

**CLIENTE:**



**Statkraft**

**TÍTULO:**

**PROJETO BÁSICO  
PCH CANOAS**

**OBJETO:**

**NÚMERO:**

**VOLUME I  
RELATÓRIO TÉCNICO  
Outubro/2018**

**3857-SCA-2G-RTGE-001-02-18**

2	12/11/2018	Comentários SKER	RDO/CLB/EMW	RDO	NDL
1	08/11/2018	Rev. Geologia Local e Equip. Mec.	RDO/MMD	RDO	NDL
0	31/10/2018	Emissão inicial	RDO/RKN/MMD/CRK/ELR/CLB	RDO	NDL
<b>Revisão</b>	<b>Data</b>	<b>Objeto da revisão</b>	<b>Redação</b>	<b>Verificado</b>	<b>Aprovado</b>

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>19</b>
<b>2</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>20</b>
2.1	Objetivo dos Estudos.....	20
2.2	Institucional .....	20
2.2.1	Breve Histórico do Setor Elétrico Brasileiro.....	20
2.2.2	Agentes do Setor Elétrico Brasileiro .....	20
2.2.3	Ambientes de Contratação.....	26
2.3	Classificação Institucional .....	27
2.4	Estudos Anteriores .....	28
2.5	Localização e acessos .....	30
2.6	Critérios Básicos de Projeto .....	32
2.6.1	Critérios Gerais .....	32
2.6.2	Critérios Hidrológicos e Hidráulicos .....	33
2.6.3	Critérios Geológicos e Geotécnicos.....	34
2.6.4	Critérios de Arranjo .....	36
2.6.5	Critérios Energético-Econômicos.....	37
2.6.6	Critérios Estruturais.....	38
<b>3</b>	<b>SUMÁRIO DAS PRINCIPAIS CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>43</b>
3.1	Conclusões.....	43
3.2	Recomendações .....	44
<b>4</b>	<b>LEVANTAMENTOS DE CAMPO.....</b>	<b>45</b>
4.1	Topografia .....	45
4.1.1	Marco Base .....	45
4.1.2	Marcos das Estruturas .....	46
4.1.3	Marcos de Apoio .....	46
4.1.4	Levantamento Batimétricos e Planialtimétrico Cadastral .....	47
4.1.5	Perfis Simultâneos de Nível de Água .....	48
4.1.6	Localização Investigações Geológicas .....	49
4.2	Cartografia.....	51
4.3	Hidrometria .....	52
4.4	Investigações Geológicas.....	53
4.4.1	Investigações Geofísicas .....	54
4.4.2	Investigações Mecânicas.....	55
<b>5</b>	<b>ESTUDOS BÁSICOS.....</b>	<b>60</b>
5.1	Estudos Hidrometeorológicos.....	60
5.1.1	Caracterização Fisiográfica.....	60
5.1.2	Climatologia.....	64
5.1.3	Pluviometria.....	79
5.1.4	Fluviometria.....	89
5.1.5	Estudos do Reservatório.....	128
5.1.6	Hidrossedimentologia.....	132

5.2	Estudos Geológicos – Geotécnicos.....	140
5.2.1	Geomorfologia.....	140
5.2.2	Geologia Regional.....	145
5.2.3	Processos Minerários.....	162
5.2.4	Solos .....	169
5.2.5	Geologia Local .....	171
5.3	Estudos Hidráulicos.....	191
5.3.1	Estudos de Remanso.....	191
5.3.2	Desvio do Rio.....	209
5.3.3	Dispositivos de Descarga de Cheias .....	214
5.3.4	Borda Livre.....	216
5.3.5	Circuito Hidráulico de Geração .....	216
5.3.6	Vazão Remanescente.....	219
5.4	Estudos Energéticos .....	220
5.4.1	Dados Básicos .....	220
5.4.2	Características Energéticas e Econômicas .....	223
<b>6</b>	<b>ESTUDOS DE ALTERNATIVAS .....</b>	<b>225</b>
6.1	Etapa A – Alternativas de Eixo.....	226
6.2	Etapa B – Alternativas de Reservatório.....	230
6.2.1	Premissas.....	230
6.2.2	Simulações Energéticas e Motorização.....	230
6.2.3	Orçamento Padrão Eletrobrás .....	233
6.2.4	Conclusão .....	235
6.3	Etapa C – Alternativas de Arranjo do Barramento .....	236
6.3.1	Alternativas Estudadas .....	236
6.3.2	Estudo de Orçamento das Alternativas .....	239
6.3.3	Conclusão .....	244
6.4	Etapa D – Alternativas de Circuito de Geração.....	244
6.4.1	Alternativas Estudadas .....	244
6.4.2	Perda de carga no circuito de geração .....	248
6.4.3	Estudo de Orçamento das Alternativas .....	251
6.4.4	Estudo Energético entre as Alternativas.....	251
6.4.5	Estudo Benefício/Custo Incremental.....	252
6.5	Etapas E e F – Alternativas de Número de Unidades e Motorização .....	253
6.5.1	Etapa E – Alternativas de Número de Unidades .....	253
6.5.2	Etapa F – Alternativas de Potência (Motorização).....	257
6.6	Conclusão .....	261
<b>7</b>	<b>DESCRIÇÃO DAS ESTRUTURAS DO APROVEITAMENTO .....</b>	<b>262</b>
7.1	Concepção Geral do Projeto .....	262
7.2	Reservatório .....	264
7.3	Desvio do Rio .....	266
7.3.1	Cheias de Projeto e Proteções Adotadas .....	266
7.3.2	Desvio Barramento – Primeira Fase.....	267
7.3.3	Desvio Barramento – Segunda Fase.....	267

