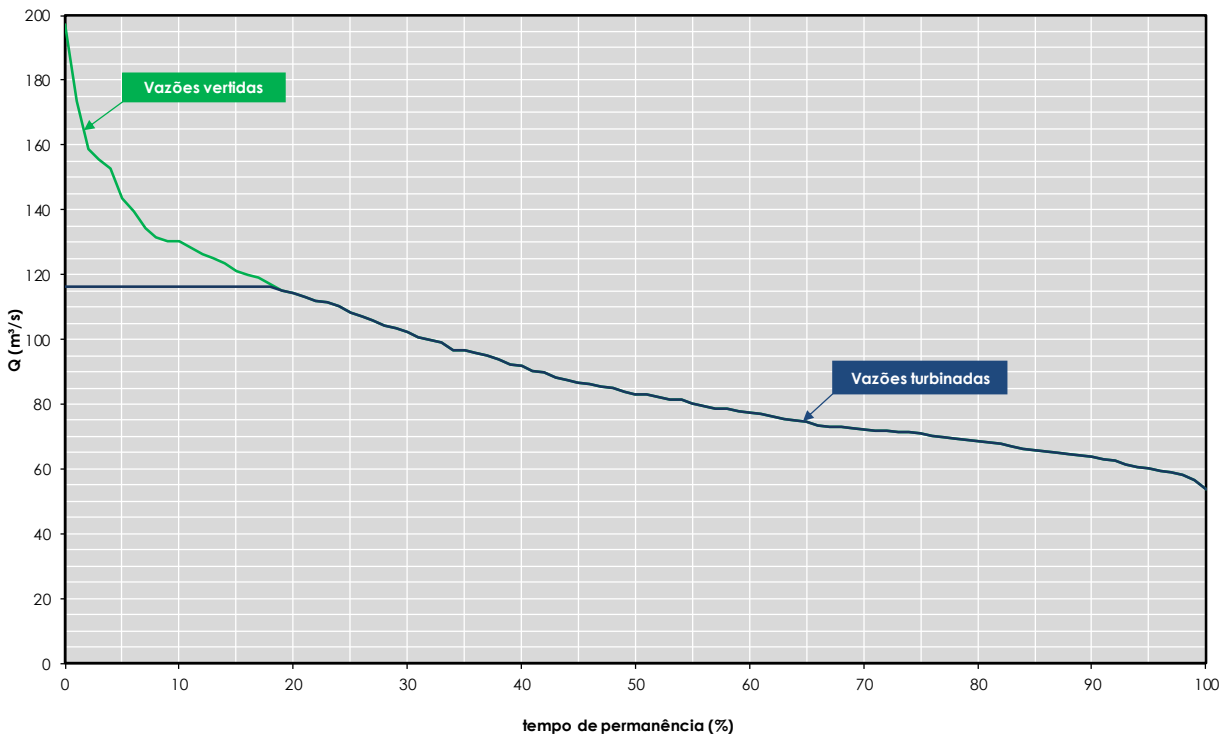


Figura 11-5: Curva de energia produzida pelo aproveitamento

## 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.

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.

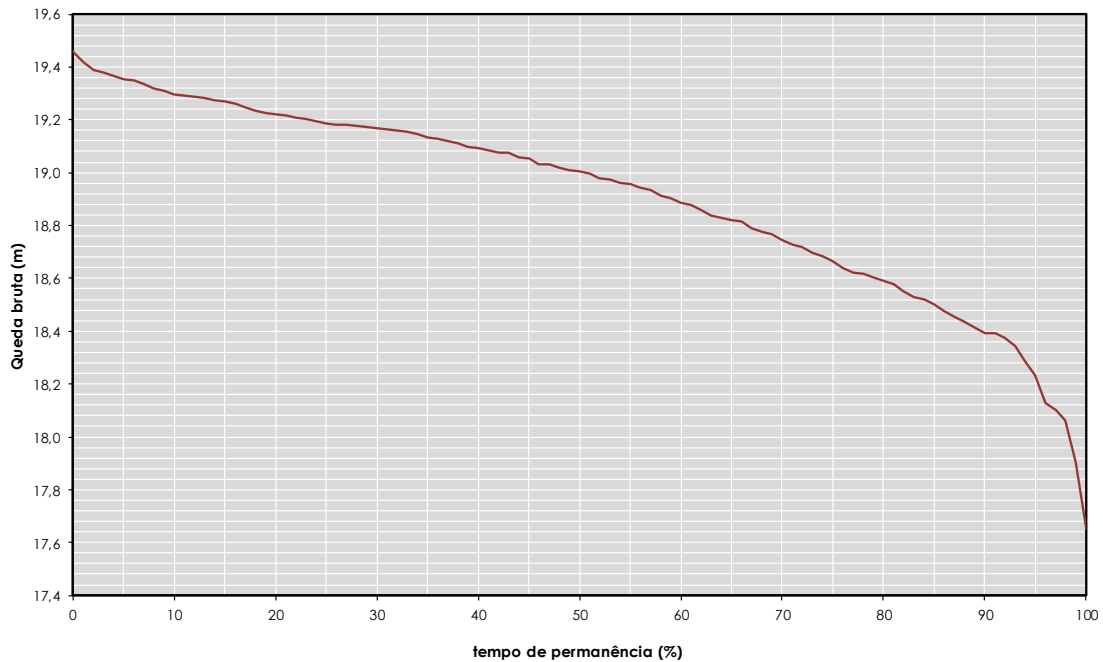


Figura 11-6: Curva de permanência de quedas brutas

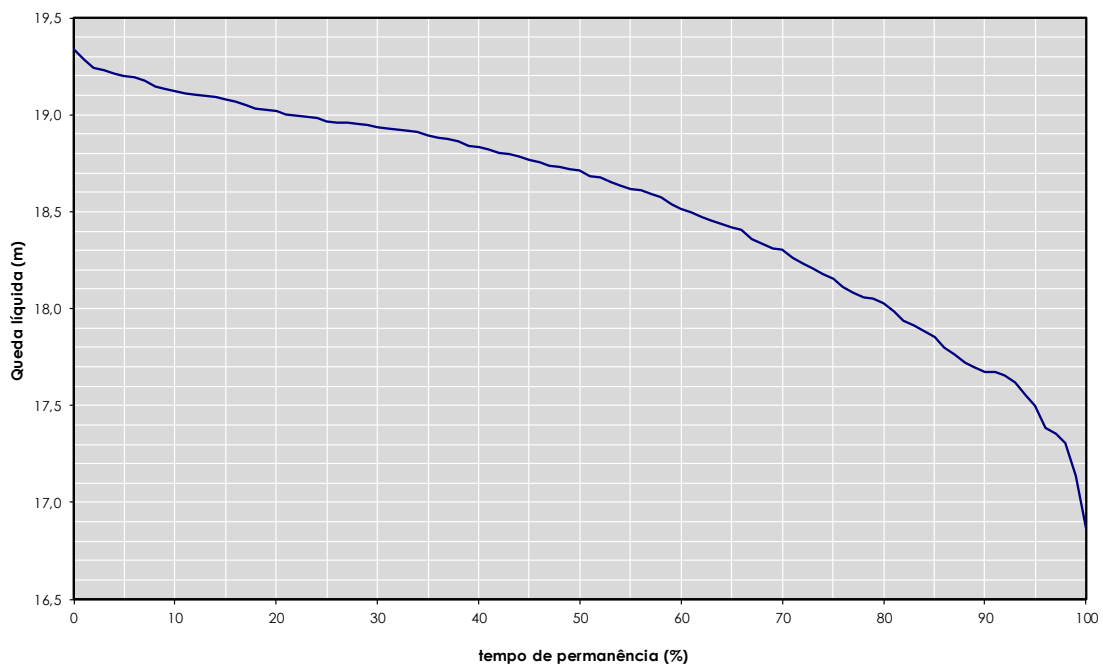


Figura 11-7: Curva de permanência de quedas líquidas

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 referência .....17,50 m
- Queda líquida de projeto .....18,42 m

## 11.8. Garantia Física da PCH

A Garantia Física (GF) da PCH Vila União 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 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.

De acordo com o modelo elaborado para a PCH, as perdas hidráulicas nominais representam 0,66 m, valor equivalente a aproximadamente 3,5% da queda bruta.

As perdas no consumo interno, calculadas de acordo com proposta da ANEEL, representariam 0,3% da potência instalada (0,054 MW médios), tendo sido adotado um valor de 60 kW médios.

As perdas elétricas na transmissão, também calculadas por metodologia proposta pela ANEEL, seriam dadas por meio da seguinte equação:

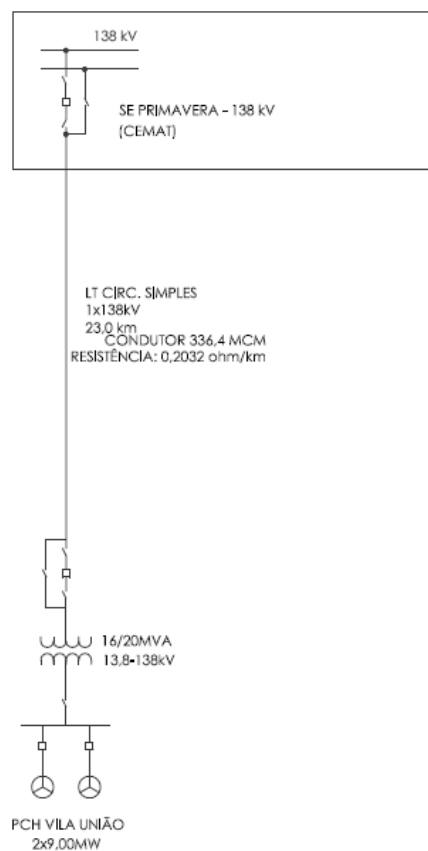
$$h_{p-elet} = \frac{RL \sum_{i=1}^n \left\{ \min \left[ \frac{9,81 [Q_i - (q_r + q_u)] (H_b - h) \eta_{tg}}{1000}; P_{inst} \right] - C_{int} \right\}^2}{V^2 n} \quad (MW \text{ médios})$$

onde

- R : Resistência ôhmica do condutor (Ohms/km);
- L : Comprimento da linha de transmissão (km);
- P<sub>inst</sub> : Potência instalada da Central Geradora (MW);
- V : Tensão na linha de interesse restrito (kV);
- C<sub>int</sub> : 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);  
 $\eta_{tg}$  : Rendimento do conjunto turbina e gerador (%)

A conexão da PCH Vila União foi prevista por meio da construção de uma Linha de Transmissão em 138 kV, com 23 km de extensão, até a SE Primavera.



**Figura 11-8: Croqui esquemático do sistema de conexão para a PCH Vila União**

Os parâmetros utilizados para a estimativa da GF foram os seguintes:

- Potência instalada ..... 18.000 kW
- Número de unidades ..... 02
- Nível d'água máximo normal de montante ..... 579,05 m
- Nível d'água normal de jusante ..... 560,22 m
- Queda bruta nominal ..... 18,83 m
- Perda de carga nominal ..... 0,66 m

- Queda líquida nominal.....18,17 m
- Consumo interno.....0,06 MW médios
- Perdas no sistema de transmissão ..... 0,35%
  - Resistência ôhmica do condutor..... 0,2032 Ohms/km
  - Comprimento da linha de transmissão .....23 km
  - Tensão na linha de interesse restrito.....138 kV
  - Perdas elétricas estimadas.....0,04 MW médios

De posse desses e dos demais dados já informados neste relatório, a Garantia Física da PCH Vila União foi estimada em **12,07 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.

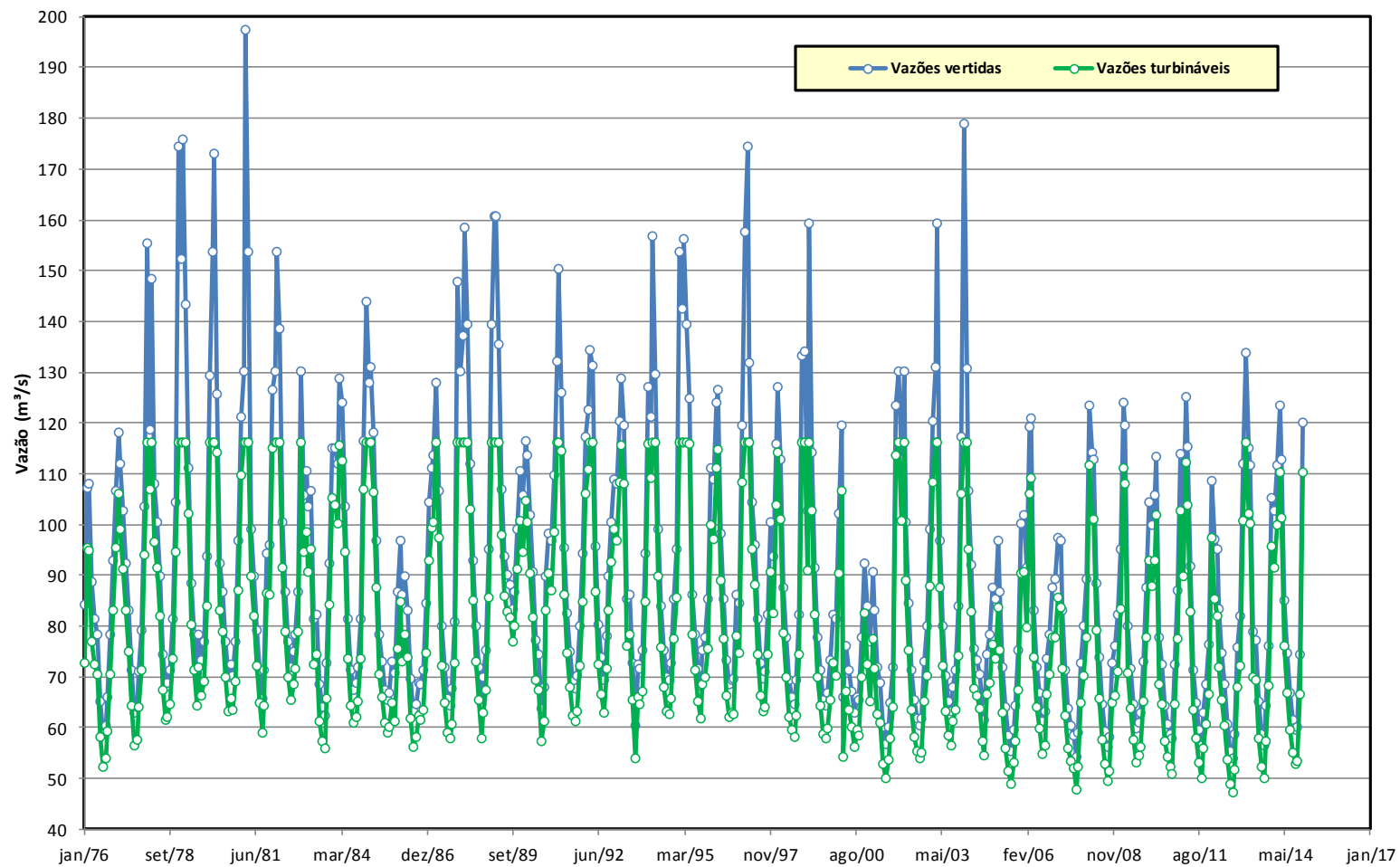


Figura 11-9: Séries de vazões vertidas e turbináveis históricas (1976 a 2014)

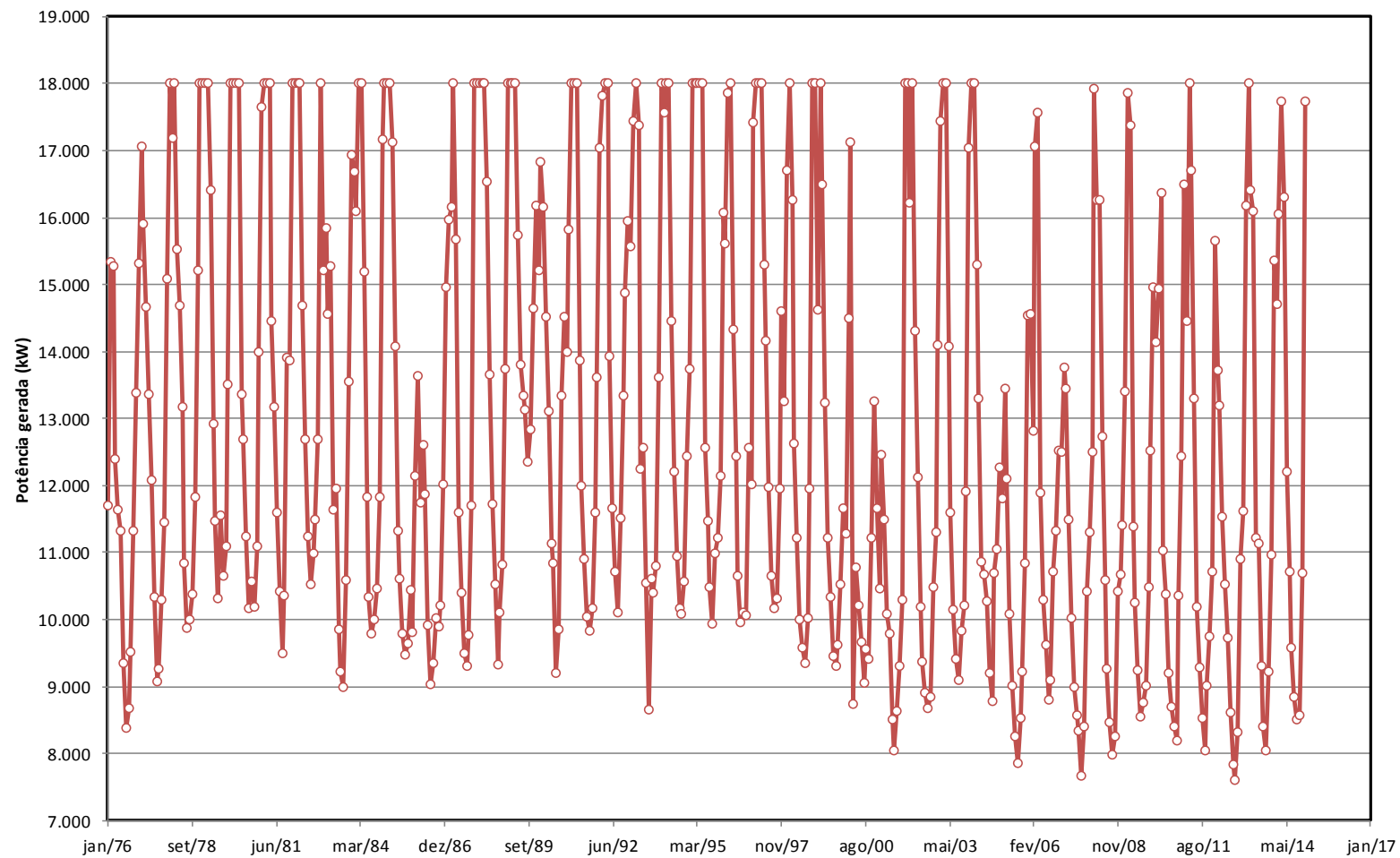


Figura 11-10: Série de potências médias mensais históricas (1976 a 2014)



## 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 Vila União, as seguintes características finais:

- Nível d'água máximo normal de montante .....	579,05 m
- Nível d'água mínimo de montante .....	579,05 m
- Nível d'água máximo excepcional de montante.....	580,55 m
- Nível d'água normal de jusante .....	560,22 m
- Nível d'água mínimo de jusante .....	559,00 m
- Nível d'água máximo excepcional de jusante .....	563,08 m
- Queda bruta nominal .....	18,83 m
- Perda de carga nominal.....	0,66 m
- Queda líquida nominal.....	18,17 m
- Queda líquida de referência .....	17,50 m
- Queda líquida de projeto .....	18,42 m
- Potência instalada .....	18,00 MW
- Energia média gerada (jan/1976 a dez/2014) .....	12,40 MW médios
- Fator de capacidade .....	0,69
- Indisponibilidade programada .....	1,26%
- Indisponibilidade forçada .....	3,73%
- Vazão turbinada nominal (total) .....	110,4 m³/s
- Vazão turbinada máxima (total) .....	116,2 m³/s
- Vazão turbinada unitária nominal .....	55,2 m³/s
- Tipo de turbina .....	Kaplan "S" de eixo horizontal
- Número de unidades .....	2
- Rendimento da turbina .....	93,0%
- Rendimento do gerador .....	97,0%
- Potência unitária da turbina .....	9.279 kW
- Fator de potência.....	0,90
- Potência unitária do gerador.....	10.000 kVA
- Garantia Física (expectativa) .....	12,07 MW médios
- Fator de capacidade .....	0,67

## 12. DETALHAMENTO DO PROJETO

Nesse capítulo será apresentado o detalhamento das estruturas que contemplam o arranjo geral da PCH Vila União. 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 Vila União constituirá uma usina com derivação por canal de adução implantado na ombreira esquerda e apresentará seu reservatório formado na cota 579,05 m, por meio de um barramento definido pelas coordenadas aproximadas 778.077E e 8.298.056N (ombreira direita) e 777.912E e 8.298.222N (ombreira esquerda). O traçado do eixo apresenta-se ortogonal no leito do rio das Mortes.

O comprimento total do eixo de barramento será de aproximadamente 235 m e a altura máxima do barramento de cerca de 10 m. A crista do barramento, com 6 m de largura, estará posicionada na cota 581,55 m e terá uma borda-livre de 2,5 m.

Sua operação será a "fio d'água", a forma predominante do reservatório acompanha o terreno em todo seu comprimento e o mesmo sofrerá variações de nível d'água apenas para a passagem das cheias. A formação do reservatório, incluindo as sobrelevações em épocas de cheias, não trará quaisquer interferências com o meio antrópico em todo o seu contorno.

O barramento da PCH Vila União apresenta uma seção em concreto com paramento de montante vertical e de jusante 1V:0,7H. O desvio do rio foi concebido admitindo-se diversos fatores, tais como as características topográficas e geológico-geotécnicas, vazões do rio, tipo de barramento, bem como aspectos logísticos da futura obra.

De acordo com o planejamento construtivo das obras, as estruturas de desvio de primeira fase foram previstas para enfrentar um período de cheia de 50 anos de recorrência e o de segunda fase foi previsto para enfrentar um período de estiagem com recorrência de 50 anos.

Na primeira etapa o rio permanecerá em uma das alças do seu leito natural e as estruturas serão construídas ao abrigo das ensecadeiras de 1ª fase de montante e jusante com cota de proteção na 580,45m, enquanto que a segunda fase de desvio também será caracterizada pela execução de ensecadeiras de montante e de jusante na cota 580,40 e 579,50 respectivamente, de forma a direcionar as águas para a estrutura de desvio de segunda etapa, ou seja, um conjunto de duas adufas de desvio implantadas no corpo da barragem de concreto na alça esquerda do rio das Mortes.

A PCH Vila União terá seu reservatório formado na cota 579,05 m. Apresenta uma área de 0,01 km<sup>2</sup> e volume de 0,01 hm<sup>3</sup>, para o nível máximo normal de operação.

O vertedouro, a ser implantado no leito e nas adjacências das margens do rio das Mortes, será do tipo soleira livre e com paramento de jusante em escada. Foi dimensionado para garantir a passagem da cheia com período de recorrência de 1.000 anos, com a aplicação da unidade do coeficiente de Füller. A ogiva, constituída por um perfil tipo "Creager", foi projetada para a passagem da vazão de projeto, de modo a introduzir 1,5 m de sobrelevação do nível d'água máximo normal ( $NA_{máx}$ ) do reservatório.

A estrutura vertente foi concebida com seção do tipo gravidade e prevista sua execução em concreto, com paramento de montante vertical e o de jusante, em escada, com inclinação de 0,70H:1,00V, prevendo-se degraus para dissipação de parte da energia.

A energia remanescente do fluxo nos degraus deverá ser dissipada no topo rochoso que deverá estar exposto no canal de restituição das vazões vertidas. 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 de TR=1.000 anos, todas elas com a aplicação da unidade do coeficiente de Füller.

O circuito de adução, posicionado na margem esquerda do rio, será composto por uma tomada d'água de controle incorporada ao eixo do barramento, um canal de adução, uma câmara de carga, um bloco de tomada d'água, duas galerias de concreto de adução para alimentar individualmente cada turbina instalada na casa de força/área de montagem, e canal de fuga.

O canal de adução em seu trecho inicial de aproximadamente 240 m apresenta seção escavada em rocha com proteção em concreto projeto e o restante do seu comprimento apresenta seção escavada em solo e revestimento em manta PEAD. O canal foi dimensionado para a vazão de engolimento total das máquinas, terá cerca de 2,8 km de desenvolvimento, terminado em uma câmara de carga em concreto, onde previu-se a implantação da tomada d'água.

A tomada d'água será do tipo frontal, uma para cada unidade geradora, dotada de grade e comporta de emergência do tipo vagão. 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.

A conexão da tomada d'água à casa de força será feita por meio de duas galerias de adução em concreto para alimentar individualmente cada turbina instalada na casa de força.

As galerias de adução, com seção quadrangular, serão apoiadas em fundação apropriada e foram dimensionadas para a vazão máxima turbinada, atendendo aos requisitos de estabilidade do conjunto hidrogerador e de pressões máximas no circuito.

As estruturas da casa de força serão constituídas por dois blocos de concreto armado para abrigar dois grupos hidrogeradores de eixo horizontal tipo Kaplan "S" de eixo horizontal.

O canal de fuga da usina será escavado em solo e rocha, terá largura de seção de fundo constante e igual a largura da saída do tubo de sucção das máquinas, e estará posicionado na margem esquerda do rio.