7.4	Barragem.....	268
7.5	Dispositivos de Descarga de Cheias.....	269
7.6	Circuito Hidráulico de Geração.....	270
7.6.1	Tomada d'água.....	270
7.6.2	Conduto forçado.....	271
7.6.3	Casa de força.....	271
7.6.4	Canal de Fuga.....	272
7.7	Equipamentos e Sistemas Mecânicos.....	272
7.7.1	Turbinas, Reguladores de Velocidade e Válvulas Borboleta.....	272
7.7.2	Condutos Forçados.....	275
7.7.3	Equipamentos Hidromecânicos.....	276
7.7.4	Equipamentos de Levantamento.....	284
7.7.5	Sistemas Mecânicos Auxiliares.....	288
7.8	Equipamentos e Sistemas Elétricos.....	294
7.8.1	Características Principais.....	294
7.8.2	Gerador e Equipamentos Associados.....	295
7.8.3	Cubículos de 13,8 kV.....	297
7.8.4	Sistema de Supervisão, Controle e Proteção da usina.....	298
7.8.5	Sistemas Auxiliares Elétricos.....	300
7.8.6	Sistema de telecomunicações.....	302
7.8.7	Circuito fechado de TV (CFTV).....	302
7.8.8	Sistema de aterramento, iluminação, tomadas e vias de cabos.....	303
7.9	Subestação elevadora.....	305
7.9.1	Características Principais.....	305
7.9.2	Transformador Elevador.....	305
7.9.3	Disjuntor – 138 kV.....	306
7.9.4	Chave seccionadora tripolar – 138 kV.....	307
7.9.5	Transformadores de potencial – 138 kV.....	307
7.9.6	Transformadores de corrente – 138 kV.....	307
7.9.7	Para-raios – 120 kV.....	308
7.10	Linha de Transmissão – 138 kV.....	308
7.11	Conexão ao SIN - SE Curitiba Área Industrial.....	308
<b>8</b>	<b>INFRA-ESTRUTURA E LOGÍSTICA.....</b>	<b>311</b>
8.1	Acessos.....	311
8.2	Canteiro de Obras.....	311
8.3	Mobilização da Mão de Obra.....	311
8.4	Suprimentos.....	311
8.4.1	Concreto.....	311
8.4.2	Cimento.....	312
8.4.3	Agregados.....	312
8.4.4	Aços Longos.....	312
8.4.5	Combustíveis e Lubrificantes.....	312
8.4.6	Carpintaria.....	312
8.4.7	Materiais Explosivos.....	312
8.5	Energia Elétrica e Comunicação.....	312
<b>9</b>	<b>PLANEJAMENTO DA CONSTRUÇÃO E CRONOGRAMA FÍSICO.....</b>	<b>314</b>



---

9.1	Aspectos Gerais .....	314
9.2	Implantação do Canteiro de Obras e Acessos .....	314
9.3	Obras na Região do barramento .....	314
9.4	Obras no Circuito de Geração.....	315
9.4.1	Tomada de Água e Conduto Forçado.....	315
9.4.2	Casa de Força.....	315
9.5	Previsão de Área de Empréstimo.....	315
9.6	Histograma de Serviços de Mão de Obra .....	316
9.7	Cronograma do Empreendimento .....	318
<b>10</b>	<b>ORÇAMENTO PADRÃO ELETROBRAS.....</b>	<b>319</b>
10.1	Volumes Envolvidos na Obra .....	324
10.2	Resumo dos Custos .....	324
<b>11</b>	<b>FICHA TÉCNICA DO EMPREENDIMENTO.....</b>	<b>325</b>
<b>12</b>	<b>EQUIPE TÉCNICA.....</b>	<b>330</b>
<b>13</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>331</b>
<b>14</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>333</b>
<b>15</b>	<b>DADOS TÉCNICOS.....</b>	<b>334</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Agentes institucionais do setor elétrico brasileiros.....	21
Figura 2 – Principais rodovias de acesso a PCH Canoas e aos municípios vizinhos. ....	31
Figura 3 – Placa de identificação do marco de campo. ....	46
Figura 4 – Pontos batimétricos levantados em campo .....	48
Figura 5 – Leituras Simultâneas de NA .....	49
Figura 6 – Locação dos Caminhamentos Elétricos na Área de Estudo.....	51
Figura 7 – Área englobada pelo levantamento do estudo de inventário aprovado .....	52
Figura 8 – Execução do CE-11 na margem esquerda. Fonte: GEOENVI.....	54
Figura 9 – Execução do CE-12 na margem esquerda Fonte: GEOENVI.....	54
Figura 10 – Execução do CE-13 na margem esquerda Fonte: GEOENVI.....	54
Figura 11 – Execução do CE-14 na margem direita Fonte: GEOENVI .....	54
Figura 12 – Execução do CE-14 na margem direita Fonte: GEOENVI .....	54
Figura 13 – Execução do CE-14 na margem direita Fonte: GEOENVI .....	54
Figura 14 – Execução da SM-14 margem esquerda. Período de 21 a 23/07/18 Fonte: GH Sondagens .....	55
Figura 15 – Execução da SM-12 margem esquerda. Período de 24 a 26/07/18 Fonte: GH Sondagens .....	55
Figura 16 – Execução da SM-11 margem esquerda em 28/07/18 Fonte: GH Sondagens .....	56
Figura 17 – Execução da SM-13 margem esquerda. Período de 28 a 29/07/18 Fonte: GH Sondagens .....	56
Figura 18 – Execução da SM-15 margem esquerda. Período de 30 a 31/07/18 Fonte: GH Sondagens .....	57
Figura 19 – Execução da SM-16 margem direita em 31/07/18 Fonte: GH Sondagens .....	57
Figura 20 – Execução da SM-17 margem direita. Período de 31/07 a 02/08/18 Fonte: GH Sondagens .....	57
Figura 21 – Fotos em campo das caixas 1 a 6 dos testemunhos do furo SM-11 Fonte: GH Sondagens .....	58
Figura 22 –Fotos em campo das caixas 1 a 9 dos testemunhos do furo SM-12 Fonte: GH Sondagens .....	58
Figura 23 – Fotos em campo das caixas 1 a 3 dos testemunhos do furo SM-16 Fonte: GH Sondagens .....	59
Figura 24 – Determinação do fator de forma para duas bacias de mesma área .....	61

Figura 25 – Localização da Estação Pluviométrica Ponte Alta do Sul (HIDROWEB) .....	80
Figura 26 – Curva de Eficiência de Retenção de Sedimentos Segundo Churchill (IS em s <sup>2</sup> /ft).....	136
Figura 27 - Geomorfologia de Santa Catarina. Adaptado do Atlas Escolar de Santa Catarina (GAPLAN, 1986) .....	141
Figura 28 - Bacia Hidrográfica do rio Uruguai com Indicação da área de estudo. Fonte: Malha Municipal Digital do Brasil– IBGE. Caracterização da Região Hidrográfica do Uruguai .....	142
Figura 29 – Mapa geomorfológico da bacia do rio Canoas com indicação da PCH Canoas.....	145
Figura 30 - Mapa de distribuição da bacia do Paraná na América do Sul. Fonte: (QUINTAS et al., 1999) .....	147
Figura 31 - Mapa geológico simplificado da Bacia Sedimentar do Paraná com o contorno do embasamento. Fonte: (MILANI, 2004).....	147
Figura 32 – Mapa Geológico da bacia do rio Canoas. Adaptado (CPRM, 2014) .....	153
Figura 33 – Arcabouço estrutural da Bacia Sedimentar do Paraná. Fonte: (ZALÁN et al., 1990) ...	154
Figura 34 - Diagrama de roseta com as principais direções de lineamentos da bacia do rio Canoas .....	155
Figura 35 - Distribuição os eventos sísmicos na Placa Sul-Americana.....	156
Figura 36 – Distribuição das estações sismográficas instaladas no território nacional (Fonte IPT-USP) .....	157
Figura 37– Mapa do Brasil com a localização dos eventos sísmicos já registrados desde 1720 até agosto de 2013 (Fonte IPT-USP).....	158
Figura 38 - Localização das Estações Sismológicas na Região do Reservatório da UHE Itá (Fonte: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo).....	161
Figura 39 – Fases dos processos minerários existentes na bacia do rio Canoas. Fonte: DNPM, 2018 .....	165
Figura 40 – Processos minerários (substâncias) existentes na bacia do rio Canoas. Fonte: DNPM, 2018. ....	168
Figura 41 - Mapa de solos da bacia do Rio Canoas.....	169
Figura 42- Imagem aérea indicando os locais onde estão previstas as instalações das principais estruturas da usina. Fonte: Bing, 15/08/18 .....	171
Figura 43– Eixo do barramento PCH Canoas.....	172
Figura 44– Corredeira existente em basalto, basalto amigdaloidal e/ou brecha basáltica no local do eixo do barramento .....	172
Figura 45– Ombreira direita .....	172
Figura 46 – Blocos soltos e matacos na margem direita .....	173