A **Ilustração 39** apresenta o arranjo geral das estruturas.

---

## 12.2. Fases de Desvio e Sequência Construtiva

---

O desvio do rio foi concebido admitindo-se diversos fatores, tais como as características topográficas e geológico-geotécnicas, vazões do rio, tipo de barramento, bem como aspectos logísticos da futura obra.

Na primeira etapa o rio permanecerá na alça direita do seu leito natural, enquanto tem início o as escavações de parte do vertedouro, das adufas de desvio, do canal de adução e da estrutura de controle do canal de adução, lançando-se, para tanto, as ensecadeiras de 1ª fase de montante e jusante para isolamento do recinto das obras do primeiro ano.

Ainda na primeira etapa de obra serão iniciadas as escavações do canal de fuga e das áreas de implantação da casa de força, da tomada d'água, da câmara de carga, das galerias de concreto como também do aterro da região da câmara de carga.

Finalizadas as escavações da tomada d'água e da casa de força e, ainda, da barragem de concreto adjacente ao conjunto de adufas de desvio, serão efetivados o preparo e tratamento das fundações dessas estruturas componentes do arranjo geral.

Seguindo ainda a etapa 1 de obras, isto é, com o rio na alça direita da calha natural, terá início a concretagem das estruturas do barramento e do circuito de geração. Serão ainda concluídas as estruturas de desvio (bloco de adufas) e barragem de concreto adjacente as adufas, ambos posicionados na alça esquerda e na margem esquerda do rio.

Por último, neste primeiro ano de obras, serão iniciadas a concretagem e o lançamento do aterro da câmara de carga componente do circuito de geração.

A segunda fase de desvio será caracterizada pela execução de ensecadeiras de montante e de jusante, de forma a direcionar as águas para a estrutura de desvio de segunda etapa, ou seja, um conjunto de duas adufas de desvio implantadas no corpo da barragem na alça esquerda do rio das Mortes.

O início da 2ª etapa da obra prevê o lançamento da ensecadeira de 2ª fase (montante e jusante) no leito do rio até as cotas previstas para o coroamento das mesmas.

Finalizada essa etapa, o desvio do rio pelas adufas será efetivado e terão início as operações de esgotamento do recinto no leito do rio, a limpeza e tratamento da fundação e o início do processo de concretagem do vertedouro e da barragem no trecho ensecado.

Também nessa etapa estarão em andamento as escavações dos canais de adução e de fuga, a concretagem da tomada d'água de adução, das galerias de concreto, da câmara de carga e da casa de força.

Serão iniciados e concluídos nesse mesmo ano de obra os processos de tratamento de fundação para implantação da barragem de concreto na margem direita e do vertedouro, em sua porção.

Concomitantemente, serão concluídas a concretagem da tomada d'água, das galerias de adução, da câmara de carga e da casa de força.

No final da 2ª etapa, já no 2º ano de obra, com o fim do desvio do rio, está prevista a remoção da ensecadeira posicionada à jusante do vertedouro e também do septo natural do canal de fuga.

Diante do encerramento do procedimento anterior, as adufas serão então fechadas e terá início o enchimento do reservatório.

Com a conclusão da concretagem de todas as estruturas, do fechamento final do desvio e da montagem eletromecânica das máquinas da casa de força, terá início a geração comercial.

A **Ilustração 49** apresenta detalhadamente a sequência construtiva das obras civis da PCH Vila União.

---

### 12.3. Reservatório

---

A PCH Vila União terá seu reservatório formado na cota 579,05 m. Apresenta uma área de 0,01 km<sup>2</sup> e volume de 0,01 hm<sup>3</sup>, para o nível máximo normal de operação.

Sua operação será a "fio d'água" e o tempo de enchimento, até a entrada em operação da primeira unidade, será de aproximadamente 3 minutos, considerando seu início em novembro, para a vazão média de longo termo deste mês.

A forma predominante do reservatório acompanha o terreno em todo seu comprimento, sem ramificações.

O reservatório da alternativa selecionada sofrerá variações de nível d'água apenas para a passagem das cheias. A formação do reservatório, incluindo as sobrelevações em épocas de cheias, não trará quaisquer interferências com o meio antrópico em todo o seu contorno. Suas profundidades média e máxima são, respectivamente, 0,37 m e 5 m.

A **Ilustração 37** apresenta a planta e as curvas características do reservatório.

---

## 12.4. Desvio do Rio

---

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

No desvio de primeira fase, as estruturas e áreas em construção permanecerão protegidas por ensecadeiras de primeira fase de montante e jusante para garantir a cota de proteção do rio das Mortes, para o tratamento da fundação da estrutura de desvio, barragem de concreto e parte do vertedouro localizada na margem esquerda.

Para a continuidade das obras no leito e trechos adjacentes, a segunda fase de desvio será caracterizada pela execução de ensecadeiras de montante e de jusante, de forma a direcionar as águas para a estrutura de desvio de segunda etapa, ou seja, um conjunto de duas adufas de desvio implantadas no corpo da barragem na alça esquerda do rio das Mortes.

De acordo com o planejamento construtivo das obras, as estruturas de desvio de primeira fase foram previstas para enfrentar um período de cheia de 50 anos de recorrência (353 m<sup>3</sup>/s) e o de segunda fase foi previsto para enfrentar um período de estiagem de 50 anos (5 meses junho-outubro) de recorrência (148 m<sup>3</sup>/s).

O desvio de segunda fase será executado por um conjunto de 2 (duas) adufas localizadas no corpo da barragem, na margem esquerda do rio, ao lado do vertedouro com a finalidade de permitir as obras no leito do rio das Mortes. Para tanto, foram dimensionados: um canal de aproximação e restituição às adufas, e aproveitado a alça esquerda do rio das Mortes, a qual possui dimensões apropriadas para essa execução, um bloco de 2 (duas) adufas, tendo cada adufa uma seção retangular com 4,00 m de altura por 3,40 m de largura, separadas por pilares de 1,5 m de largura. A cota de entrada e saída da adufa foi fixada em 572,40 m.

Nas adufas de desvio serão implantadas ranhuras para receber comportas ensecadeiras de concreto, possibilitando o ensecamento dos vãos. Foi prevista a instalação de ranhuras para a descida de comporta ensecadeira de concreto.

Nas **Ilustrações 49, 53 a 55** estão sintetizadas as fases concebidas para o desvio do rio e ainda o detalhamento estrutural das estruturas de desvio.

---

## 12.5. Ensecadeiras

---

Os dimensionamentos hidráulicos do desvio do rio indicaram uma cota de proteção para a 1ª fase das obras da PCH Vila União posicionada na elevação 580,45 m. Diante da morfologia da margem esquerda do rio das Mortes, como também para o aproveitamento da alça do rio, o que possibilitou redução do volume de escavação do canal de desvio quando comparado com outros posicionamentos para a estrutura de desvio.

Para a execução das obras no leito do rio das Mortes e em seus trechos adjacentes, a segunda fase de desvio será caracterizada pela execução de ensecadeiras de montante e de jusante, de forma a direcionar as águas para a estrutura de desvio de segunda etapa, ou seja, um conjunto de duas adufas de desvio implantadas no corpo da barragem na alça esquerda do rio.

As ensecadeiras de 2ª fase são compostas por uma seção de enrocamento e vedação externa (com camada de transição intermediária), lançada diretamente no rio. Terão crista de 8,50 m de largura, posicionada à cota 580,40 m para o tramo de montante e 579,50 m para o de jusante.

Os taludes previstos para as ensecadeiras serão: 1,0V:1,3H (montante e jusante) para o enrocamento lançado, 1,0V:1,5H (montante) para a transição lançada e 1,0V:3,0H (montante) para a vedação em solo lançado. A ensecadeira de montante terá um comprimento aproximado de 60,0 m e uma altura máxima de aproximadamente 3,5 m. A ensecadeira de

jusante terá um comprimento aproximado de 50,0 m e uma altura máxima de aproximadamente 2,5 m.

As **Ilustrações 53 e 54** apresentam as seções características das ensecadeiras projetadas.

---

## **12.6. Fechamento do Desvio e Enchimento do Reservatório**

---

Após a conclusão das obras civis, a estrutura de desvio será fechada, para que tenha início o enchimento do reservatório.

O fechamento das adufas será realizado por meio do lançamento da comporta vagão corta-fluxo nos vãos da estrutura, para posterior descida das comportas ensecadeiras de concreto.

Será utilizada apenas uma comporta corta-fluxo para toda a operação, que será realizada por meio do seguinte procedimento:

- i. Lançamento, por meio de guindaste de obra, da comporta vagão corta-fluxo no primeiro vão das adufas;
- ii. Após o corte do fluxo do vão, lançamento, também por meio de guindaste de obra, dos elementos da comporta ensecadeira de concreto de montante;
- iii. Após o lançamento de todos os elementos da comporta ensecadeira de concreto, retirada da comporta vagão da ranhura e verificação das vedações da comporta ensecadeira;
- iv. Após o fechamento do vão, lançamento da comporta vagão na abertura seguinte e repetição do procedimento de lançamento das comportas de concreto, até o fechamento do vão;
- v. Após o início do enchimento do reservatório, lançamento, por meio de guindaste de obra, dos elementos das comportas ensecadeiras de concreto de jusante, para possibilitar o lançamento dos plugues de concreto dos vãos.

Para as operações para o fechamento das adufas será necessária a aquisição de apenas uma comporta vagão, que será responsável pelo corte do fluxo dos vãos, e de dois conjuntos de comportas ensecadeiras de concreto de montante e de jusante.

O fechamento do último vão das adufas será controlado até que o nível d'água atinja a soleira do vertedouro, restabelecendo assim o fluxo natural para jusante. Esta operação garantirá a manutenção da vazão remanescente para o trecho de jusante do rio ao longo do enchimento do reservatório.

A vazão a ser mantida para jusante ao longo do enchimento do reservatório será a mesma vazão remanescente no Trecho de Vazão Reduzida, correspondente a 10% da vazão média do mês.

---

### **12.6.1. Equipamentos Eletromecânicos**

---

Nas adufas de desvio serão implantadas ranhuras para receber uma comporta corta-fluxo, possibilitando o fechamento dos vãos por montante.

Esta comporta será manobrada por meio de guindaste de obra, a partir do coroamento da estrutura.

---

#### **12.6.1.1. 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 estrutura, na El. 581,55 m.

As características principais da comporta vagão serão as seguintes:

- Quantidade ..... 1
- Número de elementos para montagem ..... 1
- Número de ranhuras ..... 2
- Conjuntos de peças fixas extras ..... 1
- Largura do vão ..... 3,40 m
- Altura do vão ..... 4,00 m
- Cota da soleira ..... 572,90 m
- Cota da peça fixa frontal ..... 576,90 m
- Nível d'água máximo normal de montante ..... 579,05 m
- Nível d'água máximo excepcional de montante ..... 580,55 m

## 12.7. Vazão Remanescente

Após a conclusão das obras civis, a estrutura de desvio será fechada, tendo início o enchimento do reservatório. Para esta etapa deverá ser mantida uma vazão mínima para jusante, até o início do vertimento e restabelecimento das condições normais de fluxo.

Após o enchimento do reservatório e restabelecimento das condições de fluxo, deverá ser mantida uma vazão remanescente no Trecho de Vazão Reduzida, quando da entrada em operação da PCH.

Esta vazão é variável mensalmente e foi definida como 10% da média de cada mês, tendo sido apresentadas na Tabela 11-2.

Na fase de enchimento do reservatório a vazão sanitária será garantida por meio do fechamento parcial da comporta corta-fluxo das adufas, quando inserida no segundo vão.

Já na fase de operação da usina a vazão remanescente será garantida pela operação do vertedouro de soleira livre, com pequenas sobrelevações, variáveis em função do mês, conforme mostrado na Tabela 12-1.

**Tabela 12-1: Sobrelevações ( $h_v$ ) no vertedouro para passagem das vazões remanescentes**

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
$Q_{rem}$ (m <sup>3</sup> /s)	11,30	11,88	13,06	11,56	9,14	7,92	7,07	6,53	6,53	6,91	7,94	9,73
$h_v$ (cm)	14,1	14,5	15,4	14,3	12,3	11,2	10,5	10,0	10,0	10,3	11,3	12,8

## 12.8. Barragem

O barramento da PCH Vila União apresenta 1 (uma) seção transversal. Para o fechamento das margens e desenvolvimento do barramento no platô do terreno foi concebida uma seção em concreto com paramento de montante vertical e de jusante 1V:0,7H.



Os aterros do canal de adução, executados em terra, foi concebida uma seção homogênea em solo compactado. A geometria externa da seção apresenta, a montante e a jusante, talude com inclinação de 1,0V:1,5H com crista (581,55 m).

O aterro da região da câmara de carga, executado em terra, foi concebida uma seção homogênea em solo compactado talude de jusante inclinação de 1,0V:2,0H e talude de montante aproximadamente vertical apoiado nas paredes da estrutura de concreto da câmara de carga.

## 12.9. Vertedouro

O vertedouro, a ser implantado no leito e nas margens adjacentes do rio das Mortes, será do tipo soleira livre e com paramento de jusante em escada. Foi dimensionado para garantir a passagem da cheia com período de recorrência de 1.000 anos, com a aplicação da unidade do coeficiente de Füller (479 m³/s). A ogiva, constituída por um perfil tipo "Creager", foi projetada para a passagem da vazão de projeto, de modo a introduzir 1,5 m de sobrelevação do nível d'água máximo normal (NA<sub>máx</sub>) do reservatório. O comprimento da crista será igual a 120,0 m, protegido por dois muros laterais de 1,0 m de largura.

A estrutura vertente foi concebida com seção do tipo gravidade e prevista sua execução em concreto, com paramento de montante vertical e o de jusante, em escada, com inclinação de 0,70H:1,00V, prevendo-se degraus para dissipação de parte da energia.

A energia remanescente do fluxo nos degraus deverá ser dissipada no topo rochoso que deverá estar exposto no canal de restituição das vazões vertidas. O dimensionamento das estruturas de dissipação de energia foi efetuado para a vazão centenária (382 m³/s), e verificado o seu bom funcionamento para diversas vazões representativas, com ênfase para a vazão de TR=1.000 anos, todas elas com a aplicação da unidade do coeficiente de Füller.

A Figura 12-1 apresenta a curva de descarga estabelecida para sua operação.

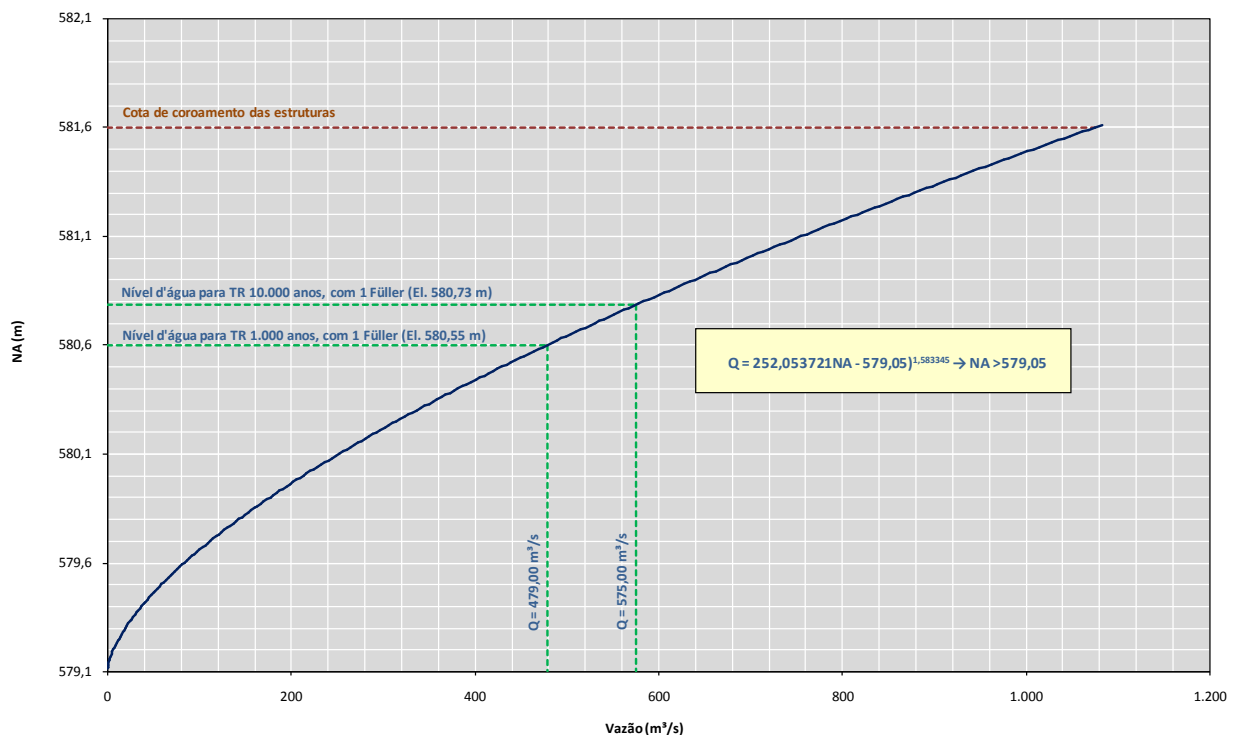


Figura 12-1: Curva de descarga do vertedouro

A **Ilustração 52** apresenta o projeto estrutural do Vertedouro de Soleira Livre.

## 12.10. Tomada d'Água de Controle do Canal de Adução

Foi prevista a implantação de uma tomada d'água para o canal de adução, com o objetivo de permitir o controle das operações de enchimento e esvaziamento e possibilitar eventuais manutenções ao longo do mesmo.

Essa estrutura será composta de 3 vãos com ranhuras para recebimento das comportas ensecadeiras metálicas.

Tendo em vista que as operações de fechamento do canal de adução serão eventuais e não terão caráter emergencial, as comportas serão armazenadas em depósito específico e serão movimentadas até a estrutura por meio de guindaste.

A tomada de controle do canal será implantada na margem esquerda, no eixo do barramento da PCH. Terá largura total de 24,30 m, comprimento de 9,00 m e altura de 10,20 m.

A montante da estrutura serão implantadas guias para a fixação de grades grossas, para permitir a retenção de materiais sólidos que poderiam danificar o canal ou a tomada d'água principal, reduzindo, assim, as manutenções ao longo da operação da usina.

O fechamento da tomada d'água de controle será feito com carga hidráulica equilibrada, ou seja, somente após a interrupção da geração e fechamento das comportas da tomada d'água principal.

Para o lançamento e retirada dos elementos das comportas ensecadeiras foi prevista a implantação de uma talha elétrica na estrutura de controle.

A **Ilustração 57** apresenta a concepção e detalhamento da estrutura de controle e dos nichos de armazenamento das comportas ensecadeiras.

### 12.10.1. Equipamentos Eletromecânicos

Os equipamentos a serem implantados na tomada d'água de controle do canal de adução são representados pelas grades, comportas ensecadeiras e talha elétrica.

#### 12.10.1.1. Grades Fixas

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 principal.

Cada emboque da tomada d'água de controle terá largura livre de 6,10 m, com altura livre de 7,50 m. Cada grade terá três (3) painéis, com 6,10 m de largura por 2,60 m de altura, cada painel.

Nas laterais do emboque estão projetadas guias laterais para receber os painéis de grade. As grades serão fixas e sem inclinação com a vertical.

As principais características das grades serão as seguintes:

- Tipo de grade ..... fixa
- Cota da soleira ..... 572,85 m
- Cota da frontal ..... 580,35 m
- Cota do coroamento da Tomada d'Água ..... 581,55 m
- Inclinação ..... vertical
- Largura do vão ..... 6,10 m

- Quantidade de vãos ..... 3
- Quantidade de painéis por vão ..... 3
- Dimensões aproximadas do painel (largura x altura) ..... 6,10 x 2,60 m
- Vazão máxima para dimensionamento ..... 116,2 m<sup>3</sup>/s
- Velocidade máxima do fluxo na seção bruta ..... 1,05 m/s
- Carga de projeto ..... 30 kN/m<sup>2</sup>
- Vão livre entre barras verticais ..... 150 mm

### 12.10.1.2. 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 de adução (sem fluxo pelo canal).

Cada comporta ensecadeira será constituída por três (3) elementos. Estes possibilitarão o isolamento de todo o canal de adução, para sua eventual manutenção.

A movimentação dos elementos da comporta ensecadeira será feita por meio de talha elétrica e monovia, 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 "bypass", composto por duas (2) válvulas localizadas no elemento superior da comporta, acionadas pelo peso próprio da viga pescadora.

A estocagem dos elementos será feita em depósito a ser implantado no canteiro da usina, com deslocamento até a tomada d'água por meio de guindaste, tendo em vista que as operações de fechamento do canal não serão emergenciais, mas sim programadas.

As características principais das comportas ensecadeiras serão:

- Tipo ..... deslizante
- Quantidade ..... 3
- Quantidade de elementos ..... 3
- Vão livre ..... 6,10 m
- Cota da soleira ..... 572,85 m
- Altura da comporta ..... 7,80 m
- Nível d'água máximo de dimensionamento ..... 580,55 m
- Cota do coroamento da tomada d'água ..... 581,55 m

### 12.10.1.3. Talha Elétrica

No coroamento da estrutura será instalada uma talha elétrica, que terá a finalidade de movimentar os elementos da comporta ensecadeira.

Este dispositivo será dotado de trole motorizado e se movimentará em uma monovia fixada em uma viga de concreto existente no local.

O curso do gancho permitirá movimentar os elementos da comporta ensecadeira nas respectivas ranhuras, retirá-los e colocá-los sobre o carrinho.

Os movimentos de translação e elevação motorizados serão acionados através de uma botoeira pendente, por um operador que se deslocará no coroamento da barragem.

Características principais:

- Capacidade da talha ..... 50 kN\*
- Curso do gancho ..... 12 m
- Velocidade de elevação ..... 5,0 / 1,0 m/min
- Velocidade de translação ..... 15,0 m/min
- Extensão da monovia ..... 25 m
- Cota do coroamento da estrutura ..... 581,55 m

(\*) Capacidade a ser confirmada pelo fabricante das comportas.

### 12.11. Canal de Adução e Câmara de Carga

O circuito de adução, posicionado na margem esquerda do rio, será composto, além da tomada d'água de controle incorporada no eixo do barramento, de um canal de adução, uma câmara de carga em concreto, um bloco de tomada d'água e duas galerias de concreto para alimentar individualmente cada turbina instalada na casa de força.

O canal de adução, dimensionado para a vazão de engolimento total das máquinas, terá cerca de 2,8 km de desenvolvimento, terminando em uma câmara de carga na qual será instalada a tomada d'água. O canal será escavado na margem esquerda do rio, com compensação do tipo corte/aterro quando necessário, sendo que o escoamento se desenvolverá em sua maior parte em manta PEAD, e em seu trecho inicial, que apresenta escavação em rocha, o fluxo será desenvolvido sob concreto projetado.

Para o trecho do fluxo do canal de adução que se desenvolverá em PEAD a velocidade máxima prevista para as condições de operação será de 1,0 m/s. Já para o trecho inicial em concreto projetado, as velocidades chegam a 1,5 m/s.

O eixo do canal de adução foi posicionado de modo a otimizar o balanceamento do volume de escavação, com a necessidade de materiais para a obra.

O canal terá 9,30 m de base e inclinação de 1,0V:1,5H em solo e 1,0V:0,4H em rocha.

As características principais do canal serão as seguintes:

- Comprimento total ..... 2.830 m
- Vazão de dimensionamento ..... 116,2 m³/s
- Talude de escavação em solo ..... 1,0V:1,5H
- Talude de escavação em rocha ..... 1,0V:0,4HH
- Largura da base ..... 9,30 m
- Cota do fundo no início do canal ..... 572,85 m
- Declividade média ..... 0,035 mm/m
- Cota do fundo no final do canal ..... 572,75 m
- Revestimento (trecho 1) ..... concreto projetado
- Revestimento (trecho 2) ..... manta PEAD

Ao final do canal de adução, para compensar as paradas e partidas de máquinas, será implantada uma câmara de carga, escavada em solo e rocha, em estrutura de concreto estrutural em que na sua extremidade será construída a tomada d'água. O fundo da câmara de carga estará posicionado na cota 566,50 m.

A **Ilustração 58** apresenta as seções típicas do canal de adução e da câmara de carga.

---

## 12.12. Tomada d'Água

---

A tomada d'água será frontal, localizada na margem esquerda do rio, a jusante do canal de adução e câmara de carga.

O conjunto de tomadas d'água será construído em concreto armado, prevendo-se uma tomada por unidade de geração. O conjunto das duas tomadas terá largura de 20,40 m, comprimento de 11,30 m e altura de 16,05 m.

Cada abertura será dotada de grades metálicas removíveis, dimensionadas para velocidade máxima de 1,0 m/s, em sua área bruta, e de até 2,5 m/s, para o caso de obstrução máxima admissível, situação limite para que sejam promovidas as ações de limpeza destes elementos ou a parada da operação da unidade ou unidades afetadas. As operações de limpeza serão feitas por meio de rastelo, acionado manualmente, a partir da crista da tomada d'água, e poderão ser feitas sem interrupção das unidades de geração.

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.

Cada tomada será dotada de uma ranhura para a operação de comporta vagão de emergência, acionada automaticamente por servomotores assistidos por sistema oleodinâmico.

A montante das comportas de emergência foram projetadas ranhuras para a descida dos elementos da comporta ensecadeira, que permitirão a inspeção e eventuais reparos na soleira e guias da comporta de emergência, bem como da própria comporta. A menos de intervenções de grande monta, a manutenção das comportas será feita em seu próprio poço de descida.

A movimentação e lançamento dos elementos das grades metálicas, da comporta ensecadeira e para retirada da comporta de emergência será feita por meio de ponte rolante instalada sobre a crista da tomada d'água.

Cada tomada d'água será conectada à respectiva unidade geradora por meio de uma galeria em concreto, com seção quadrangular e base de 4,50 m e extensão de aproximadamente 100 m, até a entrada da casa de força, região na qual foi prevista a transição para uma seção circular blindada, para entrada nas turbinas.

A transição entre a tomada d'água e o conduto forçado será feita de forma suave, de sorte a garantir pequena perda de carga ao circuito.

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 da tomada d'água são apresentadas na **Ilustração 64**.

---

### 12.12.1. Equipamentos Eletromecânicos

---

Os equipamentos hidromecânicos da tomada d'água de adução serão representados pela grade e rastelo limpa-grades, comporta vagão, comporta ensecadeira e ponte rolante.

### 12.12.1.1. Grades metálicas

Os emboques de montante dos circuitos de adução de alta pressão serão protegidos por grades metálicas, com a finalidade de reter os detritos com dimensões prejudiciais à operação das turbinas.

Cada emboque da tomada d'água terá largura livre de 6,00 m, com altura livre de 9,60 m. Cada grade terá quatro (4) painéis, com 6,00 m de largura por 2,50 m de altura, cada painel.

Nas laterais do emboque estão projetadas guias laterais 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:0,20H (~78,7° 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 nas grades será monitorada por medidores de pressão instalados a montante e jusante das mesmas.

As principais características da grade serão as seguintes:

- Tipo de grade ..... guiada removível
- Cota da soleira..... 567,00 m
- Cota da frontal..... 576,50 m
- Cota do coroamento da Tomada d'Água ..... 581,55 m
- Relação de inclinação ..... 0,20:1
- Largura do vão.....6,00 m
- Quantidade de vãos ..... 2
- Quantidade de painéis por vão..... 4
- Dimensões aproximadas do painel (largura x altura) ..... 6,00 x 2,50 m
- Vazão máxima para dimensionamento ..... 58,10 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

### 12.12.1.2. 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 .....14,55 m
- Capacidade volumétrica do rastelo ..... 0,50 m<sup>3</sup>
- Capacidade gravimétrica ..... 10 kN
- Cota da soleira..... 567,00 m
- Cota do coroamento ..... 581,55 m
- Velocidade de descida/subida .....ver ponte rolante

### 12.12.1.3. 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 comporta, para manutenção do conduto forçado 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 "bypass", composto por duas (02) válvulas localizadas no elemento superior da comporta, acionadas pelo peso próprio da viga pescadora.

A estocagem dos elementos será feita nas próprias ranhuras, um em cada vão.

As características principais da comporta ensecadeira serão:

- Tipo..... deslizante
- Quantidade ..... 1
- Quantidade de elementos..... 2
- Quantidade de vãos ..... 2
- Vão livre .....4,50 m
- Cota da soleira..... 567,50 m
- Cota da viga frontal..... 574,30 m
- Altura livre .....6,80 m
- Altura da comporta .....7,20 m
- Nível d'água máximo a montante ..... 579,05 m
- Cota do coroamento da tomada d'água ..... 581,55 m

### 12.12.1.4. Comporta Vagão

Cada unidade geradora deverá ser 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.

As comportas serão constituídas por dois (02) painéis articulados, acoplados entre si por dispositivos que mantenham a flexibilidade do conjunto. Terão vedação a montante, o que facilita a aeração do conduto a jusante da comporta e reduz os esforços hidrodinâmicos por ocasião do fechamento.

As comportas vagão terão, além das rodas principais, rodas de contraguia e para o guiamento lateral, sapatas de guia.

Cada comporta será manobrada por um servomotor oleodinâmico de simples efeito, disposto num nicho abaixo do coroamento da tomada d'água, com a extremidade da haste acoplada diretamente à estrutura do tabuleiro.

A alimentação do servomotor será assegurada por uma central oleodinâmica, comum às duas comportas, situada numa sala no coroamento da tomada d'água.

Serão instalados, numa posição intermediária, dispositivos de calagem de fácil manobra, que permitirão manter as comportas 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 em elementos da comporta ensecadeira, situada a montante da comporta de emergência, ou por meio de operação de "cracking" desta última.

As características principais da comporta vagão serão:

- Tipo..... vagão em elementos
- Quantidade de tomadas d'água..... 2
- Quantidade de aberturas por tomada ..... 1
- Número de comportas ..... 2
- Quantidade de elementos articulados ..... 2
- Dimensão do vão livre ..... 4,50 m
- Altura da abertura livre..... 6,00 m
- Altitude da soleira ..... 567,50 m
- Altitude da frontal..... 573,50 m
- Altura da comporta ..... 6,40 m
- Nível d'água máximo a montante ..... 579,05 m
- Nível d'água máximo excepcional a montante ..... 580,55 m

#### 12.12.1.5. 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 das comportas de emergência.

Suas principais características serão:

- Capacidade do gancho ..... 100 kN (\*)

- Vão entre eixos.....6,00 m
- Comprimento do caminho do rolamento.....20,00 m
- Curso de levantamento do guincho .....20,50 m
- Cota da máxima elevação do gancho..... 587,50 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.

### 12.13. Galeria de Adução e Conduto Forçado

O circuito de alta pressão será composto por galeria de adução em concreto, para conexão entre a tomada d'água e sua respectiva unidade geradora.

No trecho final, próximo à entrada da casa de força, a galeria terá uma transição para seção circular, para acoplamento de um conduto forçado metálico, até a entrada da turbina.

Cada galeria terá largura de base de 4,50 m e seção quadrangular, com comprimento unitário estimado em 100 m.

As estruturas terão espessura suficiente para suportar uma sobrepressão de até 45%, nas proximidades da entrada da turbina.

As características técnicas principais das galerias e condutos forçados serão as seguintes:

- Número de circuitos ..... 2
- Trecho 01 .....Galeria de adução em concreto
  - Comprimento.....2 x 100 m
  - Base.....4,50 m
  - Altura .....4,50 m
- Trecho 02 .....Conduto forçado metálico
  - Comprimento.....2 x 8 m
  - Diâmetro .....4,50 m
  - Espessura da chapa ..... 12,50 mm
- Vazão nominal de uma turbina..... 55,20 m³/s
- Vazão máxima de uma turbina..... 58,10 m³/s
- Máxima pressão incluindo o golpe de aríete, calculado na seção de entrada da caixa espiral ..... 350 kPa

## 12.14. Casa de Força, Área de Montagem e Canal de Fuga

A casa de força da PCH Vila União será implantada na ombreira esquerda do vale. Será do tipo abrigada, executada em concreto armado, composta por dois blocos de 30,50 m de comprimento, com largura total total de 24,50 m (Unidade 01 com 12,00 m de largura e Unidade 02 com 12,50 m de largura). A altura total será de 18,00 m.

Cada bloco abrigará um conjunto turbina-gerador e seus equipamentos de comando e controle locais e parte dos sistemas auxiliares.

As turbinas, do tipo Kaplan "S", de eixo horizontal, terão potência nominal de 9.279 kW e rotação de 211,76 rpm e os geradores síncronos terão potência nominal de 10.000 kVA, com a mesma rotação.

No trecho de montante da casa de força será implantada uma galeria eletromecânica, com 6,50 m de comprimento e mesma largura dos blocos, nas quais serão instalados os demais equipamentos e sistemas auxiliares da usina.

O ensecamento das unidades será feito por meio do fechamento da comporta vagão da tomada d'água e do lançamento da comporta ensecadeira do tubo de sucção.

As comportas ensecadeiras do tubo de sucção serão compostas por dois elementos metálicos, que serão estocados nas próprias ranhuras e em poço de estocagem específico, e sua movimentação e lançamento será feita por meio de uma talha elétrica, com capacidade de 80 kN, instalada em uma monovia junto à face de jusante da casa de força.

Justaposta à casa de força encontra-se a área de montagem e de recepção e descarga de equipamentos, com 10,0 m de largura e comprimento igual ao dos blocos das unidades.

Para movimentação dos equipamentos e cargas diversas, a casa de força e área de montagem serão equipadas com uma ponte rolante com capacidade de 750 kN.

As **Ilustrações 66 a 76** apresentam as principais características das estruturas da casa de força e da área de montagem.

### 12.14.1. 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 77 a 78** apresentam o arranjo eletromecânico da casa de força e área de montagem.

#### 12.14.1.1. Turbinas Hidráulicas e Reguladores

A casa de força possuirá dois grupos turbo-geradores de eixo horizontal iguais, sendo cada grupo constituído basicamente de um gerador de potência nominal de 10.000 kVA, sob tensão de 13,8 kV e frequência de 60 Hz, e de uma turbina hidráulica, tipo Kaplan "S" e potência nominal de 9.279 kW, sob queda líquida de referência de 17,50 m, na qual o engolimento é máximo, e queda líquida de projeto de 18,52 m, na qual o rendimento do conjunto é máximo.

As turbinas deverão operar com a velocidade de rotação síncrona de 211,76 rpm, controladas cada uma por um regulador de velocidade eletrônico que, por meio de um sistema oleodinâmico, 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 15,02 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 16,26 m.

As turbinas deverão ser projetadas para operar com um nível mínimo de jusante equivalente a 559,00 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 montante ..... 579,05 m
- normal de jusante ..... 560,22 m
- mínimo de jusante (vazão mínima operacional de uma máquina) ..... 559,00 m

As características técnicas principais das turbinas serão as seguintes:

- Tipo ..... Kaplan "S", de eixo horizontal
- Potência unitária no eixo ..... 9.279 kW
- Quantidade ..... 2
- Queda líquida de referência ..... 17,50 m
- Vazão máxima de engolimento (unitária) ..... 58,10 m<sup>3</sup>/s
- Rotação síncrona ..... 211,76 rpm
- Rotação específica ..... 569,95
- Rendimento nominal da turbina ..... 93%
- Sistema de regulação ..... regulador de velocidade eletrônico
- Nível de implantação ..... hs = -2,35 m
- Nível da linha de centro da turbina ..... 556,65 m
- Nível inferior do tubo de sucção ..... 549,00 m

#### 12.14.1.2. 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 unidade, que possibilitará o seu esvaziamento, quando instalada no respectivo tubo de sucção.

A comporta ensecadeira será constituída por dois elementos com vedações de soleira, laterais e frontal, podendo ser instalados 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 válvula de equilíbrio de pressões que, quando acionada 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 (dois dos quatro elementos). Os elementos restantes e a viga pescadora serão armazenados em poço de estocagem, localizado na área de montagem.

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 ..... 7,50 m
- Altura livre ..... 5,50 m
- Cota da soleira ..... 549,00 m
- Cota da peça fixa frontal ..... 554,50 m
- Altura da comporta ..... 6,00 m
- Nível da área externa de jusante (coroamento) ..... 565,00 m

### 12.14.1.3. Ponte Rolante

Na casa de força será instalada uma ponte rolante com capacidade de 750 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.

A ponte rolante será dotada de gancho auxiliar com capacidade de 100 kN.

O vão entre eixos dos trilhos será de 20,0 m. O curso do gancho será de 20,0 m.

As características principais da ponte rolante são as seguintes:

- Capacidade de gancho principal ..... 750 kN (\*)
- Capacidade de gancho auxiliar ..... 100 kN (\*)
- Vão entre eixos dos trilhos ..... 20,00 m
- Comprimento do caminho de rolamento ..... 34,00 m
- Curso dos ganchos ..... 20,00 m
- Cota da máxima elevação dos ganchos ..... 572,00 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.

#### 12.14.1.4. Talha Elétrica

Na área externa de jusante estará instalada uma talha elétrica com a finalidade de movimentar os elementos das 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 ..... 80 kN (\*)
- Curso do gancho ..... 22 m
- Velocidade de elevação ..... 5,0 m/min
- Velocidade de translação ..... 15,0 m/min
- Extensão da monovia ..... 30 m

\* Valor a ser confirmado pelo fabricante, quando do projeto executivo.

### 12.15. Sistemas de Utilidades

#### 12.15.1. 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 82** apresenta a concepção desse sistema.

- **Enchimento da galeria de adução**

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 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 poço de esgotamento de cada unidade geradora.

- **Esvaziamento da caixa espiral e tubo de sucção**

Após o fechamento da comporta da tomada d'água, 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.

Na lateral de cada tubo de sucção será implantado um poço de esgotamento para o esvaziamento das unidades, por meio de lançamento da bomba de esgotamento.

Cada poço terá área de 4,50 m<sup>2</sup> (1,50 m x 3,00 m) e cota de fundo na El. 547,50 m.

O tempo de esvaziamento será de aproximadamente oito (8) horas.

As características técnicas das bombas serão as seguintes:

- Quantidade ..... 02
- Tipo.....submersível
- Vazão ..... 80 m<sup>3</sup>/h
- Altura manométrica .....25 m.c.a.
- Potência estimada do motor ..... 10 kW

## 12.15.2. 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 560,00 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 81** apresenta a concepção desse sistema.

As características técnicas dos filtros são as seguintes:

- Tipo..... Limpeza Automática
- Vazão Unitária ..... 300 m<sup>3</sup>/h
- Pressão de Trabalho .....65 m.c.a.
- Malha de Filtragem ..... 0,8 mm

### 12.15.3. 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. 552,00 m), com nível de fundo na El. 549,00 m, com uma área útil de 9,80 m<sup>2</sup> (2,80 m x 3,50 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 80** apresenta a concepção desse sistema.

As características técnicas de cada bomba serão as seguintes:

- Tipo.....submersível
- Quantidade ..... 02
- Vazão ..... 60 m<sup>3</sup>/h
- Altura manométrica .....22 mca.
- Potência estimada do motor .....7,0 kW

### 12.15.4. 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 83** 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 ..... 350 l (0,35 m³)

#### **12.15.5. Sistema de Ventilação**

---

A ventilação da casa de força e área de montagem, incluindo galerias, será do tipo natural.

#### **12.15.6. 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.

#### **12.15.7. 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 CO<sub>2</sub> e pó químico seco (PQS).

Os extintores de CO<sub>2</sub> 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.

#### **12.15.8. Sistema de Medições Hidráulicas**

O sistema de medições hidráulicas possuirá os seguintes instrumentos de medição, conforme mostrado na **Ilustração 84**.

- **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 vagão.

- **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.

## 12.16. Equipamentos e Sistemas Elétricos Principais

No interior da Casa de Força os equipamentos eletromecânicos serão dispostos conforme mostrado nas **Ilustrações 77 a 78**.

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 na **Ilustração 90**.

Na **Ilustração 85** é apresentado o Diagrama Unifilar de Proteção e Medição do Sistema Elétrico concebido para a PCH Vila União, bem como para a Subestação Elevadora associada.

A configuração do sistema elétrico contempla dois geradores síncronos de 10.000 kVA, acionados por turbinas hidráulicas do tipo Kaplan.

Os geradores serão conectados aos seus respectivos cubículos de surto e de fechamento do neutro, e destes interligados ao conjunto de cubículos nos correspondentes cubículos disjuntores. Um seccionador próprio será conectado ao transformador elevador trifásico 13,8-138kV, 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.

### 12.16.1. Geradores

O gerador síncrono, de eixo horizontal, potência de 10.000 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.

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..... 10.000 kVA
- Tensão nominal ..... 13.800 V
- Número de fases..... 3
- Fator de potência..... 0,90

- Frequência nominal ..... 60 Hz
- Velocidade Síncrona Nominal ..... 211,76 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.

#### 12.16.1.1. 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.

#### 12.16.2. 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 85**.

Estão previstos os seguintes cubículos:

- Cubículo de Proteção Contra Surtos e de Fechamento do Neutro do Gerador 1 ... +1CSN

- Cubículo de Proteção Contra Surtos e de Fechamento do Neutro do Gerador 2 ... +2CSN
- Cubículo de Saída do Gerador 1 .....+1CDU
- Cubículo de Saída do Gerador 2.....+2CDU
- 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

### 12.16.2.1. Características Principais

- Cubículos de Proteção Contra Surtos e de Fechamento do Neutro
  - Quantidade ..... 02
  - 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
- Cubículos de Saída dos Geradores
  - Quantidade ..... 02
  - 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
  - Quantidade ..... 01
  - 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
- Cubículos dos Seccionadores para Serviços Auxiliares
  - Quantidade ..... 02
  - Tensão Nominal (eficaz) ..... 17,5 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

### 12.16.3. 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 ..... 16/20 MVA
- Tensão primária ..... 13,8 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

### 12.16.4. 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 88**.

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.

#### 12.16.4.1. Descrição dos Painéis dos Sistemas do SDSC

Na **Ilustração 88** 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 Geradora 01 ..... +1PCPU
- Painel de Controle e Proteção da Unidade Geradora 02 ..... +2PCPU
- Painel de Controle e Proteção da Subestação e Serv. Auxiliares.....+PCPSE
- Quadro de Distribuição Corrente Alternada – Subestação 138 kV ..... +QDA-SE
- 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.

#### 12.16.5. Sistema de Proteção

Na **Ilustração 85** é apresentado o Diagrama Unifilar de Proteção e Medição concebido para a Casa de Força da PCH Vila União 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 85**.

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 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.

#### **12.16.6. 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 de conexão, SE Primavera, da CEMAT. Para estas medições prevêem as interfaces de comunicação requisitadas pela CCEE/ONS.

#### **12.16.7. 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.

#### **12.16.8. Sistema de Telecomunicações**

A configuração do sistema de telecomunicações está indicada no diagrama de blocos incluído nos desenhos anexos a este relatório (**Ilustração 89**).

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, instalado na linha de transmissão, com funções de teleproteção, de tráfego de dados e voz entre a subestação da PCH Vila União e a Subestação Primavera da CEMAT.

O sistema terá capacidade para atender a transferência em tempo real dos dados de operação e supervisão da usina gerados pelo SDSC.

#### **12.16.9. Serviços Auxiliares em Corrente Alternada**

##### **12.16.9.1. Configuração do Sistema**

O Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Alternada terá a configuração apresentada no diagrama unifilar mostrado na **Ilustração 86**.

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).

#### **12.16.9.2. 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).

#### **12.16.9.3. Descrição dos Quadros Auxiliares em Corrente Alternada**

Na **Ilustração 86** 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

#### **12.16.9.4. Transformadores de Serviços Auxiliares**

Será previsto o fornecimento de dois Transformadores de Serviços Auxiliares instalados na Sala de MT e terão as principais características:

- Quantidade ..... 02
- Potência nominal ..... 225 kVA
- Tipo ..... seco
- Ligação delta-estrela ..... Dyn1
- Frequência nominal ..... 60 Hz
- Tensão nominal no enrolamento primário ..... 13.800 V
- Tensão máxima ..... 15.000 V
- Tensão nominal no enrolamento secundário ..... 380 V ( $\pm$  2 x 2,5%)
- Comutador de taps ..... em vazio

### **12.16.9.5. 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.

### **12.16.10. Serviços Auxiliares em Corrente Contínua**

#### **12.16.10.1. Configuração do Sistema**

O Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Contínua terá a configuração apresentada no diagrama unifilar simplificado mostrado na **Ilustração 87**.

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.

#### **12.16.10.2. 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.

#### **12.16.10.3. Descrição dos Quadros Auxiliares em Corrente Contínua**

Na **Ilustração 87** 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

#### **12.16.10.4. 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%

#### **12.16.10.5. 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

#### **12.16.11. Sistema de Iluminação e Tomadas**

##### **12.16.11.1. 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 – 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.

### **12.16.11.2. 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.

### **12.16.11.3. 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.

## **12.16.12. Sistema de Vias Para Cabos e Condutores**

### **12.16.12.1. 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.

#### **12.16.12.2. 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 mm<sup>2</sup>.

#### **12.16.13. 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 mm<sup>2</sup>.

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 mm<sup>2</sup>.

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.

#### **12.16.14. Subestação Elevadora**

A subestação de 138 kV da usina terá configuração de barras simples, conforme mostrado na **Ilustração 90**. Será constituída de um vão de transformação e um vão de saída de linha de transmissão em 138 kV para a Subestação Primavera, da CEMAT.

A tensão de transmissão de 138 kV é a utilizada 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 será realizada por meio de cabos isolados de 13,8 kV, provenientes das unidades geradoras passando pelo conjunto de cubículos

Os equipamentos de alta tensão serão de classe de isolamento 145 kV, próprios para instalação ao ar livre, categoria adequada para sistemas de transmissão.

O disjuntor será de acionamento tripolar, isolamento interno e câmara de extinção a gás SF<sub>6</sub>, trifásico montado sobre estrutura metálica.

Os seccionadores, de isolamento do disjuntor, 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, inclusive faturamento.

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 do transformador e da linha de transmissão serão dispostas no painel de controle e proteção +PCPSE, e será 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.

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 ..... 20 MVA
- Configuração de barra ..... Simples
- Tipo de disjuntor ..... Extinção e isolamento a gás SF<sub>6</sub>
- Quantidade de disjuntor ..... 1
- Quantidade de seccionadores ..... 3
- Transformadores de corrente ..... 3
- Transformadores de potencial indutivo ..... 3
- Para-raios tipo estação ..... 6

#### 12.16.15. Linha de Transmissão

O traçado preliminar da Linha de Transmissão será conforme o mostrado na **Ilustração 91**, onde a inserção da energia gerada no Sistema Elétrico será feita na SE Primavera da CEMAT, por meio de uma linha de transmissão em 138 kV, em circuito simples, com aproximadamente 23 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 CEMAT 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 20 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 ..... 23 km
- Tensão nominal de isolamento ..... 145 kV
- Configuração ..... Trifásica com circuito simples
- Potência máxima transmitida ..... 20 MVA
- Corrente nominal ..... 84 A

- 
- Tipo de condutores aéreos..... 336,4 MCM
  - Tipo de cabo guarda..... A 3/8

## 13. COMPONENTE AMBIENTAL

Os estudos ambientais para composição dos Estudos de Projeto Básico da PCH Vila União foram desenvolvidos tomando-se por base informações obtidas a partir de estudos já elaborados na região em estudo.

Para este estudo foram obtidas informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), do Atlas do Desenvolvimento Humano 2013, da Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral de Mato Grosso (SEPLAN-MT) e, ainda, da Imagem do Satélite LANDSAT 8 226\_070 de 05/09/2014.

Este capítulo tem por objetivo apresentar o diagnóstico do meio físico, biótico e socioeconômico, bem como fazer uma análise ambiental e apresentar os prováveis impactos, caracterizá-los e apresentar o Plano de Controle Ambiental.

### 13.1. Área de Estudo

A PCH Vila União será implantada no rio das Mortes, na zona rural do Município de Primavera do Leste, estado do Mato Grosso.

Possui como área de influência indireta o trecho superior da bacia do rio das Mortes e como área de influência direta a área afetada pela construção das estruturas da PCH Vila União, ou seja, margem esquerda do rio das Mortes.

### 13.2. Diagnóstico Ambiental

O presente diagnóstico buscará retratar a realidade encontrada em campo, tomando-se como referência estudos ambientais já existentes na região. Ainda constará neste, uma breve síntese dos estudos já contemplados em capítulos anteriores, tais como características hidrográficas e climatológicas e estudos geológico-geotécnicos.

#### 13.2.1. Meio Físico

##### 13.2.1.1. Climatologia

A área da sub-bacia do alto do rio das Mortes apresenta, de acordo com a classificação de Köppen, clima que pode ser enquadrado no do tipo Aw, ou seja, clima tropical chuvoso de savana, com um trimestre mais seco no período de junho a agosto e período chuvoso de outubro a abril, com um trimestre mais chuvoso de novembro a janeiro. A temperatura média anual varia em torno de 25°C, sendo a média do mês mais frio inferior a 16°C e a do mês mais quente superior a 34°C, com inverno seco.

Segundo o critério de Nimer (1977), a região de estudo na alta bacia do rio das Mortes se encontra dominada pelo clima quente semi-úmido, com 4 a 5 meses secos, menos influenciados pelo ar polar, não apresentando frequentes declínios de temperatura. As mínimas diárias são menos frequentes. Por outro lado, as máximas diárias são muito elevadas, onde no verão são comuns temperaturas superiores a 38°C, tendo alcançado valores superiores a 42°C na região do Pantanal Mato-Grossense.