Figura 47– Margem esquerda .....	173
Figura 48– Maciço basáltico da margem esquerda com a presença em menor quantidade de blocos soltos e matacos .....	173
Figura 49– Foto da margem direita no local em estudo. Em destaque a planície aluvionar/solo arenoso, blocos e matacos que ocorrem na margem.....	174
Figura 50– Foto da margem esquerda no local da PCH Canoas. Em destaque a planície aluvionar ocorre na margem, a jusante do eixo .....	174
Figura 51 – Imagem do caminhamento elétrico CE-14 contendo a interpretação geológica da seção, apresentando a indicação do local onde cruza o caminhamento SEÇÃO 3 e dos furos de sondagem projetados na seção com seus respectivos minilog.....	179
Figura 52 – Imagem do caminhamento SEÇÃO 3 contendo a interpretação geológica da seção, apresentando a indicação do local onde ocorre o cruzamento com o caminhamento CE-14 e do furo de sondagem projetado na seção com seu respectivo minilog.....	179
Figura 53 – Imagem do caminhamento SEÇÃO 5 contendo a interpretação geológica da seção, apresentando a indicação do local onde ocorre o cruzamento com o caminhamento CE-13 e do furo de sondagem projetado na seção com seu respectivo minilog.....	181
Figura 54 – Imagem do caminhamento elétrico CE-11 contendo a interpretação geológica da seção, apresentando a indicação do local onde cruza os caminhamentos SEÇÃO 5 e CE-12 e dos furos de sondagem projetados na seção com seus respectivos minilog.....	181
Figura 55 – Imagem do caminhamento CE-12 contendo a interpretação geológica da seção, apresentando a indicação do local onde ocorre o cruzamento com o caminhamento CE-11 e do furo de sondagem projetado na seção com seu respectivo minilog.....	181
Figura 56 – Imagem do caminhamento elétrico CE-13 contendo a interpretação geológica da seção, apresentando a indicação do local onde cruza o caminhamento SEÇÃO 5 e dos furos de sondagem projetados na seção com seus respectivos minilog.....	182
Figura 57 – Quantitativo dos graus de condutividade obtidos nos ensaios de permeabilidade. ....	184
Figura 58- Distribuição dos graus de condutividade obtidos nos ensaios de permeabilidade executados nas investigações da PCH Canoas .....	185
Figura 59- Distribuição dos graus de condutividade obtidos nos ensaios de permeabilidade executados nas investigações da margem direita da PCH Canoas.....	185
Figura 60- Distribuição dos graus de condutividade obtidos nos ensaios de permeabilidade executados no arenito da SM-04 na margem direita da PCH Canoas.....	186
Figura 61- Distribuição dos graus de condutividade obtidos nos ensaios de permeabilidade executados nas investigações da margem esquerda da PCH Canoas.....	186
Figura 62 - Diagrama de Roseta com as principais direções estruturais da bacia do rio Canoas ...	187
Figura 63 – Geometria do modelo unidimensional .....	193

Figura 64 – Eixo e localização das seções do modelo unidimensional – Trecho de jusante.....	194
Figura 65 – Eixo e localização das seções do modelo unidimensional – Trecho de montante .....	195
Figura 66 – Modelo bidimensional – Terreno do modelo matemático .....	196
Figura 67 – Calibragem seção S2 modelo unidimensional.....	197
Figura 68 – Local das medições de descarga líquida.....	198
Figura 69 – Calibragem modelo bidimensional – MD01 – $Q = 143,07 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	199
Figura 70 – Calibragem modelo bidimensional – MD02 – $Q = 30,14 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	200
Figura 71 – Local das medições de níveis de água simultâneos .....	201
Figura 72 – Calibragem modelo bidimensional – PF01 – $Q = 105 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	203
Figura 73 – Calibragem modelo bidimensional – PF02 – $Q = 45 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	204
Figura 74 – Curva de descarga canal de fuga PCH Canoas.....	207
Figura 75 – PCH Pery – Análise do nível de água no canal de fuga.....	208
Figura 76 – Desvio 1ª fase –Mapa de cores do nível de água e vetores de velocidade .....	210
Figura 77 – Desvio 1ª fase – Mapa de cores da velocidade do escoamento.....	211
Figura 78 – Desvio 2ª Fase – Mapa de cores do nível de água e vetores de velocidade.....	212
Figura 79 – Desvio 2ª Fase – Mapa de cores da velocidade do escoamento.....	213
Figura 80 – Vertedouros PCH Canoas – Curva de descarga.....	214
Figura 81 – Vazão de usos consuntivos – PCH Canoas .....	221
Figura 82 – Curva de rendimento da Kaplan Tubular S Jusante.....	222
Figura 83 – Sequência dos estudos de alternativas .....	225
Figura 84 – Eixo do barramento das 4 alternativas estudadas.....	226
Figura 85 – Alternativa A-I.....	228
Figura 86 – Alternativa A-II.....	228
Figura 87 – Alternativa A-III.....	229
Figura 88 – Alternativa A-IV .....	229
Figura 89 – Arranjo barramento Alternativa C-I .....	236
Figura 90 - Arranjo barramento Alternativa C-II.....	237
Figura 91 – Arranjo barramento Alternativa C-III .....	238
Figura 92 – Arranjo barramento Alternativa C-IV.....	238
Figura 93 – Alternativa D-I - circuito de geração.....	245
Figura 94 – Alternativa D-II - circuito de geração.....	246