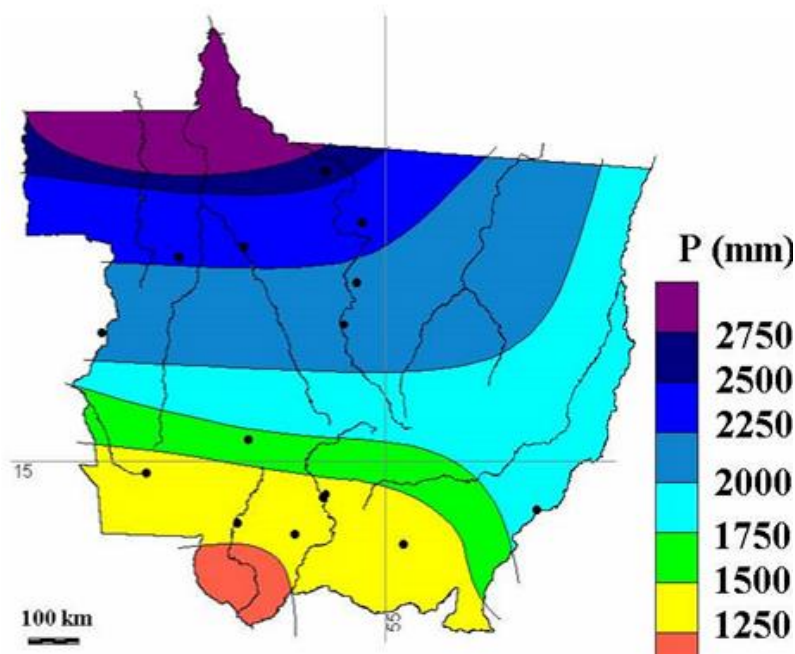
Segundo Sette (2000), a localização central do estado do Mato Grosso no continente Sul-Americano, bem como a sua extensão longitudinal, o posiciona em uma área de interação entre os sistemas atmosféricos intertropicais com os extratropicais que atingem a região, com características modificadas/tropicalizadas, com as frentes, anticiclone e cavados de altitudes. A autora afirma que o extremo norte e a porção central do estado são muito influenciados por padrões em larga escala, associados às mudanças de Hadley e na circulação de Walker. Os

padrões de larga escala atuantes em Mato Grosso são os fenômenos ENSO (oscilação Sul-EI Nino/La Nina), a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

Pelas unidades climáticas do estado do Mato Grosso, definidas por Tarifa (1986 e 1994) para o Zoneamento Sócio-Econômico-Ecológico do Estado (SEPLAN, 2000), a região da PCH Vila União encontra-se na Unidade III: CLIMA TROPICAL CONTINENTAL, alternadamente úmido e seco das Chapadas, Planaltos e Depressões.

Observa-se, portanto, que o regime de chuvas é tropical, com duas estações bem definidas, sendo os meses de junho a setembro os mais secos (55% de umidade relativa do ar em setembro). A estação chuvosa concentra-se no período entre novembro e fevereiro, quando a umidade relativa do ar atinge a média de 87%, sendo que a média anual da precipitação é da ordem de 1.575 mm.

A Figura 13-1 ilustra as faixas pluviométricas médias anuais estabelecidas para o estado do Mato Grosso, segundo a interpretação de Nimer (1989).



**Figura 13-1: Representação das isolinhas que dividem os intervalos dos índices pluviométricos (MT)**

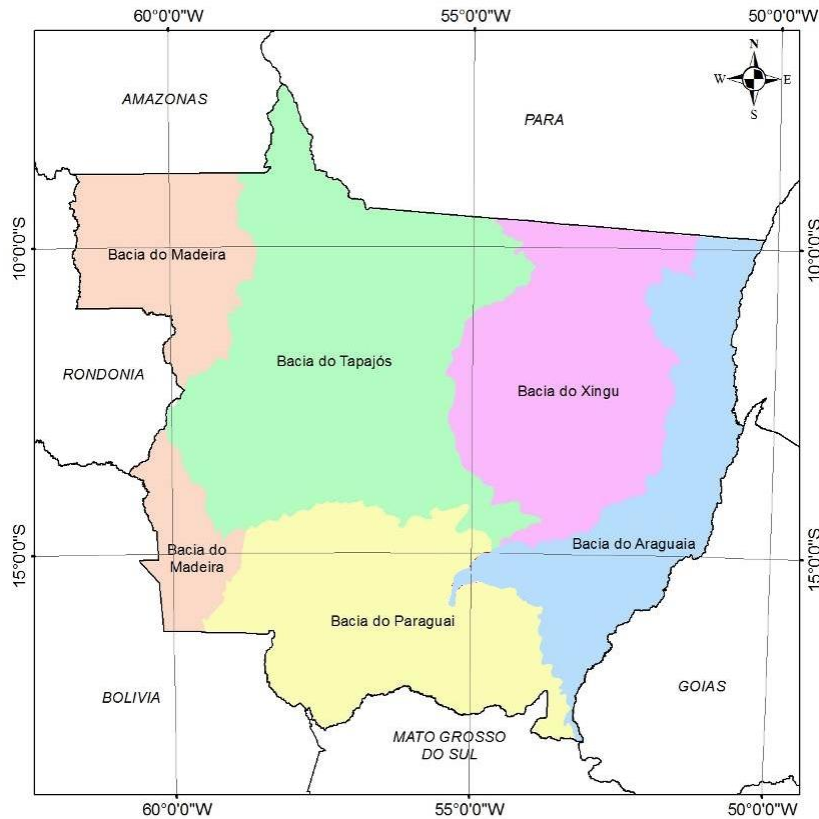
### 13.2.1.2. Recursos Hídricos

O alto rio das Mortes, cuja nascente encontra-se nas proximidades da Serra de São Vicente, é afluente pela margem esquerda do rio Araguaia (sub-bacia nº 26), pertencente à bacia dos rios Araguaia/Tocantins. Em seu trajeto, o rio das Mortes percorre principalmente regiões de savana e na calha principal áreas de Floresta Hidrófila e Ciliar, até desaguar no rio Araguaia. Tem sua cabeceira próxima da Serra de São Vicente, no município de Campo Verde. A área total de drenagem da sub-bacia hidrográfica do alto rio das Mortes, para a PCH Vila União, está estimada em 4.113 km<sup>2</sup>.

O rio das Mortes possui nascente a 820 metros de altitude e sua foz a aproximadamente 190 metros, resultando em um desnível considerável. Essa diferença de nível se desenvolve ao longo de um trecho muito longo, com trechos com caráter de vale encaixado, com diversas corredeiras e quedas de dimensões variadas em vários trechos, mesclado com trechos de baixíssimas declividades, como no trecho próximo das nascentes e de sua foz. O grande volume

das águas, mesclado com os trechos de corredeiras, garante ao rio das Mortes um grande potencial energético.

A Figura 13-2 apresenta a localização da bacia hidrográfica do rio Araguaia, dentro do estado do Mato Grosso.



**Figura 13-2: Localização da bacia hidrográfica do Araguaia**

O regime hidrológico é caracterizado por uma vazão constante, tanto no período de águas altas, relacionados à estação chuvosa ("inverno" de outubro a abril), quanto no período de águas baixas, correspondente à estação seca ("verão" de maio a setembro) (BFE, 2012).

O terreno formador da bacia do rio das Mortes encontra-se em sua maioria sobre rochas sedimentares da Formação Marília do Cretáceo (Grupo Bauru) e as Coberturas Detríticas Terciárias (Superfície Peneplanizada com Latossolização). De maneira geral, essas unidades geológicas apresentam uma alta permeabilidade, portanto, um alto poder regularizador das estiagens, além de atenuar os picos das cheias (BFE, 2012).

A água subterrânea nessas rochas fica limitada aos vazios provocados pela decomposição de estruturas planares com fraturas (falhas e diaclases), principalmente nos espaços vazios (poros) intergranulares favorecidos pelas rochas areníticas, bem como na camada superficial originada por processos de intemperismo que constitui o manto do solo. Essa condição física favorece a recarga do aquífero que regionalmente também depende do relevo, da espessura e da permeabilidade da camada do solo sobreposta, enquanto que as condições de circulação, armazenamento e captação dependem do comportamento hidrogeológico dos espaços vazios no substrato rochoso, isto é, da continuidade da estrutura, tamanho da abertura, natureza, permeabilidade e porosidade do material preenchido (BFE, 2012).



Sem dúvida, pode-se atribuir os grandes volumes de águas subterrâneas nos sedimentos associados ao Grupo Bauru, ao condicionamento dos depósitos sedimentares alojados nos grandes interflúvios das áreas do entorno do curso do rio das Mortes, onde o lençol freático reabastece e armazena, de forma contínua, a partir do nível da drenagem no sentido ascendente das encostas. Neste caso, pode-se afirmar que a riqueza em água destes depósitos é atribuída à abundância de seus vazios intergranulares, à presença de canalículas e à permeabilidade acentuada, os quais estabelecem as excelentes condições de recarga, circulação, armazenamento e captação (BFE, 2012).

Não foi constatada, durante o levantamento de campo, fonte poluidora industrial e de efluentes líquidos urbanos, que porventura esteja sendo lançada diretamente nas drenagens da região afluentes ao rio das Mortes. Contudo, destaca-se que, com a agricultura praticada na região, para o plantio de culturas anuais, caracterizada pelo uso intensivo da mecanização pesada, corretivos, fertilizantes químicos, dessecantes e defensivos agrícolas (agrotóxicos), que estão sendo aplicados em sua maioria por via aérea (avião agrícola), e caso não sejam observados cuidados na sua aplicação, podem gerar sérios riscos e danos quanto ao comprometimento da qualidade dos recursos hídricos, sobretudo de superfície, e da flora e fauna terrestre e aquática. Assim, foi reconhecido neste diagnóstico ambiental que este problema necessita de um estudo pormenorizado para verificar o impacto desses produtos e avaliar a contaminação dos cursos d'água, e também, os parâmetros da poluição hídrica causada pela atividade agrícola na região.

### 13.2.1.3. Geologia

As informações geológicas aqui apresentadas apresentam nível de aprofundamento compatível com os objetivos dos estudos ambientais.

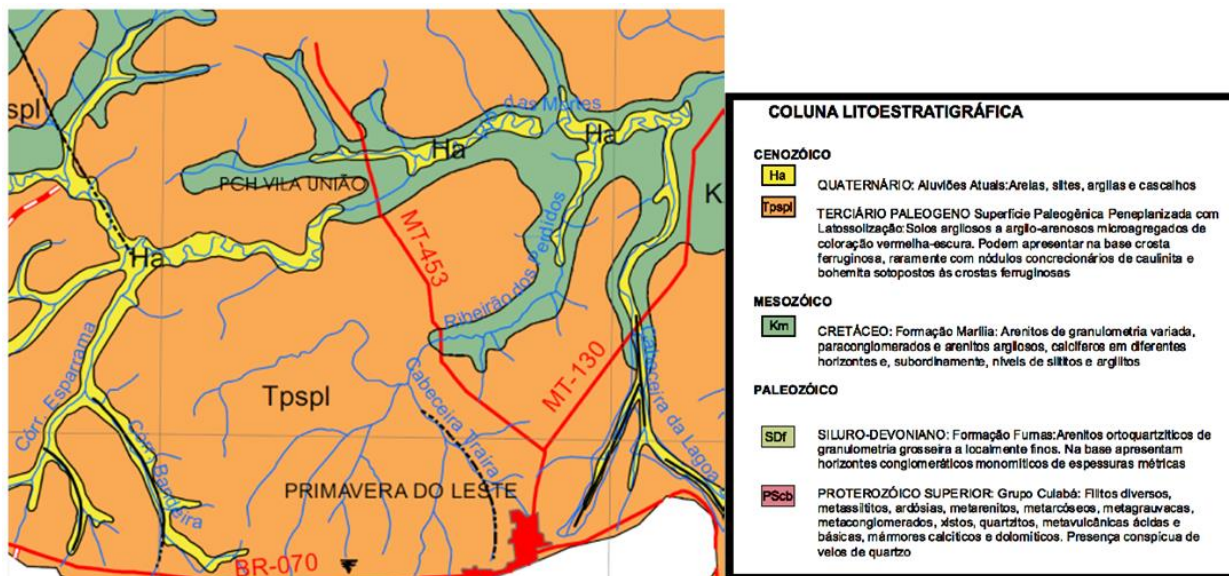
Do ponto de vista regional, o embasamento da área de interesse abrange as rochas polideformadas neoproterozóicas, pertencentes ao Grupo Cuiabá (Faixa Paraguai). Além do Grupo Cuiabá, afloram no recorte do mapa geológico em estudo os sedimentos mesozóicos da Bacia do Paraná, Grupo Bauru representado pela Formação Marília, que recobre de forma ampla o embasamento, além das unidades mais recentes – Superfície Peneplanizada com Latossolização e Aluviões Atuais.

A distribuição dessas rochas na área da sub-bacia está apresentada na Tabela 13-1, com destaque para ampla distribuição da Formação Marília (Km) e da Superfície Paleogênica Peneplanizada com Latossolização (Tpspl), sendo que o embasamento representado pelo Grupo Cuiabá (PScb) encontra-se aflorando no extremo norte da sub-bacia, onde o relevo exibe forte dissecação ao longo da Serra do Finca-Faca. A unidade Aluviões Atuais (Ha) está condicionada preferencialmente a calha principal do rio das Mortes e seus afluentes.

**Tabela 13-1: Unidades estratigráficas ocorrentes na área de estudo no rio das Mortes**

Período	Síntese das Unidades Geológicas
QUATERNÁRIO	<u>Ha</u> – Aluviões Atuais: areias, siltes, argilas e cascalhos.
TERCIÁRIO PALEOGENO	<u>Tpspl</u> – Superfície Peneplanizada com Latossolização: solos argilosos a argilo-arenosos microagregados de coloração vermelho-escuro. Podem apresentar na base crosta ferruginosa, raramente com nódulos concrecionários de caulinita sotopostos as crostas ferruginosas.
CRETÁCEO	<u>Km</u> – Formação Marília: arenitos de granulometria variada, paraconglomerados e arenitos argilosos, calcíferos em diferentes horizontes e, subordinadamente níveis de siltitos e argilitos.
PROTEROZÓICO SUPERIOR	<u>PScb</u> – Grupo Cuiabá: filitos diversos, metassiltitos, ardósias, metarenitos, metarcóseos, metagrauvacas, xistos, metaconglomerados, quartzitos, metavulcânicas ácidas e básicas, mármores calcínicos e dolomíticos. Presença conspícua de veios de quartzo.

Conforme apresentado no mapa geológico, ilustrado na Figura 13-3, a área diretamente afetada pela PCH Vila União, bem como toda calha do rio das Mortes, é composta pelos sedimentos da Formação Marília com capeamento de manto de alteração de solo areno-argiloso, onde a medida que se afasta da calha do rio a geologia passa a ser representada pela Superfície Peneplanizada com Latossolização, com ampla distribuição de Latossolos Vermelhos junto as formas tabulares de relevo.



**Figura 13-3: Recorte do mapa geológico da área do trecho superior da sub-bacia com indicação do barramento da PCH Vila União**

A Formação Marília ocorre de forma predominante na sub-bacia do córrego Galheiros, sendo constituída por sedimentos siliciclásticos, arenosos, depositados em ambiente continental árido. Apresentam granulação fina a média, localmente com níveis conglomeráticos; não raro, observa-se silcretização em seus termos, com o aparecimento de nódulos silicíticos. Os níveis conglomeráticos podem apresentar seixos, calhaus e mesmo matacões de arenitos, de rochas básicas maciças ou amigdaloidais e nódulos de silicitos. Depósitos coluvionares, onde os clastos dos litotipos acima se acham dispersos em meio à matriz argilo-arenosa, podem ocorrer associados a encostas mais íngremes. Uma feição característica das exposições Marília é a presença de silcretes. São comuns os aglomerados silicosos envolvendo grãos e clastos maiores, dispostos segundo a estratificação plano-paralela. Ocorrem também sob a forma de nódulos, formando horizontes intercalados aos estratos laminados. A coloração esbranquiçada e a sustentação de bolsas e rupturas do relevo são notórias.

A Superfície Peneplanizada com Latossolização na área de estudo recobre a Formação Marília e é considerada como formação edafoestratigráfica, supostamente admitida de ter-se desenvolvido em superfície peneplanizada no Paleogeno, laterizada com geração de crostas lateríticas, as quais foram posteriormente destruídas por processos pedogenéticos que geraram os Latossolos Vermelho Argilosos. Na região de implantação da futura PCH Vila União esta unidade é aproveitada, na quase totalidade, pela agricultura mecanizada.

Na área de estudo, sob o domínio do Planalto dos Guimarães, esta cobertura constitui-se por uma zona inferior, com areias inconsolidadas, argilas, concreções ferruginosas e eventuais lentes conglomeráticas; uma zona média, com espessos lateritos ferruginosos; e uma zona superior, com solo argilo-arenoso, com concreções ferruginosas. A origem dessas formações superficiais é colúvio-aluvial, principalmente em ambientes com fluxos de águas pluviais concentradas do tipo enxurrada, onde havia uma alternância de climas úmidos e semi-áridos, que ocorreu durante o

período Terciário Superior. Como consequência, algumas dezenas de metros de espessura foram depositadas.

A unidade Aluviões Atuais está confinada às calhas da rede de drenagem local e é constituída por areias, siltes, argilas e cascalhos, apresentando litificação variável. Os sedimentos relacionados a essa unidade passam a ser alvo dos processos de seleção produzidos pelas correntes fluviais durante o transporte e vão, paulatinamente, sofrendo processos naturais de depuração e cujo produto final apresenta um razoável grau de seleção e trabalho das partículas.

#### 13.2.1.4. Geomorfologia

A área da bacia do alto rio das Mortes está inserida no Domínio Morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná, mais especificamente na unidade de relevo de chapada no domínio geomorfológico do Planalto Guimarães.

O Planalto dos Guimarães se estende ao longo da extremidade noroeste da Bacia Sedimentar do Paraná, configurando-se como uma unidade contínua e alongada, atingindo cerca de 200 km no sentido Leste-Oeste e 120 km no sentido Norte-Sul, correspondendo a um trecho dos planaltos divisores entre as bacias do Prata e do Amazonas. É caracterizado por um planalto conservado, com superfícies cimeiras e formas de relevo do tipo chapadas, colinas amplas e patamar. Há também a forma planalto dissecado com superfícies de média a forte dissecção, amplitude média e declividade média a alta, com vales fechados e córregos encachoeirados.

A porção da bacia do rio das Mortes contemplada neste estudo caracteriza-se pela presença de dois sistemas principais de relevo, conforme apresentado na Tabela 13-2, que associam características de relevo que estão intrinsecamente relacionados ao substrato rochoso e solos.

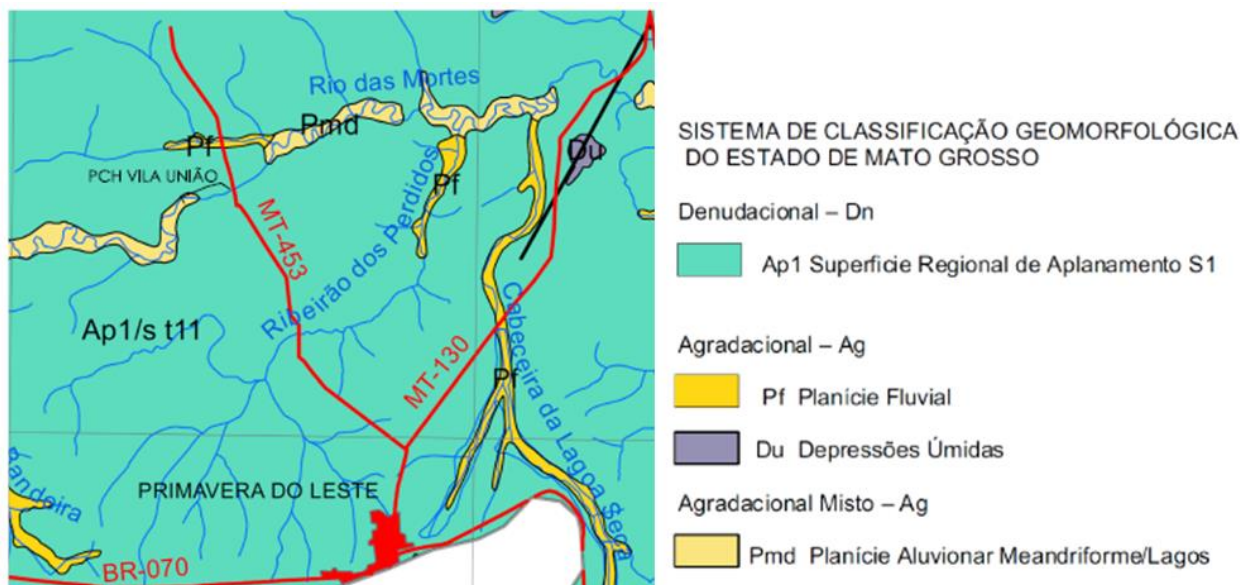
**Tabela 13-2: Compartimentação geomorfológica do trecho superior sub-bacia do rio das Mortes**

Sistemas e Subistemas de Relevo			
DENUDACIONAL Dn	APLANAMENTO – A	Superfície de Aplanamento S1-Ap1	Preservado – p
AGRADACIONAL Ag	PLANÍCIE FLUVIAL	Planície Fluvial – Pf	

A Figura 13-4 apresenta o recorte do mapa geomorfológico, segundo dados da SEPLAN (ZSEE, 2002), da região de interesse, com destaque para a sub-bacia do rio das Mortes e indicação do eixo do barramento da PCH Vila União. De acordo com a Figura 13-4, a área de influência indireta da PCH Vila União está localizada em área com classificação Sistema Denudacional de Aplanamento com forma de topos planos preservados (Ap1/p) e Sistema Agradacional de Planície Fluvial (Pf).

O Sistema de Aplanamento S1, na área da bacia do rio das Mortes, se desenvolve sobre a Chapada, em sedimentos arenosos e silteosos da Formação Marília e da Superfície Peneplanizada com Latossolização alterada para solos argilosos vermelhos. Este sistema corresponde ao conjunto de formas aplanadas e que ocupam posição de cimeira dentro do conjunto regional do relevo. É identificado a partir de sua ampla área de ocorrência, apresentando baixas declividades e baixa densidade de drenagem.

O Sistema de Planície Fluvial corresponde às áreas que têm como gênese processos de agradação preponderantemente fluviais. Estes ambientes planos, de gênese Lacustre, apresentam-se desenvolvidos em Aluviões Atuais e solos Hidromórficos.



**Figura 13-4: Recorte do mapa geomorfológico da região de interesse com destaque ao trecho superior da bacia do alto rio das Mortes**

### 13.2.1.5. Pedologia

Segundo RADAMBRASIL (1982) e ZSEE-MT (SEPLAN, 2002), na área de influência indireta da PCH Vila União predominam os Latossolos Vermelho-Amarelos, desenvolvidos sobre os sedimentos finos da Formação Marília e da Superfície Peneplanizada com Latossolização, cujas variedades refletem o relevo e o substrato rochoso. Ocorrem ainda de maneira mais restrita, áreas de Neossolo Quartzarênico Hidromórfico, Organossolo e também Latossolo Vermelho.

As principais classes de solo ocorrentes na sub-bacia do rio das Mortes são apresentadas na Tabela 13-3, sendo sua distribuição mostrada na Figura 13-5.

**Tabela 13-3: Compartimentação Pedológica do trecho superior da sub-bacia do rio das Mortes**

<b>SOLOS ARGILOSOS</b>	LATOSSOLO VERMELHO – LV
	LATOSSOLO VERMELHO AMARELO – LVA
<b>SOLOS DE ÁREAS ÚMIDAS</b>	ORGANOSSOLO – O
	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO HIDROMÓRFICO – RQ

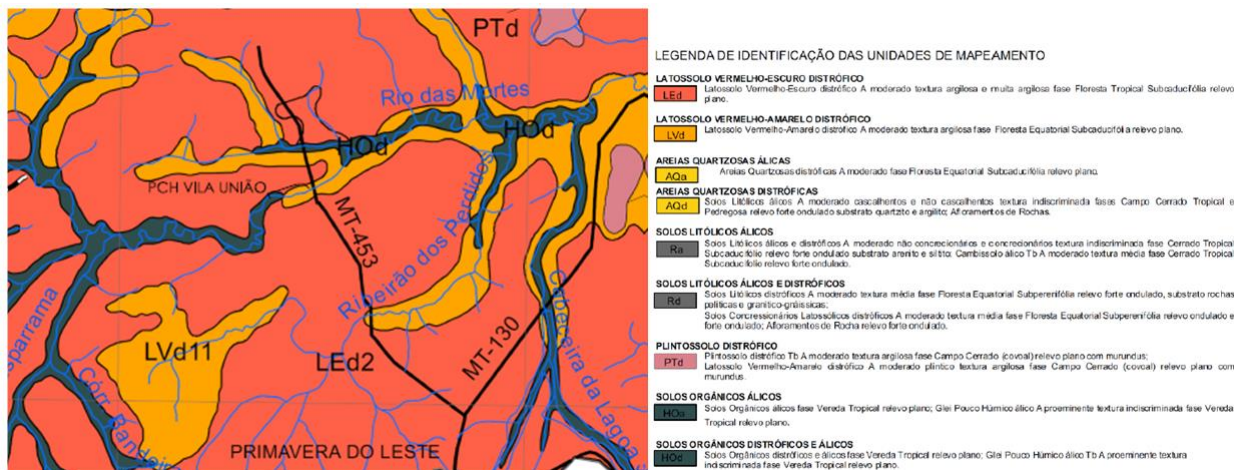
Os Latossolos Vermelho-Amarelos de textura média a argilosa de relevo plano são predominantes no mapa (Figura 13-5). Esse tipo de solo possui estreita ligação com a ocorrência das rochas da Formação Marília. No geral, os Latossolos são solos minerais com horizonte B latossólico, imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte diagnóstico superficial, exceto H Hístico.

Os Neossolos Quartzarênico Hidromórfico são solos minerais, hidromórficos, com textura nas classes areia ou areia franca, até a profundidade de 2 metros pelo menos. Originam-se, via de regra, de sedimentos arenosos recentes, referidos ao Quaternário, e estão cobertos quase sempre por vegetação de Floresta Hidrófila de Várzea. Mais esporadicamente se verificam Campos Hidrófilos e Vereda Tropical.

Os Organossolos são solos constituídos por material orgânico, cerca de 60 cm ou mais de espessura de material orgânico (teor de carbono orgânico maior ou igual a 80 g/kg de TFSA).



Esse tipo de solo é proveniente de acumulações de restos de vegetais em grau variável de decomposição, acumulados em ambientes mal a muito mal drenados ou em ambientes úmidos de altitude elevada, que estão saturados com água por poucos dias no período chuvoso, de coloração preta, cinzenta, muito escura ou brunada e com elevados teores de carbono orgânico.



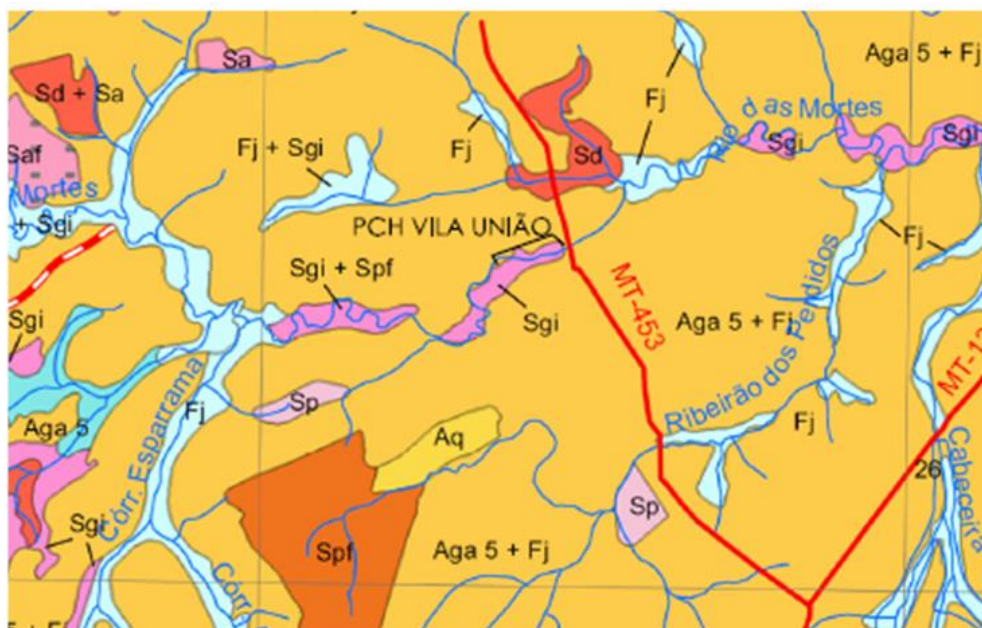
**Figura 13-5: Recorte do mapa pedológico da região de interesse com destaque ao trecho superior da sub-bacia do rio das Mortes**

### 13.2.1.6. Uso e Ocupação do Solo

A sub-bacia do rio das Mortes, considerada como área de influência indireta da PCH Vila União, possui em seu território 53,89% de atividades agropecuárias (uso antrópico), 26,74% de Savana Arborizada com Floresta de Galeria, 9,27% de Savana Parque com Floresta de Galeria, 7,44% de Formação Justafluvial, 1,54% de Savana Florestada (Cerradão), 0,50% de Formações Savânicas associadas a vertentes e de áreas de reflorestamento (eucalipto) e 0,10% de Savana Gramíneo-Lenhosa.

A área de influência direta é composta por dois tipos de formações: a Savana Arborizada com Floresta de Galeria e a Formação Justafluvial.

A Figura 13-6 ilustra o uso e a ocupação do solo na área de influência indireta da PCH Vila União.



**FORMAÇÃO VEGETAL**

**FORMAÇÕES SAVÂNICAS**

- Sd Savana Florestada (cerradão)
- Sa Savana Arborizada (cerrado)
- Saf Savana Arborizada com Floresta de Galeria
- Sp Savana Parque (campo cerrado)
- Spf Savana Parque com Floresta de Galeria
- Sgi Savana Gramíneo-Lenhosa (campos úmidos)
- Sav Formação de Savana Arborizada associada a vertentes, com enclaves de mata em grotões de drenagem
- Spv Formação de Savana Parque associada a vertentes, com enclaves de formações vegetais em grotões de drenagem

**USO E OCUPAÇÃO DO SOLO**

- Aqp Uso Agropecuário em médias e grandes propriedades com predomínio de Pastagens
- Aqa Uso Agropecuário em médias e grandes propriedades com predomínio de Culturas Anuais
- Aq Área de queimada
- U Usos Urbanos
- PU Usos Peri-Urbanos

**FORMAÇÕES RIPÁRIAS**

- Fj Formação Justaluvial
- Fa Floresta Aluvial

**Figura 13-6: Mapa temático do uso e ocupação do solo com destaque ao trecho superior da sub-bacia do rio das Mortes**

**13.2.1.7. Considerações sobre outros usos da água**

Com a formação dos reservatórios da PCH, existe a possibilidade de usos múltiplos da água, tais como: captação para irrigação, piscicultura, atividades de recreação e lazer, entre outros. Estes tipos de usos exigem o desenvolvimento de estudos específicos, de modo a se promover uma compatibilização entre o empreendimento hidrelétrico e os demais usos da água. Para tanto, é necessário realizar consulta à Superintendência de Recursos Hídricos, da SEMA-MT quanto à previsão de usos das águas e da existência de outorga para estes tipos de usos.

## 13.2.2. Meio Biótico

### 13.2.2.1. Vegetação

De acordo com o levantamento e classificação do Projeto RADAMBRASIL, Folha SD.21-Cuiabá, e no Zoneamento Socioeconômico-Ecológico – ZSEE (SEPLAN, 2002), atualizada no levantamento realizado em campo que cobre a área do aproveitamento hidrelétrico, a cobertura vegetal estudada está inserida na Região da Savana.

A área de influência direta da PCH Vila União é composta por dois tipos de formações: a Savana Arborizada com Floresta de Galeria e Formação Justafluvial, conforme apresentado anteriormente no mapa de uso e ocupação do solo (Figura 13-6).

O Diagnóstico Socioeconômico-Ecológico realizado no estado de Mato Grosso em 2001 define estas formações como:

- Savana Arborizada com Floresta de Galeria: Esse padrão é constituído pela fisionomia da Savana Arborizada associada a Formações Ripárias. Estas Formações Ripárias formam estreitas faixas e, na sequência solo fértil, que permite o desenvolvimento de florestas, estando presentes espécies como ingás (*Inga sp*), figueiras (*Ficus sp*), pinha-do-brejo (*Talauma ovata*), pindaíba-do-brejo (*Xylopia emarginata*). Ao lado destas essências tipicamente ripárias, ocorrem ainda elementos estacionais, uma vez que estas formações não estão submetidas ao estresse hídrico verificado no ambiente savânico. Por constituírem faixas contínuas que se destacam na paisagem de formações abertas, recebem a denominação de Florestas de Galeria.
- Formação Justafluvial: Compreende diversas formas de vegetação associadas a cursos d'água, que recebem distintas denominações, de acordo com suas peculiaridades, reflexo das condições do substrato onde se desenvolvem: "Veredas", "Matas de Brejo", "Floresta de Galeria" ou "Floresta Ciliar". No Domínio das Savanas (Cerrados), estas formações começam, em geral, em pequenos brejos ou nascedouros de ribeirões, sob a forma de alamedas de buritis (*Mauritia sp*), formando "Veredas". Ao longo dos cursos d'água, as veredas vão progressivamente adquirindo outras espécies de árvores, dentre as quais podem ser citadas: embaúba (*Cecropia pachystachya*), ingá (*Inga uruguensis*), copaíba (*Copaifera langsdorffii*), tapiriri (*Tapirira guianensis*), congonha (*Ilex sp*), mulungu (*Erythrina aff. mulungu*), encorpando e passando a constituir faixas que margeiam as linhas de drenagem. Adquirem caráter peculiar, por se destacar na paisagem caracterizada por formações abertas e xeromorfas.

### 13.2.2.2. Fauna

O conhecimento faunístico disponível na área da sub-bacia do rio das Mortes e adjacências é insuficiente para sua caracterização completa. A diversidade de ambientes, certamente, exigirá anos de estudos, mesmo em áreas antropizadas.

Neste contexto, observa-se que a relação de fauna apresentada neste diagnóstico é parcial e incompleta. Registra algumas espécies com possibilidade de ocorrência na área. As espécies mais comuns de mamíferos, anfíbios, répteis e aves foram registradas com a observação direta, pegadas e fezes. Informações de moradores e mateiro/guia de campo foram consideradas, além de fontes bibliográficas inerentes a região de interesse.

Na descrição de mamíferos foram relacionadas espécies de ocorrência possível na região do aproveitamento hidrelétrico. Dentre elas destacam-se: Gambá (*Didelphis spp*); Raposa (*Caluromys lanatus*); Tamanduá mirim (*Tamandua tetradactyla*); Tatu peba (*Euphractus sexcinctus*); Tatu mirim (*Dasybus septencinctus*); Cachorro vinagre (*Speothos venaticus*); Raposa do Campo (*Dusicion vetulus*); Furão (*Galictis vittata*); Coati (*Nasua nasua*); Pé chato (*Procyon*



cancrivoros) Veado catingueiro (*Mazama gouazoubira*); Rato do mato (*Oryzomys spp*); Rato do mato (*Calomys callosus*); Preá (*Galea sp*); Ouriço (*Coedon preensilis*); Cutia (*Dasyprocta azarae*); Tapiti (*Sylvilagus brasiliensis*); Lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*); Lobete (*Cerdocyon thous*); Jaguatirica (*Leopardus pardalis*); Gato-do-mato (*Leopardus tigrinus*); Queixada (*Tayassu Pecari*); Macaco Pregos (*Cebus apella*); Sagui (*Callithrix argentata*); Paca (*Agouti paca*); e, Morcego frutífero (*Carollia perspicillata*).

O levantamento dos mamíferos evidenciou a presença na região de espécies consideradas ameaçadas de extinção no Brasil, tais como: *Mymecophaga tridactyla* (tamanduá bandeira), *Priodontes maximus* (tatu-canastra), *Chrysocyon brachyurus* (lobo-guará), *Leopardus pardalis* (jaguatirica), cujas populações tendem à rarefação em grande parte de suas áreas de distribuição em Mato Grosso. Informações de moradores locais evidenciam que a maioria dos mamíferos relacionados está concentrada nas bacias dos rios das Mortes e Roncador.

Os répteis e anfíbios/anuros registrados são: Jibóia (*Boa constrictor*); Sapo (*Bufo parachinensis*); Sapo comum (*Bufo sp*); Sapo (*Dermatonotus muelleri*); Sapo-cururu (*Rhinella schneideri*); Jararaca (*Bothrops sp*); Sucuri (*Eunectes murimus*); Iguana (*Iguana iguana*); Lagartixa (*Tropidurus sp*); Calango verde (*Ameiva ameiva*) e Teiú (*Tupinambis teguixin*). Considerando a diversidade de ambientes florísticos existentes na região, espera-se que um grande número de espécie possa vir a compor a listagem da fauna herpetológica local.

As aves estão representadas por: Alma de gato (*Piaya cayana macroura*); Noivinha branca (*Xolmis velata*); Melro/Pássaro preto (*Gnorimopsar chopi*); Trinca-ferro (*Saltator similis*); Choró-boi (*Taraba major*); Corrupião/Sofrê (*Icterus jamacaii*); Bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*); Beija flor (*Anthracoceros sp.*); Beija-flor-tesoura (*Eupetomena macroura*); Catatau (*Campylorhynchus turdinus*); Perdiz (*Rhynchotus rufescens*); Quero-quero (*Vanellus chilensis*); Suiriri (*Tyrannus melancholicus*); Andorinha do Rio (*Tachycineta albiventer*), Arara Canindé (*Ara ararauna*), Bico-de-Agulha (*Galbula ruficauda*), Bico-de-brasa (*Monasa nigrifrons*); Canário-do-Campo (*Emberizoides herbicola*), Canário-da-Terra (*Sicalis flaveola*), Irerê (*Dendrocygna viduata*), Maria Cavaleira (*Myiarchus tyrannulus*), Sanhaço-do-coqueiro (*Thraupis palmarum*); Inhambu (*Tinamus major*); Anu preto (*Crotophaga ani*) Anu branco (*Guira guira*); Codorna (*Nothura maculosa*); Socozinho (*Butorides striatus*); Garça vaqueira (*Buvulcus ibis*); Urubu comum (*Coragyps atratus*); Urubu de cabeça preta (*Coragyps atratus*); Gavião tesoura (*Elanoides forficatus*); Gavião-caboclo (*Buteogallus meridionalis*) Carrapateiro (*Milvago chimachima*); Carcará (*Polyborus plancus*); Seriema (*Cariama cristata*); Quero quero (*Vanelus chilensis*); Pomba (*Columba sp*); Pomba do bando (*Zenaida auriculata*); Rolinha (*Columbina t. talpacoti*); Rolinha fogo apagou (*Scardafela squammata*); Periquito estrela (*Aratinga aurea*); Periquito-de-encontro-amarelo (*Brotogeris chiriri*); Periquito-asa-vermelha (*Aprosmictus erythropterus*); Maritaca (*Pionus maximiliani*); Papagaio (*Amazona sp*); Maracanã (*Aratinga leucophthalmus*); Coruja buraqueira (*Athene cunicularia*); Corujinha (*Otus sp*); Curiango (*Nyctidromus albicollis*); Tucano (*Ramphastos toco*); Pica pau do campo (*Calaptes campestris*); João de barro (*Furnarius rufus*); Bem-te-vi (*Legatus leucophalus*); Bem-te-vi (*Myiodynastes maculatus*); Sabiá Laranjeira (*Turdus rufiventris*); Juriti (*Leptotila verreauxi*); Gralha do Campo (*Cyanocorax cristatellus*); e João-de-pau (*Phacellodomus rufifrons*).

As espécies de áreas abertas possuem distribuição suficientemente ampla para estarem a salvo de extinções locais em decorrência de outros fragmentos vegetais localizados no entorno.

Quanto à avifauna, podemos destacar uma grande diversidade, pois sua concentração é maior, por serem grupos característicos de fácil adaptação ao meio.

As áreas úmidas, onde apresentam maior presença de água, são excelentes ambientes para a conservação de anuros.

Enfim, a existência das espécies encontradas na área é consequência dos processos ecológicos que dependem da conservação, o que de fato, está ocorrendo com suficiência.

Com relação à composição da fauna de peixes do rio das Mortes, os dados existentes são escassos e truncados. As informações levantadas foram baseadas em relatos e estudos pré-existentes, como o levantamento realizado pela empresa SOMA, para o EIA/RIMA da UHE Água Limpa.

De modo geral, na região do alto rio das Mortes e tributários, obteve-se registro de 61 espécies de peixe. Destacam-se os Characiformes, com 65% do total de espécies, os Siluriformes, representando 20% do total de espécies, e os Perciformes com 8% do total. As ordens dos Gymnotiformes, Cyprinodontiformes e Synbranchiformes foram pouco representativas, com 3% e 2% para ambas as últimas, respectivamente.

Verificou-se a dominância de espécies reofílicas, que possuem preferência por ambientes com corredeiras, com 40% do total. As espécies facultativas, que toleram condições de água mais lenta e também utilizam os ambientes de corredeiras representaram 36% do total de espécies. As espécies que cumprem sua reprodução em condições de águas mais lentas representaram 24% do total. Três espécies de lambaris (*Knodus cf. breviceps*, *Jupiaba sp* e *Aphyocharax cf. alburnus*) aparecem entre as espécies dominantes nos córregos da região.

Há registro de peixe nacionalmente ameaçado de extinção (MMA, 2004), o pacu-curupeté (*Mylesinus cf. paucisquamatus*), incluído na categoria de "vulnerável". Esta espécie é típica de ambientes de corredeiras e se alimenta de plantas que nascem nesses ambientes.

As espécies registradas para a região com registro do nome popular são: Canivete, Branquinha, Papaterra, Piau-de-corredeira, Piau-flamengo, Piau, Piau-listrado, Piau-cabeça-gorda, Piau-três-pintas, Bananinha, Voadeira, Pacu-curupeté, Pacu-prata, Tubarana, Piranha, Piranha-preta, Pacu, Peixe-cachorro, Cachorra, Jejú, Trairão, Traíra, Bicuda, Languira, Jauzinho, Bagre, Mandi-pintado, Mandi, Mandi-cabeçudo, Acará, Muçum, Tucunaré, Joana e Acará-da-pedra.

A importância dos peixes no rio das Mortes e em seus tributários é fortemente ecológica e confirma a expectativa de que a biodiversidade na região Neotropical é muito elevada, e que os mesmos são elementos fundamentais na cadeia alimentar e da biodiversidade da região. O pouco conhecimento deles na Amazônia é fato que permite inferir atitudes de minimização de impactos. Entretanto, nas suas calhas há importância das espécies para a pesca amadora, praticada nos finais de semana, porém mais abundante na época das cheias.

### 13.2.3. Meio Socioeconômico

O propósito deste item é realizar a caracterização socioeconômica do município de Primavera do Leste (MT), onde está localizada toda a área de interferência da PCH Vila União, com base na coleta de dados secundários.

O aproveitamento possui ligação com a cidade de Primavera do Leste por meio das rodovias MT-130 e MT-453, distante aproximadamente 22 km.

A abordagem referente ao meio socioeconômico trata da dinâmica populacional, área e produção da agricultura, centrada nas lavouras temporárias de soja, algodão e milho, (principais atividades econômicas do setor primário), oferta dos serviços de educação, saúde, produção industrial, energia e produto interno bruto (PIB).

O aproveitamento a ser implantado irá beneficiar parte da população rural de Primavera do Leste, pelo fato de melhorar a energia ofertada pelo Grupo Energisa, hoje consumida pelas propriedades rurais em suas atividades agrícolas e industriais.

#### 13.2.3.1. Características Gerais do Município de Primavera do Leste

O município de Primavera do Leste está localizado na mesorregião Sudeste Matogrossense e segundo regionalização do IBGE a Microrregião Homogênea – MRH Primavera do Leste.

A sede do município de Primavera do Leste localiza-se às coordenadas 15° 31' 40" de latitude sul e a 54° 20' 45" de longitude oeste. O município ocupa uma área de 5.472,207 km<sup>2</sup>, em altitude média de 650 m e está situado a aproximadamente 240 km de distância da capital Matogrossense, a cidade de Cuiabá.

Na década de 1960, a cidade chamava-se Bela Vista das Placas. A modificação para o atual nome ocorreu no dia 26 de setembro de 1979, com o apoio do pioneiro Edgard Cosentino, responsável por criar o projeto urbano na região.

Com um vertiginoso crescimento populacional, já no ano de 1981, face ao seu franco desenvolvimento, Primavera do Leste é elevada a categoria de Distrito, pertencente ao Município de Poxoréo, começando assim, a dar os primeiros passos em busca de sua independência política.

A partir daí, vislumbrando um futuro promissor, uniram-se as forças representativas e lideranças do Distrito e, em 24 de agosto de 1984, criou-se a Comissão Pró-Emancipação do distrito, composta por vinte e seis abnegados pioneiros que escolheram por unanimidade, Darnes Egydio Cerutti para presidi-la. Como primeira sugestão, a comissão acatou o nome de Primavera D'Oeste, para o novo município pleiteado, nome este rejeitado pela Comissão de Emancipação da Assembleia Legislativa Estadual, pois o mesmo estava incorreto geograficamente em relação a localização no estado. Em vista disto, no dia 27 de junho de 1985, por maioria simples, definiu-se que o novo Município deveria chamar-se Primavera do Leste, sendo de imediato rejeitadas as demais sugestões como Nova Primavera e Alto Primavera.

Cumpridas todas as demais formalidades legais, burocráticas e políticas que a questão exigia, para felicidade geral da Comissão de desbravadores e pioneiros, o sonho tornou-se uma realidade. No plebiscito realizado no dia 21 de abril de 1986, de 1.142 eleitores, compareceram 741 eleitores, sendo que 704 votaram a favor da criação do Município de Primavera do Leste. Em 13 de maio de 1986, o então Governador do Estado de Mato Grosso, Júlio Campos, assinou a Lei estadual nº. 5.014, que outorgava a criação do município.

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de Primavera do Leste era 0,805, em 2010. O município está situado na faixa de Desenvolvimento Humano Muito Alto (IDHM acima de 0,800).

A população do município de Primavera do Leste, segundo estimativas do IBGE para o ano de 2015, é de 57.452 habitantes, conforme Tabela 13-4.

**Tabela 13-4: População residente em Primavera do Leste em 1991, 2000, 2010 e 2014**

Ano	População		
	Total	Urbana	Rural
1996	20.983	18.453	2.530
2000	39.857	36.539	3.318
2007	44.729	41.123	3.606
2015*	57.452	-	-

Nota: \*Estimativa IBGE.  
Fonte: IBGE Cidades.

O número de habitantes por quilômetro quadrado, considerando o total da área do município de Primavera do Leste é de 10,5 hab./km<sup>2</sup>, valor superior à média estadual que é de 3,36 hab./km<sup>2</sup>.

Entre 1996 e 2007, a população de Primavera do Leste teve uma taxa média de crescimento anual de 7,12%. Na década anterior, de 1986 a 1996, a taxa média de crescimento anual foi de 10,69%. No Estado, estas taxas foram de 1,02%, para o período entre 2000 e 2010.

De acordo com os dados divulgados pelo IBGE, em 1996 a população urbana representava 87,9%, em 2000 representava 91,7%, e em 2007 passou a representar 91,9% da população total.

### 13.2.3.2. Educação

Os serviços de educação infantil, incluindo creche e pré-escola, são ofertados pelo município e em menor escala pela iniciativa privada (Tabela 13-5).

O município de Primavera do Leste concentra 55% das unidades escolares que prestam os serviços de educação infantil na região.

**Tabela 13-5: Unidades escolares de educação infantil, segundo dependência administrativa no ano 2006**

Município	Dependência Administrativa	Educação Infantil		Total
		Creche	Pré-escola	
Primavera do Leste	Municipal	10	10	20
	Privada	3	6	9

Fonte: Anuário Estatístico do Estado de Mato Grosso, SEPLAN-MT.

Nota: No município de General Carneiro existe uma pré-escola estadual.

Quando se analisa o número de docentes vinculados a este tipo de serviço, percebe-se que o número de professores sob a responsabilidade da administração municipal corresponde a 76,4% do total disponibilizado para a região (Tabela 13-6).

**Tabela 13-6: Docentes de educação infantil, segundo dependência administrativa no ano 2006**

Município	Dependência Administrativa	Educação Infantil		Total
		Creche	Pré-escola	
Primavera do Leste	Municipal	55	48	103
	Privada	8	20	28

Fonte: Anuário Estatístico do Estado de Mato Grosso, SEPLAN-MT.

Nota: No município de General Carneiro existem dois docentes do estado na pré-escola.

O número total de professores nas creches de Primavera do Leste é de 63 e o disponível na pré-escola atinge 68, totalizando 131 docentes, na fase inicial de educação infantil. O número de crianças atendidas com estes serviços pelo poder público municipal, no ano de 2006, foi de 1.822 crianças. O setor privado atingiu 422 crianças, que representa 23,2% do total de 1.822 crianças matriculadas (Tabela 13-7).

**Tabela 13-7: Matrícula inicial da educação infantil e classe de alfabetização, por dependência administrativa no ano 2006**

Município	Dependência Administrativa	Educação Infantil		Total
		Creche	Pré-escola	
Primavera do Leste	Municipal	603	795	1398
	Privada	138	284	422

Fonte: Anuário Estatístico do Estado de Mato Grosso, SEPLAN-MT.

Nota: No município de General Carneiro existem 34 crianças na pré-escola atendidas pelo poder público estadual.

O ensino fundamental em Primavera do Leste é prestado pelo estado, município e iniciativa privada.

Cabe destacar que na área rural, o atendimento é realizado predominante por meio do município e em segundo lugar pelo estado, pois das 5 escolas localizadas na área rural, todas são de responsabilidade exclusiva do governo municipal do município de Primavera do Leste (Tabela 13-8).

O município de Primavera do Leste possui a maior quantidade de escolas da região, tanto municipais quanto privadas.

**Tabela 13-8: Unidades escolares que administram o ensino fundamental, por dependência administrativa, nos municípios da região em estudo, no ano de 2006**

Município	Estadual		Municipal		Privada		Total
	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural	
Primavera do Leste	5	0	8	5	6	0	24

Fonte: Anuário Estatístico do Estado de Mato Grosso, SEPLAN-MT.

O número de docentes do ensino fundamental em Primavera do Leste é de 150, sendo 43 da rede estadual e 107 da iniciativa privada (Tabela 13-9).

**Tabela 13-9: Docentes do ensino fundamental, por dependência administrativa no ano de 2006**

Município	Estadual		Municipal		Privada		Total
	1ª a 4ª	5ª a 8ª	1ª a 4ª	5ª a 8ª	1ª a 4ª	5ª a 8ª	
Primavera do Leste	0	43	0	0	50	57	150

Fonte: Anuário Estatístico do Estado de Mato Grosso, SEPLAN-MT.

O número total de matrículas na região é de 1.805. Destas, 795 são vinculados a escolas do estado e 1.010 à rede escolar da iniciativa privada (Tabela 13-10).

**Tabela 13-10: Matrícula inicial do ensino fundamental, por dependência administrativa em 2006**

Município	Estadual		Municipal		Privada		Total
	1ª a 4ª	5ª a 8ª	1ª a 4ª	5ª a 8ª	1ª a 4ª	5ª a 8ª	
Primavera do Leste	0	795	0	0	509	501	1.805

Fonte: Anuário Estatístico do Estado de Mato Grosso, SEPLAN-MT.

Nota: Os dados disponíveis para o município de Dom Aquino não são consistentes, motivo pelo qual não foi incluído na tabela.

Ao analisar os dados publicados sobre índice de aprovação das escolas localizadas na área urbana, percebe-se que os índices obtidos pelas escolas privadas são superiores aos das escolas públicas (Tabela 13-11).