---

Figura 95 – Alternativa D-III – circuito de geração.....	247
Figura 96 - Alternativa D-IV – circuito de geração .....	248
Figura 97 – Corredeira margem direita no eixo do barramento.....	263
Figura 98 – Corredeira margem direita – Vista de jusante .....	263
Figura 99 – Corredeira margem esquerda no eixo do barramento – Vista de jusante.....	263
Figura 100 – Platô de montante da corredeira – Vista de jusante.....	264
Figura 101 – Arranjo geral PCH Canoas – Vista de montante .....	264
Figura 102 – Curva cota área volume do reservatório.....	266
Figura 103 – Seção típica barragem de enrocamento.....	268
Figura 104 - Fluxo de Potência das Unidades Geradoras.....	275
Figura 105 – . Esquema de Conexão ao SIN - PCH Canoas - SE Curitiba.....	309
Figura 106 – Histograma mão de obra geral .....	316
Figura 107 – Histograma mão de obra obras civis .....	317
Figura 108 – Histograma mão de obra montagem eletromecânica.....	317
Figura 109 – Marcos principais do cronograma geral do empreendimento.....	318

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Temperatura Médias Mensal – Est. Climatológica Lages .....	67
Gráfico 2 - Temperaturas Máximas Diárias de Cada Mês - Estação Climatológica de Lages.....	69
Gráfico 3 - Temperaturas Mínimas Diárias de Cada Mês - Estação Climatológica de Lages.....	71
Gráfico 4 - Evaporação Total Mensal - Estação Climatológica de Lages.....	73
Gráfico 5 - Insolação Média e Máxima Diária - Estação Climatológica de Lages .....	75
Gráfico 6 - Umidade Relativa Média Mensal - Estação Climatológica de Lages.....	77
Gráfico 7 - Pressão Atmosférica Média Mensal - Estação Climatológica de Lages.....	79
Gráfico 8 - Precipitações Totais Mensais - Estação Pluviométrica Ponte Alta do Sul.....	83
Gráfico 9 - Precipitações Totais Anuais - Estação Pluviométrica Ponte Alta do Sul.....	83
Gráfico 10 - Número de Dias de Chuva - Estação Pluviométrica Ponte Alta do Sul.....	84
Gráfico 11 - Precipitações Máximas Totais Diárias Mensal - Estação Pluviométrica Ponte Alta do Sul .....	87
Gráfico 12 - Precipitações Máximas Totais Diárias de Cada Ano - Estação Pluviométrica Ponte Alta do Sul .....	87
Gráfico 13 - Precipitações de 1 dia Para Diferentes Tempos de Recorrência .....	88
Gráfico 14 - Ajuste das Distribuições aos Dados Históricos .....	88
Gráfico 15 - Curvas PDF - Estação Pluviométrica Ponte Alta do Sul .....	89
Gráfico 16 – Curvas de Descarga Est. Fluviom. Vila Canoas .....	93
Gráfico 17 – Curvas de Descarga Est. Fluviom. Rio Bonito .....	94
Gráfico 18 – Curvas de Descarga Est. Fluviom. Encruzilhada .....	95
Gráfico 19 – Curvas de Descarga Est. Fluviom. Encruzilhada II .....	96
Gráfico 20 – Curvas de Descarga Est. Fluviom. Encruzilhada II .....	97
Gráfico 21 – Curvas de Descarga Est. Fluviom. Ponte Alta do Sul.....	99
Gráfico 22 – Curvas de Descarga Est. Fluviom. Ponte Alta do Sul.....	100
Gráfico 23 – Curvas de Descarga Est. Fluviom. Passo Caru .....	101
Gráfico 24 – Curvas de Descarga Est. Fluviom. Passo Caru .....	102
Gráfico 25 – Curvas de Descarga Est. Fluviom. Passo Marombas.....	103
Gráfico 26 – Curvas de Descarga Est. Fluviom. Passo Marombas.....	105
Gráfico 27 - Flutuação de Vazões Médias Mensais (Década de 50).....	106
Gráfico 28 - Flutuação de Vazões Médias Mensais (Década de 60).....	106



---

Gráfico 29 - Flutuação de Vazões Médias Mensais (Década de 70).....	107
Gráfico 30 - Flutuação de Vazões Médias Mensais (Década de 80).....	107
Gráfico 31 - Flutuação de Vazões Médias Mensais (Década de 90).....	108
Gráfico 32 - Flutuação de Vazões Médias Mensais (Década de 00).....	108
Gráfico 33 - Flutuação de Vazões Médias Mensais (Década de 10).....	109
Gráfico 34 - Vazões Médias Mensais Características no Local do PCH Canoas .....	121
Gráfico 35 - Curva de Permanência Mensal – PCH Canoas.....	122
Gráfico 36 – PCH Canoas - Curva de Frequência de Cheias - Período Úmido e Seco – Barragem	126
Gráfico 37 – Ajuste das Distribuição as Vazões Mínimas de 7 dias para Diferentes Tempos de Recorrência .....	127
Gráfico 38 - Curva Cota X Área X Volume.....	129
Gráfico 39 - Tempo de Residência do Reservatório .....	130
Gráfico 40 - Tempo de Enchimento do Reservatório.....	131
Gráfico 41 - Curva - Chave de Descarga Sólida - Estação Fluviométrica Ponte Alta do Sul.....	134
Gráfico 42 - Vida Útil .....	139

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Critério Geométrico Para Escavações.....	35
Tabela 2 – Quantidade de processos minerários que ocorrem na bacia do rio Canoas, segundo SIGMINE (DNPM, 2018).....	163
Tabela 3 – Quantidade de fase de processos que ocorrem nos municípios inseridos na bacia do rio Canoas, segundo SIGMINE (DNPM, 2018).....	163
Tabela 4 – Quantidade de processos minerários relacionados às substâncias que ocorrem na bacia do rio Canoas, segundo SIGMINE (DNPM, 2018).....	165
Tabela 5 – Quantidade de fase de processos, em relação as substâncias, que ocorrem nos municípios inseridos na bacia do rio Canoas, segundo SIGMINE (DNPM, 2018). .....	167
Tabela 6 - Número de processos por uso informado.....	168
Tabela 7 – Resumo das sondagens mistas executadas (JUL/2018).....	175
Tabela 8 – Resumo das investigações executadas (JUL/2018).....	175
Tabela 9 – Locação das sondagens mistas executadas nos Estudos de Inventário <sup>1</sup> (NOV/2010)..	176
Tabela 10 – Locação dos caminhamentos elétricos executados nos Estudos de Inventário <sup>2</sup> (NOV/2010) .....	176
Tabela 11 – Locação das sondagens a trado executadas nos Estudos de Inventário <sup>3</sup> (OUT/2010) SONDAGENS A TRADO .....	176
Tabela 12 - Estratigrafia dos Derrames .....	177
Tabela 13 - Distribuição dos Ensaios de Perda de Água Executados.....	182
Tabela 14 - Resultados dos Ensaios Realizados.....	183

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Inventário Hidrelétrico rio Canoas – Desenvix – 2002 (El. 823 a 660 m).....	28
Quadro 2 – Inventário Hidrelétrico rio Canoas – S.C. Pimenta – 2011 (nascente a El. 780 m).....	29
Quadro 3 – Estudos de viabilidade UHE São Roque – Desenvix – 2011.....	30
Quadro 4 – Revisão dos Estudos de Inventário – PCH Canoas – Statkraft / ECBrasil – 2015.....	30
Quadro 5 – Ações Acidentais Uniformemente Distribuídas.....	38
Quadro 6 – Fatores de Segurança.....	40
Quadro 7 – Coordenadas Marco Base.....	45
Quadro 8 – Coordenadas Marcos das Estruturas.....	46
Quadro 9 – Coordenadas Marcos de Apoio.....	46
Quadro 10 – Medição simultânea de níveis de água para as duas campanhas.....	48
Quadro 11 – Coordenadas dos furos de sondagem.....	50
Quadro 12 – Caminhamentos Elétricos.....	50
Quadro 13 – Resumo hidrometria dos resultados da 1ª e 2ª campanha.....	52
Quadro 14 - Características Fisiográficas.....	63
Quadro 15 - Parâmetros Fisiográficos.....	63
Quadro 16 - Estações Climatológicas.....	64
Quadro 17 – Classificação de Koppen.....	65
Quadro 18 – Temperatura Médias Mensal – Est. Climatológica Lages.....	65
Quadro 19 - Temperaturas Máximas Diárias de Cada Mês - Estação Climatológica de Lages.....	67
Quadro 20 - Temperaturas Mínimas Diárias de Cada Mês - Estação Climatológica de Lages.....	69
Quadro 21 - Evaporação Total Mensal - Estação Climatológica de Lages.....	72
Quadro 22 - Insolação Média Diária de Cada Mês - Estação Climatológica de Lages.....	73
Quadro 23 - Umidade Relativa Média Mensal - Estação Climatológica de Lages.....	75
Quadro 24 - Pressão Atmosférica Média Mensal - Estação Climatológica de Lages.....	77
Quadro 25 – Dados da Estação Pluviométrica Ponte Alta do Sul.....	80
Quadro 26 - Precipitações Totais Mensais - Estação Pluviométrica Ponte Alta do Sul.....	81
Quadro 27 - Número de Dias de Chuva - Estação Pluviométrica Ponte Alta do Sul.....	84
Quadro 28 - Relação Entre Alturas Pluviométricas Para Diferentes Durações a Partir de Chuvas de 1 dia.....	85
Quadro 29 - Precipitações Máximas Totais Diárias - Estação Pluviométrica Ponte Alta do Sul.....	85