**Tabela 13-11: Rendimento escolar no ensino fundamental (aprovação, reprovação e abandono), por dependência administrativa, na região de estudo em 2006**

Município	Dependência administrativa	Aprovado	Reprovado	Abandono
Primavera do Leste	Estadual	68,6	9,6	21,8
	Municipal	75,5	17,5	7,0

Município	Dependência administrativa	Aprovado	Reprovado	Abandono
	Privada	93,6	2,1	4,2

Fonte: Anuário Estatístico do Estado de Mato Grosso, SEPLAN-MT.

A estrutura do ensino fundamental existente na região, principalmente na cidade de Primavera do Leste, é suficiente para receber demanda adicional de alunos decorrentes dos trabalhadores de outras regiões que possuam filhos em idade escolar, caso venham a ser contratados para compor a equipe responsável pela construção do aproveitamento.

Em Primavera do Leste o ensino médio é prestado pelo estado e pela iniciativa privada, com maior participação do estado (Tabela 13-12). Considerando o total de professores, percebe-se que 106 deles pertencem ao estado e apenas 42 à iniciativa privada.

**Tabela 13-12: Número de unidades escolares e de professores do ensino médio, por dependência administrativa, nos municípios da região de estudo, no ano de 2006**

Município	Dependência Administrativa	Urbana		Rural		Total	
		Escolas	Professores	Escolas	Professores	Escolas	Professores
Primavera do Leste	Estadual	5	106	-	-	5	106
	Privada	3	42	-	-	3	42

Fonte: Anuário Estatístico do Estado de Mato Grosso, SEPLAN-MT.

O número de matrículas no ano de 2006 atingiu 2.393 alunos. Destes, 2.069 coube às escolas estaduais e apenas 324 às escolas privadas (Tabela 13-13).

**Tabela 13-13: Matrícula do ensino médio por dependência administrativa, nos municípios da região de estudo, no ano de 2006**

Município	Estadual		Privada		Total
	Urbana	Rural	Urbana	Rural	
Primavera do Leste	2.069	0	324	0	2.393

Fonte: Anuário Estatístico do Estado de Mato Grosso, SEPLAN-MT.

Os dados do rendimento escolar, segundo a dependência administrativa, demonstram percentuais maiores para o ensino privado, quando comparado ao ensino público estadual (Tabela 13-14).

**Tabela 13-14: Rendimento escolar no ensino médio (aprovação, reprovação e abandono), por dependência administrativa no ano de 2005**

Município	Dependência administrativa	Aprovado	Reprovado	Abandono
Primavera do Leste	Estadual	57,6	17,3	25,1
	Privada	84,3	2,3	13,4

Fonte: Anuário Estatístico do Estado de Mato Grosso, SEPLAN-MT.

A Figura 13-7 e a Figura 13-8 apresentam duas escolas localizadas no município de Primavera do Leste.





**Figura 13-7: Escola estadual Prof.ª. Alda G. Scopel – Primavera do Leste**



**Figura 13-8: Escola estadual para jovens e adultos – Primavera do Leste**

A estrutura de ensino médio disponível na cidade de Primavera de Leste é suficiente para atender a demanda adicional, caso sejam implantados os aproveitamentos energéticos previstos para a região.

O ensino superior está presente em dois municípios da região, oferecendo 27 cursos de graduação e três de especialização, que permitiram em 2007, a matrícula de mais de dois mil alunos (Tabela 13-15).



**Tabela 13-15: Número de cursos, matrículas e concluintes do ensino superior e especialização no ano de 2007**

Dependência Administrativa	Nº de Cursos de Graduação	Graduação		Nº de Cursos de Especialização
		Matrícula	Conclusão	
Primavera do Leste				
Federal (UFMT)	5	404	53	-
Privado (UNICEN)	18	1.290	169	3
Privado (UNIVAR)	5	877	138	-

Fonte: Anuário Estatístico do Estado de Mato Grosso, SEPLAN-MT.

Cursos ofertados pelas universidades privadas: **UNICEN** (Administração – habilitação em gestão de sistema de informação, Ciências Contábeis, Direito, Tecnologia em Mecanização Agrícola, Agronomia, Ciências Biológicas, Farmácia, Fisioterapia, Arquitetura e Urbanismos, Sistema de Informação, Tecnologia em Marketing, Educação física, engenharia de Produção Industrial); **UNIVAR** (Administração, Ciências Contábeis, História, Pedagogia, Processamento de Dados).

A Figura 13-9 apresenta uma das instituições de ensino superior presente na cidade de Primavera do Leste.



**Figura 13-9: Extensão da Universidade de Cuiabá – UNIC instalada em Primavera do Leste**

### 13.2.3.3. Renda

De acordo com a CNM (2013), a renda per capita média de Primavera do Leste cresceu 59,99% nas últimas duas décadas, passando de R\$ 549,00 em 1991 para R\$ 691,16 em 2000 e R\$ 878,37 em 2010. A taxa média anual de crescimento foi de 25,89% no primeiro período e 27,09% no segundo.

Com relação aos rendimentos da população, o Censo 2010 revelou uma grande parcela da população sem rendimento, aproximadamente 29% da população estudada. O rendimento predominante foi maior que 1/2 salário mínimo e menor que 2 salários, com aproximadamente 40% da população estudada.

A extrema pobreza (medida pela proporção de pessoas com renda domiciliar per capita inferior a R\$ 70,00, em reais de agosto de 2010) passou de 11,17% em 1991 para 2,80% em 2000 e para 1,51% em 2010 (CNM, 2013). De acordo com Panorama Municipal, segundo Censo Demográfico 2010 (BRASIL, 2010), em termos proporcionais, 3,1% da população está na extrema pobreza, com intensidade maior na área rural (4,8% da população na extrema pobreza na área rural contra 2,7% na área urbana).

#### **13.2.3.4. Trabalho**

Entre 2000 e 2010, a taxa de atividade da população de 18 anos ou mais (ou seja, o percentual dessa população que era economicamente ativa) passou de 70,78% em 2000 para 79,03% em 2010. Ao mesmo tempo, sua taxa de desocupação (ou seja, o percentual da população economicamente ativa que estava desocupada) passou de 8,60% em 2000 para 5,97% em 2010. (CNM, 2013).

Em Primavera do Leste, de acordo com o Censo 2010, das pessoas ocupadas na faixa etária de 18 anos ou mais, 28,82% trabalhavam no setor agropecuário, 0,71% na indústria extrativa, 8,60% na indústria de transformação, 7,61% no setor de construção, 0,41% nos setores de utilidade pública, 14,97% no comércio e 32,60% no setor de serviços.

#### **13.2.3.5. Infraestrutura Urbana**

A energia elétrica consumida é fornecida pelo Grupo Energisa (Cemat – Centrais Elétricas Matogrossenses S.A.), que atende praticamente todos os domicílios do município. De acordo com SEPLAN/MT, o consumo de energia elétrica em 2012 foi de 110.211,60 MWh. Quanto ao número de consumidores, nesse mesmo período, Primavera do Leste apresentou 12.499 unidades consumidoras.

Dados do Censo Demográfico de 2010 revelaram que a maior parte dos resíduos sólidos gerados no município é coletada, principalmente na área urbana, com índice de 82,80% de coleta.

Quanto à cobertura da rede de abastecimento de água, o acesso estava em 92,24% dos domicílios particulares permanentes urbanos. Considerando a zona rural, este índice se reduz para 78,23% (7.379 domicílios).

Com relação ao esgotamento sanitário, considerando as pesquisas do IBGE nas áreas urbana e rural, apenas 1,16% dos domicílios permanentes dispunham de rede coletora de esgoto e 89% da população utilizam fossa rudimentar, que possui alto potencial poluidor.

#### **13.2.3.6. Aspectos Econômicos**

##### Produto Interno Bruto (PIB)

Entre 2005 e 2009, segundo o IBGE, o Produto Interno Bruto (PIB) do município cresceu 6,6%, passando de R\$ 2.080,6 milhões para R\$ 2.152,3 milhões. O crescimento percentual foi inferior ao verificado no Estado que foi de 52,9%. A participação do PIB do município na composição do PIB estadual diminuiu de 2,88% para 2,01% no período de 2005 a 2009.

Em 2011, o PIB foi de R\$ 2.605,7 milhões, apresentando um acréscimo de aproximadamente 21% em comparação a 2009. Em 2010, o setor da Agropecuária detinha 52,6% do PIB, seguido de Serviços com 30,9%, Impostos com 10,3% e outros.

### Atividades Econômicas

O município de Primavera do Leste possui uma economia baseada no segmento da agricultura moderna de grãos, principalmente soja e milho, e pecuária extensiva.

De acordo com as informações disponibilizadas pelo IBGE, na Pecuária predominam a criação de aves, bovinos, suínos e peixes. Na Agricultura predominam lavouras temporárias, onde se destacam os cultivos de soja, milho e algodão.

#### - Agricultura

De acordo com o IBGE, lavouras permanentes são aquelas com áreas plantadas ou em preparo para plantio de culturas de longa duração, que após a colheita não necessitam de novo plantio, produzindo por vários anos sucessivos.

As lavouras temporárias são áreas plantadas ou em preparo para o plantio de culturas de curta duração (via de regra, menor que um ano) e que necessitam, geralmente, de novo plantio após cada colheita. As principais lavouras temporárias cultivadas no município, em ordem de importância quanto à área ocupada, são a soja, milho e algodão. Em 2013, o município apresentou produção em menor escala de tipos de lavoura temporária: abacaxi, arroz, cana-de-açúcar, feijão, mandioca e sorgo.

A e a apresentam exemplos de cultivos presentes na agricultura do município de Primavera do Leste.



**Figura 13-10: Plantio de soja (zona rural do município de Primavera do Leste)**



**Figura 13-11: Lavoura de algodão em fase de colheita (zona rural do município de Primavera do Leste)**

A disponibilidade de armazenagem é de suma importância, principalmente para as regiões distantes dos grandes mercados consumidores, tanto internos como externos. A elevação dos preços dos combustíveis tem onerado o custo de transporte dos produtos primários, reduzindo a rentabilidade das explorações e sua competitividade com outros centros produtores.

A energia elétrica constitui-se em insumo importante na implantação das unidades armazenadoras, sem a qual, não seria possível efetuar as operações de pré-limpeza, movimentação dos produtos e secagem. Isto obrigaria produtores rurais a venderem seus produtos fora das especificações necessárias para a comercialização. Outro problema seria a venda da produção no momento da safra, quando os preços estão baixos pelo excesso de oferta do produto.

A agregação de valor aos produtos, por meio da industrialização, passa a ser um fator de sobrevivência dos produtores rurais e dos municípios localizados distantes dos mercados. Portanto, deve-se estimular a instalação de plantas industriais na região, como forma de permitir maior nível de renda, emprego e competitividade, além da diversificação na produção.

- Pecuária

De acordo com as informações disponibilizadas pelo IBGE, o município possui representatividade na criação de suínos, aves e peixes, porém ainda com maior destaque para os grãos.

- Indústria

De acordo com o Anuário Estatístico de 2013, o município de Primavera do Leste possui indústria extrativa de minerais não metálicos e indústrias de transformação, sendo a maior parte delas de fabricação de produtos alimentícios, seguido de fabricação de produtos têxteis.

As demais indústrias de transformação no município são: indústrias de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos; fabricação de produtos de minerais não metálicos; fabricação de máquinas e equipamentos; impressão e reprodução de gravações; de fabricação de produtos químicos; de fabricação de produtos de madeira; manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos; confecção de artigos do vestuário e acessórios; fabricação de produtos diversos; fabricação de móveis; fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis; fabricação de bebidas; fabricação de produtos de borracha e de material plástico.



### 13.3. Análise Ambiental

A sub-bacia do alto rio das Mortes possui a maior parte de sua área explorada pelas atividades agrícolas, como apresentado anteriormente no mapa de uso e ocupação do solo.

Visando um cenário futuro, a alteração no meio em decorrência da implantação da PCH Vila União é pontual, se concentrando apenas na área de influência direta. No âmbito socioeconômico, a interferência ocorre na maior disponibilidade de energia.

#### 13.3.1. Características do Aproveitamento

São apresentadas na Tabela 13-16 as características importantes na análise ambiental.

**Tabela 13-16: Características da PCH Vila União**

Potência Instalada (MW)	18,00
Área do Reservatório (ha)	1,27
*APP (ha)	7,00
Trecho de vazão reduzida (km)	3,70
Famílias Realocadas	0

#### 13.3.2. Interferências Ambientais

Os principais impactos ambientais identificados para a PCH Vila União são apresentados a seguir.

- Desenvolvimento ou aceleração de focos de erosão e assoreamento;
- Alteração do nível de lençol freático;
- Alteração na qualidade da água;
- Instabilidade de encostas e de taludes;
- Supressão da vegetação nativa;
- Redução da biodiversidade das espécies vegetais e animais;
- Alteração da ictiofauna a montante da barragem;
- Melhoria dos acessos ao local do empreendimento;
- Expansão da oferta de energia;
- Alteração no mercado de bens e serviços e na renda regional;
- Geração de empregos.

#### 13.3.3. Descrição dos Impactos

Os principais impactos ambientais relacionados aos meios físico, biótico e socioeconômico são apresentados a seguir.

##### 13.3.3.1. Meio Físico

Os principais impactos ambientais relacionados ao meio físico são descritos a seguir:

- Desenvolvimento ou Aceleração de Focos de Erosão e Assoreamento: Esse impacto se dá na fase de construção das obras, decorrentes dos serviços de terraplanagem e das escavações para abertura de estradas, implantação do canteiro de obras, alojamento e das estruturas da usina (Vertedouro, Barragem de Terra, Tomada d'Água, Canal de Adução, Casa de Força, etc.).
- Alteração do Nível do Lençol Freático: A criação ou formação de lagos artificiais em região arenosa induz a modificações nos regimes hidrológicos superficiais e subterrâneos na área do entorno do reservatório, exercendo uma influência nos aquíferos, tendo como consequência imediata a elevação do nível do lençol freático. Tais fenômenos podem provocar várias modificações físicas, tais como: surgimento de olhos d'águas, fontes, áreas alagadas, aumento da umidade relativa dos solos pela diminuição da zona não saturada, além de processos erosivos. Todavia, pelas pequenas dimensões do reservatório abaixo de 10 ha e pequena espessura da lâmina d'água, em média 1,3 m, nota-se pouco provável a intensidade e permanência desse impacto. Acredita-se que após três meses de operação as condições do meio sejam estabilizadas.
- Alteração na Qualidade da Água: A questão da qualidade da água em Reservatórios para geração de energia hidrelétrica é de suma importância no contexto dos estudos ambientais, por se tratar da matéria-prima para os empreendimentos hidrelétricos a serem implantados. As interferências sobre a qualidade da água têm início já na etapa de implantação com a movimentação terra, com aumento dos sólidos em suspensão. Entretanto, o ponto crítico com relação à qualidade da água é o enchimento do Reservatório, onde ocorrem várias transformações hídricas. Quando não ocorrem desmatamento e limpeza da área do reservatório, a decomposição da matéria orgânica gera queda do teor do oxigênio dissolvido, aumento na concentração de nutrientes, da acidez, turbidez, gerando problemas a jusante, com o comprometimento da qualidade da água.
- Instabilidade de Encostas e Taludes: A importância da análise e controle de escorregamentos está diretamente relacionada à demanda socioeconômica oriunda de acidentes e problemas diversos relacionados à instabilização de encostas e taludes escavados. Em regiões tropicais pode-se afirmar que os escorregamentos constituem um dos processos mais importantes associados à dinâmica superficial, resultante das características geológicas, geomorfológicas e climáticas atuantes. O terreno da área prevista para implantação da futura PCH Vila União é capeado por solos arenosos que assentam sobre as rochas areníticas da Formação Marília, que têm como característica principal serem friáveis e apresentarem moderada coesão. Essas situações são suscetíveis ao desenvolvimento de instabilidade com escorregamentos de massa de solos e blocos da encosta na área em estudo.

### 13.3.3.2. Meio Biótico

Os principais impactos ambientais relacionados à biota são descritos a seguir:

- Supressão da Vegetação Nativa: Esse é um impacto resultante do desmatamento de parte da vegetação ciliar na área de preservação permanente, da vegetação de cerrado e da vegetação nativa na região de interferência com a futura usina, levando à interrupção de corredores de fauna e reduzindo a produção de alimentos para os animais. As áreas atingidas por esse impacto estão recobertas por formações vegetais de Savana Arborizada (Cerrado) com presença de Floresta Hidrófila seguido por Campo Graminoso (Savana Parque) e Formação Justafluvial. Uma das formas de minimizar tal impacto será a manutenção da vegetação de Cerrado de entorno ao empreendimento, em especial, toda extensão da borda do Reservatório, em faixa de 50 metros de largura. Adotar técnica correta no desmate de jusante para montante e suprimir a vegetação savânica somente o necessário para execução das obras.

- Redução da Biodiversidade: Esse impacto é provocado pela retirada da vegetação, aumento de movimentação na área, ruídos, resultando na diminuição dos índices de diversidade florística e faunísticas e na alteração na composição das comunidades, atingindo diretamente as populações locais, podendo levar a extinção algumas espécies.
- Alteração da Ictiofauna a Montante da Barragem: Com o enchimento do reservatório será formado um ambiente com características completamente diferentes do original, transformando um ambiente lótico em lêntico. Essa alteração na paisagem fluvial se refletirá, na área de influência, sobre a composição qualitativa das ictiocenoses, bem como de outros grupos aquáticos. No reservatório poderá ocorrer um empobrecimento ictiofaunístico em termos de diversidade. Por outro lado, poderá ocorrer um aumento significativo de biomassa com o desenvolvimento de populações de espécies mais aclimatáveis às novas condições ambientais estabelecidas no local, com aumento de espécies como a traíra (*Hoplias malabaricus*), tucunaré (*Pseudocoraspora sp*) e acará (*Bujurquina sp*). Com referência à qualidade do pescado, os baixos níveis de metais presentes na área tornam pouco provável que haja contaminação das espécies. Ainda assim, é recomendada a adoção de ações de acompanhamento, em função da alta carga de agrotóxico utilizada nas lavouras de grãos distribuídas em larga escala nos terrenos da bacia do rio das Mortes e nas proximidades do futuro reservatório.

### 13.3.3.3. Meio Socioeconômico

Os principais impactos ambientais relacionados ao meio socioeconômico são descritos a seguir:

- Alteração nos Fluxos Migratórios da População: A divulgação sobre a implantação da usina provoca expectativa sobre a geração de empregos e de novas oportunidades de negócios, o que pode promover um movimento migratório de pessoas que venham a se dirigir ao município de Primavera do Leste e região, atraídas por uma oportunidade de emprego. Essa população irá alterar o quadro demográfico local, incrementando a taxa de crescimento, intensificando o fluxo migratório, aumentando a demanda nas áreas de saúde, habitação, segurança pública e assistência social. Esse impacto poderá ser sentido durante a fase de implantação da usina e se concentra na cidade de Primavera do Leste, que fica mais próxima ao local da obra. No momento da desmobilização haverá um movimento inverso ao inicial, onde parte da população empregada deixará as áreas, havendo uma queda no comércio, no quadro imobiliário e na taxa demográfica do município. A magnitude desse impacto é proporcional ao número de operários oriundos de outras regiões, atraídos em função da obra, e também ao cronograma de implantação do empreendimento. As medidas mitigadoras recomendadas referem-se à necessidade do monitoramento dessa população, por meio de parceria entre empreendedor e Prefeitura Municipal, no sentido de promover uma integração do projeto, dos trabalhadores e a população operária, minimizando possíveis conflitos.
- Melhorias dos Acessos ao Local do Empreendimento: Para viabilizar a implantação do aproveitamento hidrelétrico, será necessário executar obras de melhorias/aberturas de estradas de acesso aos locais das estruturas da usina, que abrangem retificações de traçados, de curvas, revestimento primário, além de obras de drenagem e sinalização, visando dar maior segurança e melhor trafegabilidade. Essas melhorias beneficiarão todos os usuários locais, apesar do aumento do fluxo de veículos durante o período de construção. Portanto, trata-se de um impacto muito positivo, de grande relevância para todos os agricultores que irão utilizar essas vias.
- Expansão da Oferta de Energia Elétrica: A expansão de oferta de energia aos municípios do entorno tem forte potencial para dinamizar as atividades econômicas intensivas em energia, tanto no setor primário quanto no setor secundário, garantindo as condições



básicas para diversificação e mecanização da agricultura, beneficiamento da produção agrícola, bem como para a modernização dos processos de armazenagens, gerando, conseqüentemente, grande número de empregos e melhorando a qualidade de vida da população envolvida, com desenvolvimento regional sustentável.

- Alteração no Mercado de Bens e Serviços e na Renda Regional: O aumento da população em função da implantação das obras do aproveitamento hidrelétrico causará um impacto direto no mercado de bens e serviços da cidade de Primavera do Leste, por meio da demanda para novos consumidores potenciais. Os novos trabalhadores representam um aumento na massa salarial na região, sendo que parte desses recursos serão gastos no comércio local, no consumo de bens e serviços, potencializando a expansão no setor terciário, principalmente.
- Geração de Empregos: A oferta de empregos decorrentes da contratação de mão-de-obra nas fases de implantação e operação do aproveitamento constitui impacto positivo pouco significativo, dado o pequeno número de novos empregos a serem ocupados pela população local, tendo em vista seu pequeno “know-how” em obras dessa natureza. Os empregos disponíveis para a população regional serão na área administrativa e na obra propriamente dita, correspondendo à mão-de-obra não qualificada. Entretanto, a partir da operação do aproveitamento hidrelétrico existe uma forte expectativa na dinamização da economia do município de Primavera do Leste e região, com a implantação e/ou ampliação de indústrias, gerando grande número de empregos. Este impacto se tornará significativo em médio prazo, nos setores primário e secundário e, em longo prazo, nos setores de comércio e serviços.

#### **13.3.4. Caracterização dos Impactos**

Para fazer a caracterização dos impactos ambientais foram utilizados os seguintes critérios:

Classe (CL)

- Benéfico (+): Impacto positivo
- Adverso (-): Impacto negativo;

Fase (F)

- Estudos (E): Impacto referente à fase de estudos e levantamento de dados;
- Implantação (I): Impacto referente à fase de implantação do empreendimento;
- Operação (O): Impacto referente à fase de operação do empreendimento.

Incidência (IN)

- Direta (DI): Impacto de atividade executada sob o controle do empreendimento;
- Indireta (ID): Impacto derivado de atividade de responsabilidade de terceiros.

Temporalidade (TM)

- Atual (AT): impacto causado por atividade atual;
- Futura (FT): impacto decorrente de novos projetos e/ou processos.

Duração (DU)

- Efêmero (1): ocorre somente durante o desenvolvimento da atividade;
- Temporário (2): ocorre durante a implantação da obra;
- Permanente (3): ocorre mesmo que terminada a implantação da obra.

Severidade (SE)

- Baixa (1): altera o ambiente de forma insignificante, seja restrito ao local de execução da atividade ou totalmente reversível;
- Média (2): altera o ambiente de forma tolerável, seja restrito ao local de execução da atividade ou reversível;
- Alta (3): altera o ambiente de forma intolerável, se estende além dos limites do local de execução da atividade, ou seja, irreversível.

Probabilidade (PB)

- Pequena (1): remota;
- Mediana (2): provável;
- Grande (3): muito provável.

Importância (IM)

- Significativo (S), quando: Probabilidade + Severidade  $\geq 5$ ;
- Não significativo (NS), quando: Probabilidade + Severidade  $< 5$ .

A Tabela 13-17 apresenta a caracterização dos impactos ambientais da implantação da PCH Vila União.

**Tabela 13-17: Caracterização de Impactos da PCH Vila União**

Impactos	Características							
	CL	F	IN	TM	DU	SE	PB	IM
Desenvolvimento ou aceleração de erosão e assoreamento	-	I	DI	AT	2	2	2	NS
Alteração do nível de lençol freático	-	O	IN	AT	3	2	2	NS
Alteração da qualidade da água	-	I/O	DI	FT	3	2	3	S
Instabilidade de encostas e de taludes	-	I	DI	AT	2	2	2	NS
Supressão da vegetação nativa	-	I	DI	AT	2	2	3	S
Redução da biodiversidade das espécies vegetais e animais	-	I	DI	AT	2	2	3	S
Alteração da Ictiofauna a montante da barragem	-	I	DI	AT	3	2	3	S
Alteração do fluxo migratório da população	-	I	DI	AT	3	2	3	S
Melhoria dos acessos ao local do empreendimento	+	I	DI	AT	3	2	2	NS
Expansão da oferta de energia	+	O	DI	AT	3	3	3	S
Alteração no mercado de bens e serviços e na renda regional	+	O	DI	AT	2	2	2	NS
Geração de empregos	+	O	DI /IN	AT /FT	2	2	3	S

### 13.3.5. Medidas Mitigadoras

As principais medidas propostas serão relacionadas a seguir:

Para a instalação das estruturas de apoio às obras, obtenção de materiais de construção ou para o descarte de material inerte, as áreas de alta suscetibilidade à erosão são evitadas. Eventualmente, quando não for possível, em função do tipo de solo ou declividade, são considerados os seguintes procedimentos:

- Execução de tratamento especial nos taludes marginais do reservatório, preferencialmente utilizando-se compactação dos sedimentos e recomposição vegetal, minimizando os efeitos dos impactos das ondas do reservatório;
- Execução de revestimento vegetal dos taludes, imediatamente após a conclusão dos cortes e aterros, preferencialmente com a utilização de plantas fixadoras de nitrogênio, que são mais eficientes na prevenção da erosão, com mínimo revolvimento do solo durante o plantio;
- Execução de compactação de material de bota-fora em área de formação do futuro reservatório de forma a minimizar a suspensão de sedimento.