Quadro 30 - Curvas PDF - Estação Pluviométrica Abelardo Luz .....	88
Quadro 31 - Estações Fluviométricas Utilizadas .....	90
Quadro 32 – Curvas de Descarga Est. Fluvio. Vila Canoas .....	92
Quadro 33 – Curvas de Descarga Est. Fluvio. Rio Bonito .....	93
Quadro 34 – Curvas de Descarga Est. Fluvio. Encruzilhada II.....	95
Quadro 35 – Análise das Cheias.....	98
Quadro 36 – Curvas de Descarga Est. Fluvio. Ponte Alta do Sul.....	98
Quadro 37 – Curvas de Descarga Est. Fluvio. Passo Caru.....	100
Quadro 38 – Curvas de Descarga Est. Fluvio. Passo Marombas .....	102
Quadro 39 – Correlações .....	109
Quadro 40 - Vazões Médias Mensais no Local da Estação Fluviométrica Ponte Alta do Sul.....	110
Quadro 41 - Vazões Médias Mensais no Local da Estação Fluviométrica Vila Canoas .....	112
Quadro 42 - Vazões Médias Mensais no Local da Estação Fluviométrica Rio Bonito .....	113
Quadro 43 - Vazões Médias Mensais no Local da Estação Fluviométrica Encruzilhada.....	114
Quadro 44 - Vazões Médias Mensais no Local da Estação Fluviométrica Encruzilhada II.....	115
Quadro 45 - Vazões Médias Mensais no Local da Estação Fluviométrica Passo Caru.....	116
Quadro 46 - Vazões Médias Mensais no Local da Estação Fluviométrica Passo Marombas.....	117
Quadro 47 - Vazões Médias Mensais no Local do PCH Canoas .....	119
Quadro 48 - Curva de Permanência Mensal – PCH Canoas .....	122
Quadro 49 - Vazões Máximas Médias Diárias de Cada Ano - Período Úmido ou Anual.....	123
Quadro 50 - Curva de Frequência de Cheias no local da Est. Fluvio. Ponte Alta do Sul - Período Úmido e Seco – Vazão Média Diária .....	125
Quadro 51 – PCH Canoas - Curva de Frequência de Cheias - Período Úmido e Seco – Barragem .....	125
Quadro 52 - Vazões Mínimas de 7 dias de cada Ano no Local da Est. Fluvio. Ponte Alta do Sul	127
Quadro 53 - Vazões Mínimas - $Q_{7,10}$ .....	128
Quadro 54 - Curva Cota X Área X Volume .....	128
Quadro 55 - Características do Reservatório.....	129
Quadro 56 - Tempo de Residência do Reservatório.....	130
Quadro 57 - Tempo de Enchimento do Reservatório .....	131
Quadro 58 - Descargas Sólidas na Estação Fluviométrica Ponte Alta do Sul .....	132
Quadro 59 - Descarga Sólida Média de Longo Termo no Local da PCH Canoas .....	135