De modo a maximizar a natureza positiva do impacto referente à geração de empregos, é priorizada a contratação de mão-de-obra do município da área de influência para atuar nas atividades direta ou indiretamente ligadas à construção e, posteriormente, à operação, respeitado o critério de qualificação e garantindo que os benefícios da oferta de novos postos de trabalho atinjam a população diretamente afetada pelo empreendimento, ou seja, Primavera do Leste.

Visando potencializar a natureza positiva dos impactos referentes à geração de tributos e incrementos da economia local, regional e nacional e ao aumento da demanda sobre as atividades de comércio e serviços, foram priorizadas a aquisição das mercadorias e a contratação de serviços necessários ao desenvolvimento de suas atividades no município da área de influência do empreendimento, respeitada a legislação vigente. Este tema também é incorporado ao conteúdo de esclarecimentos gerais destinados ao público no Programa de Comunicação Social.

É estabelecida durante as obras a proposição de rotas pré-determinadas para os veículos de carga com definição de horário diferenciado dos períodos de maior demanda diária nas estradas. É recomendada ainda, junto aos fornecedores, a manutenção adequada dos veículos de carga, bem como exigida a qualificação dos motoristas empregados. Este tema também é incorporado ao conteúdo de esclarecimentos gerais destinados ao público no Programa de Comunicação Social.

Com relação à limpeza da bacia de acumulação, foi recomendada, à época do início da implantação do empreendimento, uma nova avaliação das condições da vegetação, com a finalidade de identificar e selecionar as áreas que serão desmatadas, especialmente na região mais próxima da barragem, a fim de definir diretrizes de desmatamento que reduzam ao máximo as perdas de mata original.

As medidas mitigadoras propostas para o desmatamento e enchimento do reservatório são:

- Resgate de indivíduos antes do enchimento do reservatório;
- Realização de desmatamento fora do período reprodutivo, visando amenizar a perda de ninhos ativos; e fora do período chuvoso evitando o período de maior ambientação e reprodução das espécies de anfíbios e répteis;
- Implantação de programa de educação ambiental entre trabalhadores da obra, população do entorno, com objetivo de reduzir a caça predatória;

- Monitoramento da ictiofauna e da qualidade dos peixes, prevendo a realização de resgate e salvamento da fauna silvestre na fase do desmatamento;
- Execução de desmate racional visando a utilização de indivíduos na construção civil, lenha ou outras atividades nas propriedades rurais do entorno do empreendimento;
- Implantação do Programa de Recuperação de Áreas Degradadas nos ambientes que sofreram interferência direta pela implantação do empreendimento, por meio do plantio com espécies florestais nativas.

### 13.4. Plano de Controle Ambiental

A PCH Vila União apresenta como maiores interferências no meio a necessidade de limpeza de 1,27 ha para acomodar o reservatório, o uso de 7,00 ha para acomodar a Área de Preservação Permanente e impor um trecho de 3,7 km de vazão reduzida, constituído de rápidos, corredeiras e pequenos e médios saltos.

Essa alteração interfere diretamente no uso atual do solo, na vegetação nativa, na dinâmica da fauna, na qualidade da água, entre outros. Dessa forma, devem-se apontar meios de controle dos impactos potenciais.

A forma de controle proposta se dá através de monitoramento da área durante e após a intervenção no meio. Este monitoramento é realizado respeitando programas ambientais visando à prevenção, mitigação, compensação e monitoramento dos impactos identificados no Relatório de Controle Ambiental e Plano de Controle Ambiental, aprovado pelo órgão ambiental – SEMA/MT.

Tais programas envolvem a participação direta de cada empreendedor responsável, seja na função de executor, seja na de financiador ou de indutor das ações preconizadas, quando houver a necessidade de participação de órgão do executivo municipal, estadual ou federal.

A Tabela 13-18 apresenta os programas desenvolvidos para monitoramento ambiental da implantação da PCH Vila União.

**Tabela 13-18: Programas Ambientais Propostos para implantação da PCH Vila União**

Programas	Impacto	Natureza
<b>Programa de Comunicação Social</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interferências sobre os usos dos recursos hídricos;</li> <li>- Geração de expectativas;</li> <li>- Geração de empregos;</li> <li>- Pressão sobre o tráfego rodoviário e a infraestrutura viária;</li> <li>- Geração de tributos e incremento na economia municipal, estadual e federal;</li> <li>- Incremento das atividades de comércio e serviços;</li> <li>- Mudança do uso do solo.</li> </ul>	Prevenção, Mitigação e Potencialização.
<b>Programa de Educação Ambiental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Início ou aceleração de processos erosivos;</li> <li>- Pressão sobre a biota terrestre;</li> <li>- Pressão sobre a biota aquática;</li> <li>- Alteração da qualidade da água;</li> <li>- Contaminação do solo;</li> <li>- Geração de resíduos;</li> <li>- Introdução de fatores de risco à saúde;</li> <li>- Interferência sobre os usos da água.</li> </ul>	Prevenção, Mitigação e Potencialização

Programas	Impacto	Natureza
<b>Plano de Monitoramento e Manejo da Flora</b> - Programa de Desmatamento - Programa de Recuperação de Áreas Degradadas	- Alteração da biota terrestre; - Mudança de uso do solo; - Supressão vegetação; - Início de processos erosivos; - Alteração da qualidade da água.	Mitigação, Controle e Compensação
<b>Programa de Controle de Processos Erosivos</b>	- Início ou agravamento de processos erosivos; - Instabilidade de encostas.	Prevenção, Controle e Remediação
<b>Programa de Monitoramento da Fauna</b>	- Pressão sobre a biota terrestre.	Prevenção e Controle
<b>Programa de Monitoramento da Ictiofauna</b>	- Alteração da biota aquática.	Prevenção e Controle
<b>Programa de Monitoramento da Limnologia e da Qualidade da Água</b>	- Alteração da Qualidade da Água.	Prevenção e Controle
<b>Programa de Monitoramento Hidrossedimentométrico e de Níveis d'Água</b>	Alteração da dinâmica hidrossedimentométrica e dos níveis d'água	Prevenção e Controle
<b>Programa de Gestão Ambiental no Canteiro de Obras</b>	- Deflagração de processos erosivos; - Pressão sobre a biota terrestre; - Pressão sobre a biota aquática; - Alteração da qualidade da água; - Contaminação do solo; - Geração de resíduos.	Prevenção, Controle e Mitigação

### 13.5. Considerações e Recomendações

A implantação da futura PCH Vila União é de baixo potencial de impacto ambiental. Entretanto, em nível local é imprescindível a aplicação das medidas mitigadoras citadas.

Por estar localizada em uma bacia hidrográfica com sua maior parte antropizada, devido ao intenso uso agropecuário, sobretudo de lavouras mecanizadas para produção de grãos, o meio biótico já se encontra amplamente fragilizado, sendo os ambientes florestais junto a calha das drenagens os principais remanescentes da vegetação e, portanto, nicho ecológico que abriga a fauna da região. No entanto, é importante o cuidado com a vegetação remanescente e com a reposição desta, principalmente na mata marginal do reservatório. Pouco será afetada a faixa de APP do reservatório, que se encontra com vegetação nativa e com baixa interferência antrópica.

As estruturas da PCH dispõem de dispositivos que possibilitam a migração da fauna, garantindo sua máxima preservação.

É comum no estado de Mato Grosso, durante o período de chuvas, a ocorrência de chuvas torrenciais e a formação de processos erosivos. Estes devem ser constantemente monitorados para segurança ambiental e das estruturas da usina.

A limpeza da área ocorrerá de modo a permitir a relocação de epífitas, o afastamento dos animais para não ocorrer acidentes com a fauna e a mínima manutenção de matéria orgânica, de maneira que não interfira significativamente, em longo prazo, na qualidade da água.

Em virtude da configuração de construção do empreendimento, de pequena monta em comparação a aproveitamentos hidrelétricos maiores (UHE), é de se esperar que a migração populacional para execução das obras não será significativa. Entretanto, deverá ser realizado

controle para evitar impactos negativos sociais no núcleo habitacional de Primavera do Leste (MT). Da mesma forma que privilegiar a mão de obra local é fator relevante quando se trata de responsabilidade social.

Diante do exposto, entende-se que os impactos da implantação da PCH Vila União foram previstos e serão minimizados, sem maiores prejuízos ao meio, seguindo-se as medidas mitigadoras previstas no Plano de Controle Ambiental.

## 14. INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA DE ABASTECIMENTO

O sítio de implantação da PCH Vila União está localizado próximo às cidades de Santo Antônio do Leste, Primavera do Leste e Paranatinga, ambas no estado de Mato Grosso.

No entanto, o local de implantação da usina não possui infraestrutura estabelecida, sendo seu acesso local previsto por caminhos internos às propriedades.

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.

As obras de infraestrutura têm como objetivo principal dar suporte à construção do aproveitamento de acordo com o cronograma. Para tanto, será necessária a construção de estradas de serviço, canteiro de obras e instalações administrativas e industriais, tais como almoxarifado, escritórios e central de concreto.

### 14.1. Acessos

Analisando os principais acessos por imagens de satélite, pela topografia executada e após confirmação por meio de inspeções de campo, constata-se a existência de uma estrutura viária em terra interligando os locais das principais estruturas civis, que deverá ser aproveitada e ampliada.

Tanto na área prevista para implantação do barramento como na área prevista para o circuito de geração (câmara de carga/tomada d'água/conduto forçado/casa de força/canal de fuga) os acessos existentes poderão ser aproveitados, necessitando apenas de algumas melhorias.

A Figura 14-1 apresenta uma imagem geral do sítio previsto para implantação da futura PCH Vila União, dando ênfase às estradas não pavimentadas já construídas e que poderão ser utilizadas como futuros acessos às obras do barramento e do circuito de geração. Para o canal de adução, maiores complexidades deverão ser consideradas, uma vez que sua implantação está prevista para uma área de mata ainda preservada.

Para acesso à área do canteiro proposto e alojamento, à esquerda da casa de força, são previstas pequenas intervenções com novos acessos, a partir dos existentes em suas proximidades.

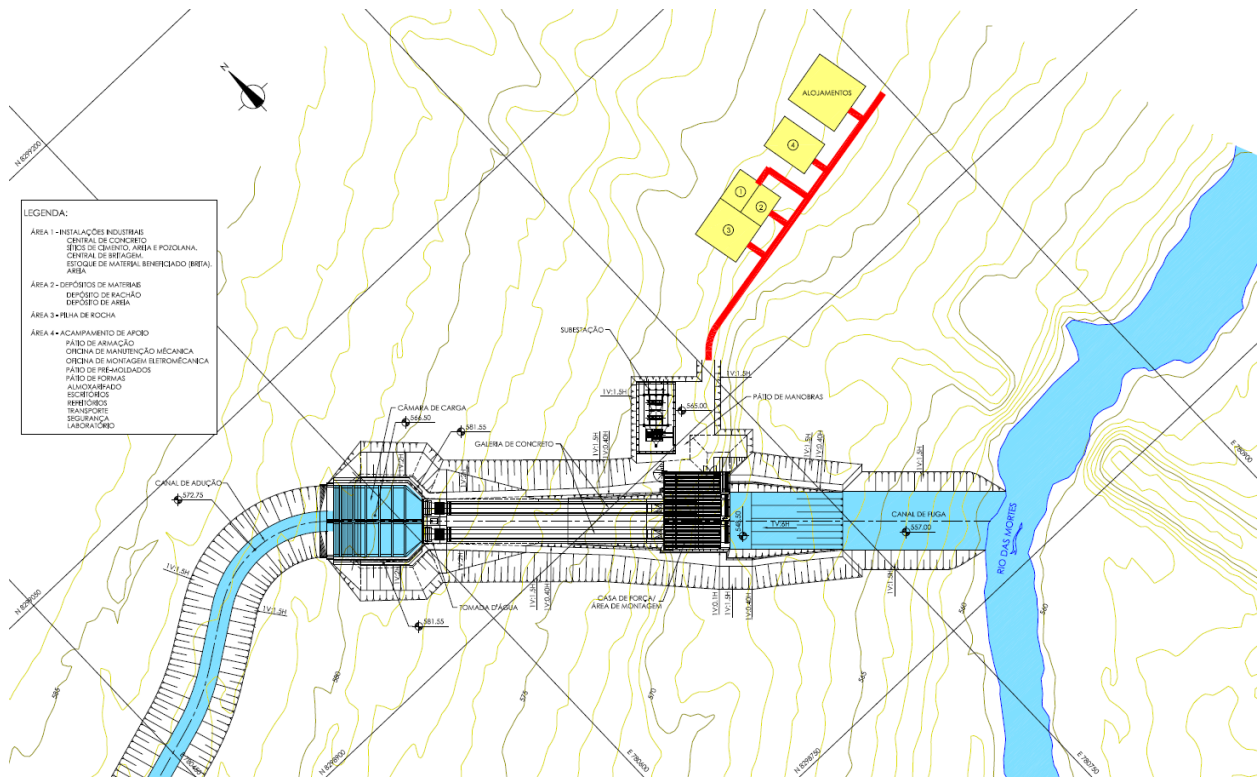
A distância aproximada entre o início do canal de adução e o circuito de geração é de 3,5 km, considerando o traçado aproximado de uma estrada já construída na margem esquerda do rio das Mortes, adjacente à mata nativa, que poderá ser utilizada como interligação dos dois pontos aqui referidos. O referido acesso precisa de importantes intervenções para melhorias em suas condições de trafegabilidade, principalmente nos seus trechos iniciais, próximo ao local previsto para implantação do futuro barramento. Para o acesso à margem direita do rio, na região prevista para implantação do barramento, a estrada de acesso à PCH Primavera poderá ser utilizada em parte de seu traçado, devendo ser prevista a abertura de trecho adicional de estrada, em meio à mata ainda preservada, para a chegada ao tramo direito do futuro barramento.

A Figura 14-2 apresenta um detalhe esquemático do futuro canteiro de obras proposto para a construção da usina.





**Figura 14-1: PCH Vila União – Acessos ao sítio de implantação (Fonte: Google Earth – Imagem 2016)**



**Figura 14-2: PCH Vila União – Canteiro de obras proposto**

O acesso à casa de força foi previsto por um trecho de estrada a ser construída ligando o canteiro de obras e a estrutura de geração, com aproximadamente 150 m de extensão, conforme pode ser visto na Figura 14-2.

## 14.2. Logística

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 no município de Primavera do Leste/MT, o qual possui razoável infraestrutura urbana, comércio e serviços. Um pouco mais distante, há as opções dos municípios de Rondonópolis/MT e da capital do estado, Cuiabá/MT.

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 principais alternativas para o fornecimento de cimento ao canteiro de obras são:

### VOTORANTIM

- CUIABÁ/MT – Rodovia MT-401 km 14,4, Fazenda Bela Vista; Bairro: Zona Rural; Distrito do Aguaçu; Cuiabá/MT; CEP: 78.018-000; Fone: (65) 3637-6766;
- NOBRES/MT – Rodovia BR-163/364 km 480,5; Bairro: Pinhal; Nobres/MT; CEP: 78.460-000; Fone: (65) 3376-4417.

O suprimento de produtos siderúrgicos poderá ser realizado a partir da cidade de Cuiabá/MT, indicando como potenciais fornecedores para a obra as indústrias de aços GERDAU e ARCELORMITTAL.

O transporte do cimento e dos produtos siderúrgicos deverá ser efetuado por via rodoviária, até o local do aproveitamento, transitando-se por estradas ora pavimentadas, ora sem pavimentação.

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 Vila União, 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, deverão ser utilizadas as rochas oriundas de pedreiras comerciais e/ou de jazidas a serem oportunamente mapeadas e exploradas.

A areia natural, necessária para complementar o traço de concreto, será adquirida em exploração comercial existente na cidade de Poxoréo, localizada a aproximadamente 120 km do local da obra.

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 Engenharia do Proprietário deverá gerenciar as interfaces que ocorrerão entre as atividades do empreiteiro das obras civis e as do empreiteiro de montagem dos equipamentos eletromecânicos.

A água necessária para abastecimento dos canteiros será proveniente de poços profundos, nascentes locais ou do abastecimento de água local. Caso sejam necessárias, serão previstas estações de tratamento de água (ETA's) 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 das Mortes 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.

---

### 14.3. Canteiro e Alojamentos

---

#### 14.3.1. Canteiro de Obras

---

O canteiro de obras possui uma localização estratégica, proporcionando uma boa distribuição dos materiais para a obra. Está situado na margem esquerda do rio, em região próxima à estrutura da tomada d'água e da casa de força. Este canteiro terá a função primordial de atender todas as escavações e concretagem das estruturas da usina e será composto por instalações industriais, depósito de materiais e acampamento de apoio, conforme indicado na Figura 14-2.

Adicionalmente, terá instalações apropriadas para o recebimento e montagens dos equipamentos eletromecânicos, dispo de central de concreto, almoxarifado e oficina mecânica de apoio.

#### 14.3.2. Alojamentos

---

A acomodação do pessoal envolvido com a construção da obra será em alojamentos construídos na margem esquerda, próxima ao canteiro. Além dos alojamentos, estão previstos escritórios, cozinha e refeitório, enfermaria, área de lazer, chaperia e outros.

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 200 pessoas no período máximo e 50 pessoas no período mínimo.

Na **Ilustração 92** é apresentado o desenho da localização do canteiro e dos alojamentos.

## 15. CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO

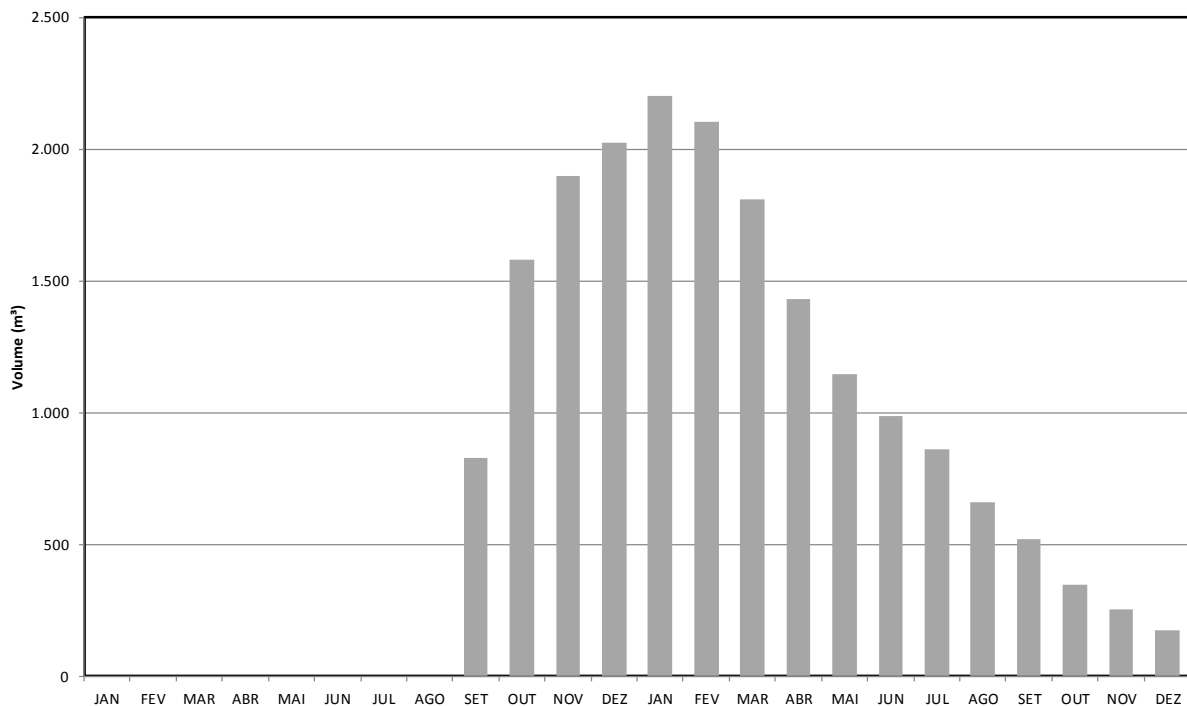
A PCH Vila União deverá ser construída em 23 meses, com os seguintes marcos principais:

- Início efetivo das obras.....abril do Ano 01
- Desvio do rio ..... junho do Ano 02
- Início do enchimento do reservatório .....dezembro do Ano 02
- Entrada em operação comercial da 1ª unidade .....janeiro do Ano 03
- Entrada em operação comercial da 2ª unidade ..... março do Ano 03

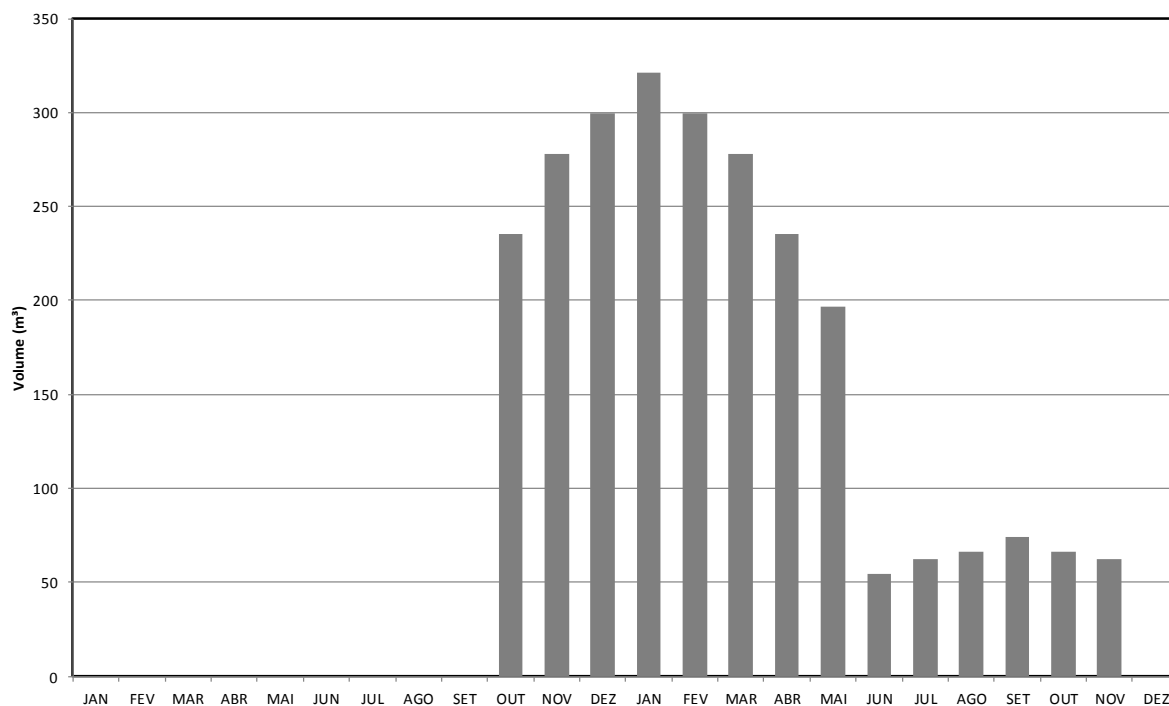
A **Ilustração 93** apresenta, de forma sucinta, o cronograma das principais atividades a serem desenvolvidas e os desembolsos anuais previstos para a construção.

De posse do cronograma físico-financeiro, com os respectivos desembolsos mensais, foram estimados os juros durante a construção (JDC) do aproveitamento, que valeram **8,7%**, inseridos no Orçamento Padrão Eletrobrás – OPE.

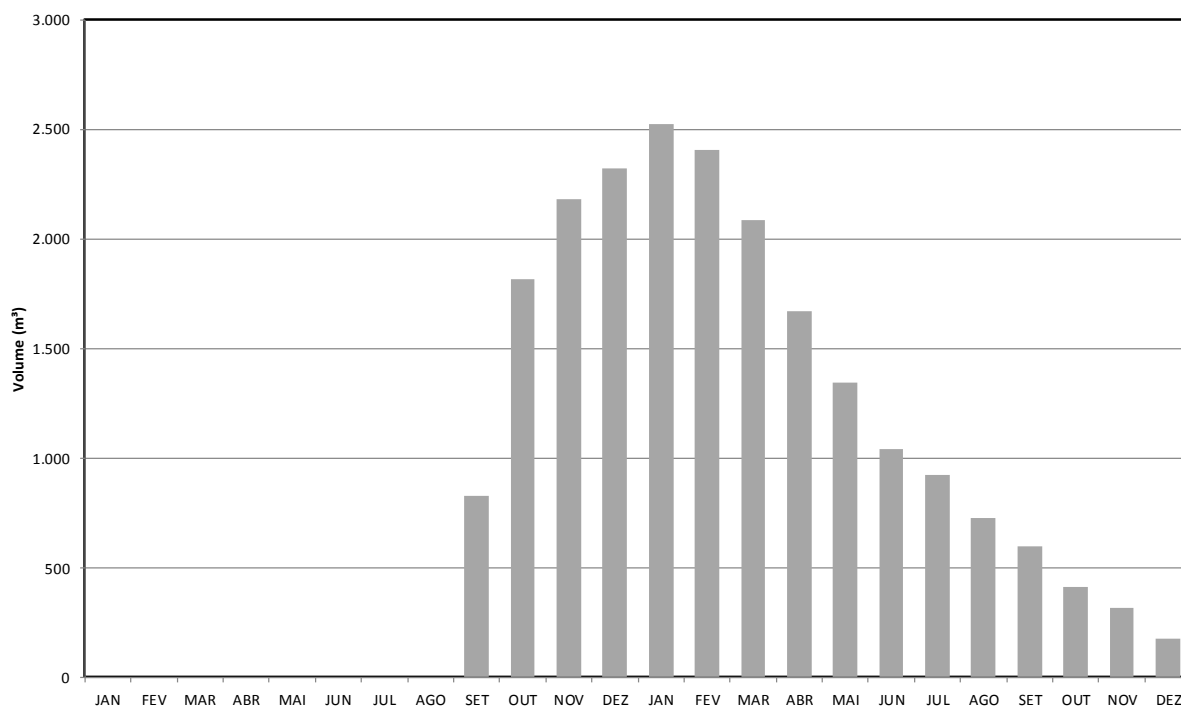
As figuras seguintes apresentam os histogramas de consumo de concreto, escavações obrigatórias e de aterro para a execução do empreendimento.



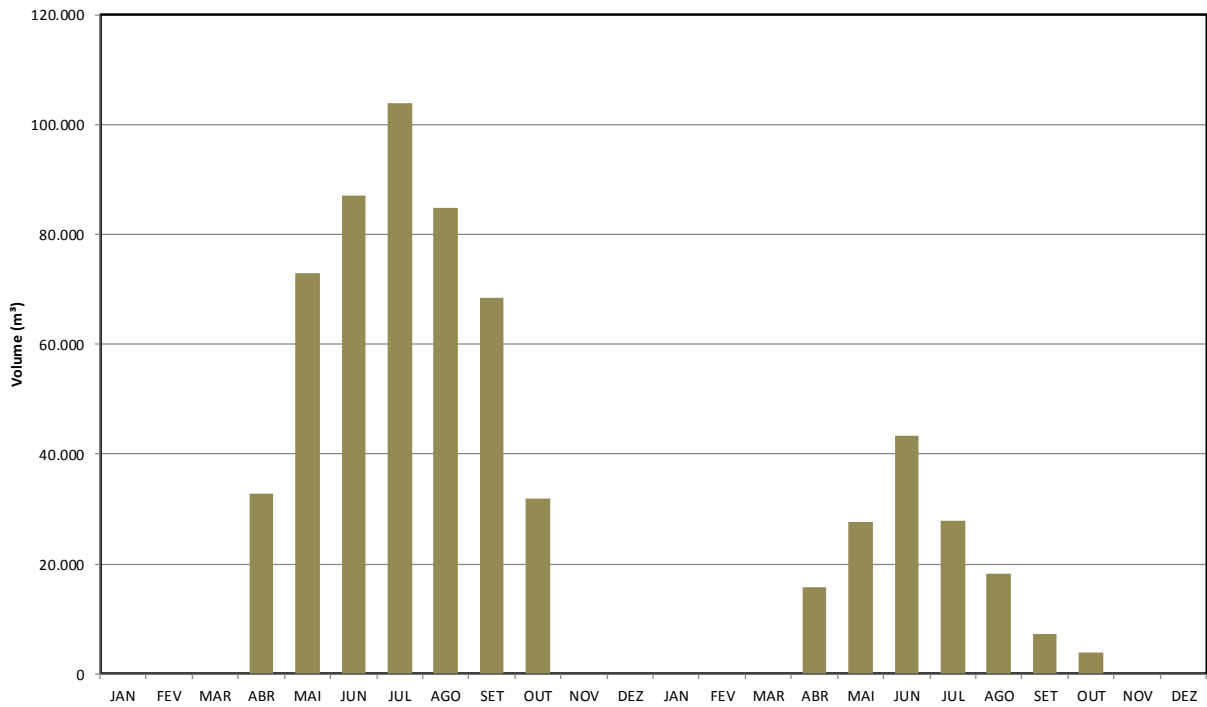
**Figura 15-1: Histograma de consumo de concreto estrutural**



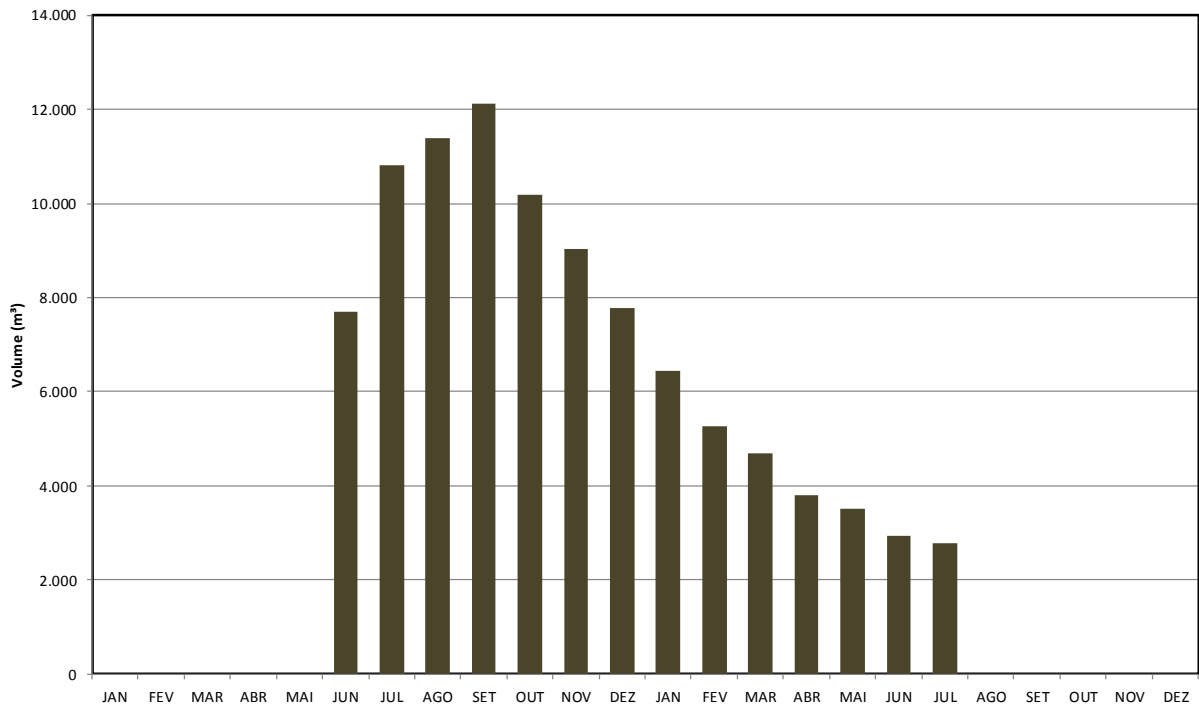
**Figura 15-2: Histograma de consumo de concreto massa**



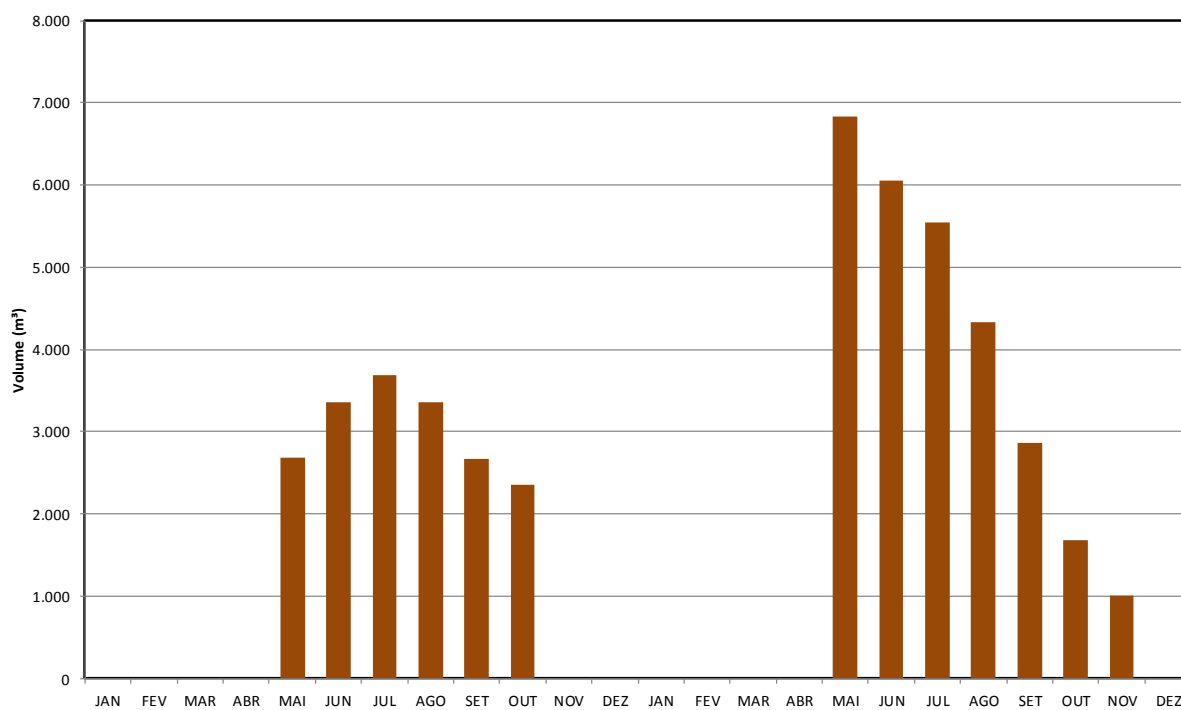
**Figura 15-3: Histograma de consumo de concreto (total)**



**Figura 15-4: Histograma de escavação comum**



**Figura 15-5: Histograma de escavação em rocha a céu aberto**



**Figura 15-6: Histograma de aterro**



## 16. ORÇAMENTO PADRÃO ELETROBRÁS

O custo de implantação da PCH Vila União 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 16-1 apresenta o resumo das quantidades de obras civis levantadas para a composição do orçamento final do empreendimento.

**Tabela 16-1: Resumo das quantidades (obras civis)**

Item	Quantidade	Un.
<b>Concreto estrutural + Concreto massa</b>	<b>21.356</b>	<b>m³</b>
Cimento	6.844	†
Concreto sem cimento (estrutural)	18.827	m³
Concreto massa	2.529	m³
Armadura	1.221	†
<b>Concreto projetado</b>	<b>1.200</b>	<b>m³</b>
<b>Escavação</b>		
Comum	614.711	m³
Em rocha a céu aberto	98.448	m³
<b>Aterro</b>	<b>30.030</b>	<b>m³</b>

Para a implantação do aproveitamento será necessário um volume de concreto da ordem de 22.000 m³, com uma relação de aproximadamente 1.200 m³/MW instalado, considerada normal para o porte do empreendimento.

Os volumes de escavação em solo foram normais para o porte do empreendimento, sendo que aproximadamente 85% deste valor foram destinados às escavações no canal de adução.

Os volumes de escavação em rocha foram considerados normais, com o canal de adução e câmara de carga responsáveis por aproximadamente 50% do valor global.

Por fim, os volumes de aterro foram considerados pequenos, em função dos pequenos trechos de barragem de terra e das pequenas ensecadeiras previstas.

A Tabela 16-2 apresenta o resumo do OPE gerado para a PCH Vila União, 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 16-2: OPE – Resumo das Contas**

Conta	Valor (R\$ $\times$ 10 <sup>3</sup> )	Valor (US\$ $\times$ 10 <sup>3</sup> )	% do Custo Direto	% do Custo Total
.10	3.047,56	777,84	3,48%	2,68%
.11	9.879,57	2.521,58	11,30%	8,69%
.12	40.145,81	10.246,50	45,90%	35,33%
.13	27.401,19	6.993,67	31,33%	24,11%
.14	3.721,85	949,94	4,26%	3,28%
.15	3.269,61	834,51	3,74%	2,88%
.16				
<b>Custo Direto</b>	<b>87.465,59</b>	<b>22.324,04</b>	<b>100,00%</b>	<b>76,97%</b>
Custos Indiretos	8.107,31	2.069,25	9,27%	7,13%
<b>Custo Total sem Juros</b>	<b>95.572,90</b>	<b>24.393,29</b>		<b>84,10%</b>
JDC	8.314,84	2.122,22		7,32%
<b>Custo Total</b>	<b>103.887,74</b>	<b>26.515,50</b>		<b>91,42%</b>
Subestação	2.415,39	616,48		2,13%
Linha de transmissão	7.339,00	1.873,15		6,46%
<b>Custo Total da Usina</b>	<b>113.642,12</b>	<b>29.005,14</b>		<b>100,00%</b>

Os custos também podem ser divididos da seguinte forma:

Obras Civis:	45.863,65	40,36%
Equipamentos Eletromecânicos:	38.554,38	33,93%
Meio Ambiente:	3.047,56	2,68%
Outros Custos:	-	-
<b>Custo Direto Total:</b>	<b>87.465,59</b>	<b>76,97%</b>
Custos Indiretos:	8.107,31	7,13%
<b>Custo Total sem JDC:</b>	<b>95.572,90</b>	<b>84,10%</b>
Custo Total com JDC:	103.887,74	91,42%
Sistema de Transmissão Associado:	9.754,39	8,58%
<b>Custo Total com Sistema de Transmissão:</b>	<b>113.642,12</b>	

O Orçamento Padrão ELETROBRÁS (OPE) da PCH Vila União é apresentado no Capítulo 20 deste relatório.

## 17. AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA DO EMPREENDIMENTO

A inclusão na matriz energética nacional da PCH Vila União, 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\$ 113.642.120,00 (cento e treze milhões, seiscentos e quarenta e dois mil, cento e vinte reais), referenciados a setembro de 2015. 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\$ 95.572.900,00
- Custo total da Usina, com juros durante a construção ..... R\$ 103.887.740,00
- Custo do Sistema de Transmissão (SE + LT) ..... R\$ 9.754.390,00
- Custo total da Usina ..... R\$ 113.642.120,00
- Garantia Física Estimada..... 12,07 MW médios
- Custo de Operação e Manutenção (O&M) ..... R\$ 1.268.800,00/ano
- Custo Total (com O&M) ..... R\$ 124.015.190,00
- Taxa de Juros ..... 12% ao ano
- Período da Autorização ..... 35 anos
- Custo Total Anual ..... R\$ 15.169.120,00
- Índice Custo/Benefício (ICB) ..... R\$ 143,47/MWh
- Custo Índice ..... 6.313 R\$/kW

O custo para implantação do empreendimento, que tem uma expectativa de Garantia Física estimada em 12,1 MW médios, proporcionada pelos 18,0 MW instalados, resultou num índice de mérito de 144 R\$/MWh e custo de instalação de 6.300 R\$/kW.

Tendo como cenário atual tarifas no ACR para empreendimentos hidrelétricos de pequeno porte, verifica-se boa possibilidade de implantação da PCH Vila União, tornando-o prioritário no planejamento de expansão da capacidade de geração brasileira.

Para as próximas fases dos estudos, recomenda-se que sejam iniciadas as tratativas com os fornecedores de equipamentos, objetivando a redução de custos do empreendimento.

---

## **18. FICHA TÉCNICA PADRÃO ANEEL**

---

A ficha técnica da PCH Vila União, no padrão ANEEL, é apresentada a seguir.

## 19. PARTICIPANTES DOS ESTUDOS

Engº Danilo Jorge Santos	Gerente de Contrato, Responsável Técnico Geral, 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, Coordenação Geral, Estudos Hidráulicos, Dimensionamentos e Arranjos
Engª Camila Santos Bueno da Silva	Responsável Técnico Geral, Coordenação, Estudos Hidráulicos, Arranjos, Custos e Orçamentos
Engº Celso Rubens Vareta	Estudos Hidráulicos, Geotécnicos, Planejamento, Arranjos e Custos
Engº Joaquim Roriz da Silva	Estudos Hidrometeorológicos
Engº Rodrigo Gomes Otsuki	Estudos Hidráulicos, Arranjos, Custos e Orçamentos
Engº Leonardo Faria de Castro	Estudos Hidráulicos, Dimensionamentos, Arranjos, Custos e Orçamentos
Engª Gustavo Barros Rocha	Dimensionamentos, Arranjos e Custos
Geól. José Frederico Büll	Estudos Geológicos
Engº José Carlos de Araújo Silva	Estudos Elétricos e de Interligação
Engº Bruno Resende de Araújo	Estudos Elétricos e de Interligação
Engº Shinichi Ono	Estudos Geotécnicos
Engº Felipe Marçal Barbosa de Melo Gois	Estudos Geotécnicos
Proj. Heron Piassi Pimenta	Arranjos
Proj. Miguel Angel Pettengill	Arranjos
Proj. João Ricardo Xavier	Arranjos
Proj. Eduardo Henrique Araújo Cavalcante	Arranjos

---

Proj. Paulo César de Souza	Desenhos de Estruturas
Proj. Walter Yasuo Otsuki	Desenhos de Estruturas
Proj. Rodrigo César de Oliveira Santos	Desenhos de Estruturas
Proj. Nayguel Andrys	Desenhos
Proj. Iata Anderson Paes de Almeida	Desenhos
Aneclides Maria Marques	Administrativo e Qualidade
Sandra Sousa	Administrativo e Qualidade
SAI – Serviços Aéreos Industriais Ltda.	Perfilamento Laser
Vértice Topografia	Levantamentos topográficos complementares
Preserve D.D. Prestadora de Serviços Ltda.	Estudos Ambientais
NACON Sondagens	Investigações Geológico-Geotécnicas
Nacional Energia Ltda.	Serviços de Hidrometria

---

## 20. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Os seguintes desenhos complementam este memorial descritivo:

Ilustração e Descrição	Número
1. Mapa de Localização e Acessos	PR145/14-DE-40020
2. Perfil da Linha d'Água do Rio das Mortes	PR145/14-DE-40021
3. Rio das Mortes – Divisão de Queda	PR145/14-DE-40022
4. Bacia Hidrográfica do Rio das Mortes – Localização dos Postos Fluviométricos	PR145/14-DE-40023
5. Áreas de Drenagem dos Postos Fluviométricos	PR145/14-DE-40024
6. Mapa de Isoeitas	PR145/14-DE-40025
7. Características Climatológicas	PR145/14-DE-40026
8. Características do Escoamento Fluvial	PR145/14-DE-40027
9. Mapa Geológico Regional	PR145/14-DE-40028
10. Mapa Geomorfológico Regional	PR145/14-DE-40029
11. Alternativas Estudadas	PR145/14-DE-40030
12. Arranjo Geral – Alternativa 1 – Planta	PR145/14-DE-40031
13. Arranjo Geral – Alternativa 1 – Detalhes	PR145/14-DE-40032
14. Arranjo Geral – Alternativa 2 – Planta	PR145/14-DE-40033
15. Arranjo Geral – Alternativa 2 – Detalhes	PR145/14-DE-40034
16. Arranjo Geral – Alternativa 3 – Planta	PR145/14-DE-40035
17. Arranjo Geral – Alternativa 3 – Detalhes	PR145/14-DE-40036
18. Estruturas do Barramento – Alternativa 1 – Seções Típicas	PR145/14-DE-40037
19. Estruturas do Barramento – Alternativa 2 – Seções Típicas	PR145/14-DE-40038
20. Estruturas do Barramento – Alternativa 3 – Seções Típicas	PR145/14-DE-40039
21. Circuito de Geração – Alternativa 1 – Seção Típica	PR145/14-DE-40040
22. Circuito de Geração – Alternativas 2 e 3 – Seção Típica	PR145/14-DE-40041
23. Mapa Geológico Local e Localização das Investigações Geológico-Geotécnicas	PR145/14-DE-40042
24. Seção Geológico-Geotécnica – Barramento	PR145/14-DE-40043
25. Seção Geológico-Geotécnica – Canal de Desvio	PR145/14-DE-40044
26. Seção Geológico-Geotécnica – Canal de Adução – Fl. 1/3	PR145/14-DE-40045
27. Seção Geológico-Geotécnica – Canal de Adução – Fl. 2/3	PR145/14-DE-40046
28. Seção Geológico-Geotécnica – Canal de Adução – Fl. 3/3	PR145/14-DE-40113
29. Seção Geológico-Geotécnica – Circuito de Geração	PR145/14-DE-40047
30. Sondagens – Mini-Logs – Detalhes	PR145/14-DE-40048
31. Áreas de Bota-Fora	PR145/14-DE-40049
32. Levantamento Planialtimétrico	PR145/14-DE-40050
33. Localização das Seções Topobatimétricas - Planta	PR145/14-DE-40051
34. Seção Topobatimétrica 01	PR145/14-DE-40052
35. Seção Topobatimétrica 02	PR145/14-DE-40053
36. Seção Topobatimétrica 03	PR145/14-DE-40054
37. Reservatório – Planta e Curvas Características	PR145/14-DE-40055
38. Estudos de Vento – Traçado do "Fetch"	PR145/14-DE-40056
39. Arranjo Geral – Planta	PR145/14-DE-40057



<b>Ilustração e Descrição</b>	<b>Número</b>
40. Estruturas de Barramento e Desvio – Planta	PR145/14-DE-40058
41. Circuito de Geração – Planta	PR145/14-DE-40059
42. Canal de adução – Planta FL.1/7	PR145/14-DE-40060
43. Canal de adução – Planta FL.2/7	PR145/14-DE-40061
44. Canal de adução – Planta FL.3/7	PR145/14-DE-40062
45. Canal de adução – Planta FL.4/7	PR145/14-DE-40069
46. Canal de adução – Planta FL.5/7	PR145/14-DE-40073
47. Canal de adução – Planta FL.6/7	PR145/14-DE-40080
48. Canal de adução – Planta FL.7/7	PR145/14-DE-40081
49. Sequência Construtiva das Obras Cíveis – Plantas	PR145/14-DE-40063
50. Elementos Geométricos para Localização das Estruturas – Planta – Fl. 1/2	PR145/14-DE-40064
51. Elementos Geométricos para Localização das Estruturas – Planta – Fl. 2/2	PR145/14-DE-40065
52. Localização das Estruturas de Concreto – Vertedouro, Barragem de Concreto e Tomada de Controle – Seções típicas	PR145/14-DE-40066
53. Desvio do Rio – 1ª Fase – Obras de Terra – Planta	PR145/14-DE-40067
54. Desvio do Rio – 2ª Fase – Obras de Terra – Planta	PR145/14-DE-40068
55. Desvio do Rio – Obras de Concreto – Planta, Cortes e Detalhes	PR145/14-DE-40070
56. Desvio do Rio – Obras de Concreto – Perspectiva	PR145/14-DE-40071
57. Tomada d'Água de Controle – Plantas, Cortes e Seção Transversal	PR145/14-DE-40072
58. Seção Longitudinal Pelo Eixo de Barramento e Canal de Adução – Seções Típicas	PR145/14-DE-40074
59. Obras de Concreto – Câmara de Carga – Planta e Cortes	PR145/14-DE-40111
60. Obras de Concreto – Câmara de Carga – Perspectiva	PR145/14-DE-40112
61. Circuito de Geração – Planta	PR145/14-DE-40075
62. Circuito de Geração – Corte	PR145/14-DE-40076
63. Circuito de Geração – Escavação – Planta e Seções	PR145/14-DE-40077
64. Tomada d'Água – Plantas, Corte e Seção Transversal	PR145/14-DE-40078
65. Tomada d'Água – Perspectiva	PR145/14-DE-40079
66. Casa de Força – Planta El. 565,00 – 555,50 m	PR145/14-DE-40082
67. Casa de Força – Planta El. 560,00 – 555,50 m	PR145/14-DE-40083
68. Casa de Força – Planta El. 552,00 m	PR145/14-DE-40084
69. Casa de Força – Planta Cobertura	PR145/14-DE-40085
70. Casa de Força – Corte A	PR145/14-DE-40086
71. Casa de Força – Corte B	PR145/14-DE-40087
72. Casa de Força – Corte C	PR145/14-DE-40088
73. Casa de Força – Corte D	PR145/14-DE-40089
74. Casa de Força – Corte E	PR145/14-DE-40090
75. Casa de Força – Corte F	PR145/14-DE-40091
76. Casa de Força – Perspectiva	PR145/14-DE-40092
77. Casa de Força – Seção Transversal – Arranjo Eletromecânico	PR145/14-DE-40093
78. Casa de Força – Arranjo Eletromecânico – Planta El. 560,00 – 555,50 m	PR145/14-DE-40094
79. Casa de Força – Arranjo Eletromecânico – Planta El. 565,00 – 555,50 m	PR145/14-DE-40095
80. Sistema de Drenagem – Fluxograma	PR145/14-DE-40096
81. Sistema de Água de Resfriamento e de Serviço – Fluxograma	PR145/14-DE-40097

<b>Ilustração e Descrição</b>	<b>Número</b>
82. Sistema de Esvaziamento e Enchimento – Fluxograma	PR145/14-DE-40098
83. Sistema de Ar Comprimido de Serviço – Fluxograma	PR145/14-DE-40099
84. Sistema de Medições Hidráulicas – Fluxograma	PR145/14-DE-40100
85. Sistema de Proteção e Medição – Diagrama Unifilar	PR145/14-DE-40101
86. Serviços Auxiliares de CA – Diagrama Unifilar	PR145/14-DE-40102
87. Serviços Auxiliares de CC – Diagrama Unifilar	PR145/14-DE-40103
88. Sistema Digital de Supervisão e Controle – Arquitetura Geral Simplificada	PR145/14-DE-40104
89. Sistema de Telecomunicações – Diagrama de Blocos	PR145/14-DE-40105
90. Subestação Elevadora 138 kV – Arranjo Geral – Planta e Corte	PR145/14-DE-40106
91. Sistema Elétrico – Linha de Transmissão e Diagrama Unifilar Simplificado	PR145/14-DE-40107
92. Obras de Infraestrutura – Planta	PR145/14-DE-40109
93. Cronograma Físico-Financeiro	PR145/14-DE-40110

---

## 21. 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.