Quadro 60 - Parâmetros para determinação da Vida Útil na PCH Canoas.....	135
Quadro 61– Classificação do reservatório para obtenção da ER.....	135
Quadro 62 - Vida Útil na PCH Canoas.....	137
Quadro 63 - Vida Útil.....	137
Quadro 64 - Taxionomia geomorfológica do estado de Santa Catarina.....	141
Quadro 65 – Escala de Intensidade de sismos - Mercatelli Modificada .....	159
Quadro 66 - Consistência de argilas em função do SPT (ABNT, 2001).....	178
Quadro 67 – Classificação do grau de condutividade hidráulica (IN-02/94).....	182
Quadro 68 - Resumo dos quantitativos de tratamentos e suporte das escavações a céu aberto da PCH Canoas .....	189
Quadro 69 - Resumos das perfurações para as injeções de impermeabilização no eixo do barramento .....	190
Quadro 70 – Calibragem primeira medição de descarga líquida – 143,07 m <sup>3</sup> /s .....	199
Quadro 71 – Calibragem primeira medição de descarga líquida – 30,14 m <sup>3</sup> /s .....	200
Quadro 72 – Calibragem perfil simultâneo.....	202
Quadro 73 – Curva de descarga vertedouro UHE São Roque.....	205
Quadro 74 – Curva de descarga canal de fuga PCH Canoas .....	206
Quadro 75 – PCH Pery – Análise do nível de água no canal de fuga .....	208
Quadro 76 – Proteção do desvio do rio no barramento .....	209
Quadro 77 – Vertedouros PCH Canoas – Curva de descarga .....	214
Quadro 78 – Dimensionamento da grade e comporta da tomada de água.....	217
Quadro 79 – Submersão na Tomada de Água .....	217
Quadro 80 – Perdas de carga circuito de geração .....	218
Quadro 81 – Vazão de usos consuntivos .....	220
Quadro 82 – Indisponibilidade.....	221
Quadro 83 – Curva de rendimento da Kaplan Tubular S Jusante .....	222
Quadro 84 – Orçamento diferencial entre alternativas .....	227
Quadro 85 - Análise Benefício / Custo – Motorização alternativa El. 778,0 m .....	231
Quadro 86 - Análise Benefício / Custo – Motorização El. 780,0 m.....	232
Quadro 87 – Diferença entre áreas das alternativas – Etapa B (ha).....	233
Quadro 88 - OPE das alternativas de níveis de reservatório.....	233
Quadro 89 – Etapa B – Resumo das análises .....	235

Quadro 90 – Etapa B - Análise índice benefício/custo incremental.....	235
Quadro 91 – Principais Custos das Alternativas de Barramento – Conta .12 .....	240
Quadro 92 – Perdas de carga circuito hidráulico de geração .....	248
Quadro 93 – Comparativo Orçamentário .....	251
Quadro 94 – Comparativo energético entre os circuitos de geração.....	251
Quadro 95 – Etapa D – Comparativo benefício/custo.....	252
Quadro 96 – Alternativas estudadas para número de unidades geradoras .....	253
Quadro 97 – Resultados das simulações do número de máquinas .....	254
Quadro 98 – Motorização – Custo das alternativas (R\$ x 10 <sup>3</sup> ).....	255
Quadro 99 – Etapa E – Índice Benefício/Custo Incremental .....	256
Quadro 100 – Etapa F – Resultados das simulações – Circuito de geração principal.....	258
Quadro 101 – Motorização – Custo das alternativas (R\$ x 10 <sup>3</sup> ).....	259
Quadro 102 – Resultado dos estudos de motorização .....	260
Quadro 103 - Características Principais do Reservatório.....	265
Quadro 104 – Curva cota área volume do reservatório .....	265
Quadro 105 – Proteção do desvio do rio no barramento.....	266
Quadro 106 - Características básicas das turbinas .....	274
Quadro 107 – Características das comportas segmento do vertedouro .....	278
Quadro 108 – Características das comportas ensecadeira do vertedouro.....	279
Quadro 109 - Comporta vagão tomada de água. ....	280
Quadro 110 - Grades da tomada de água. ....	281
Quadro 111 - Comporta ensecadeira da tomada de água .....	282
Quadro 112 – Comporta ensecadeira tubo de sucção .....	284
Quadro 113 - Características básicas do pórtico rolante da tomada de água e vertedouro .....	286
Quadro 114 - Características básicas do limpa-grades.....	287
Quadro 115 - Características Básicas da Ponte Rolante da Casa de Força.....	287
Quadro 116 - Características Básicas da Talha e Monovia do Tubo de Sucção. ....	288
Quadro 117 - Características Básicas do Gerador .....	295
Quadro 118 - Características Básicas do Cubículo de 13,8 kV.....	297
Quadro 119 - Características Básicas do Transformador de Serviços Auxiliares .....	301
Quadro 120 - Características Básicas do Grupo Gerador Diesel.....	301

---

Quadro 121 - Características Básicas do Transformador Elevador .....	306
Quadro 122 - Características Técnicas do Disjuntor – 138 kV .....	306
Quadro 123 - Características Técnicas da Chave Seccionadora Tripolar – 138 kV .....	307
Quadro 124 - Características Técnicas dos Transformadores de Potencial – 138 kV .....	307
Quadro 125 - Características Técnicas do Transformador de Corrente – 138 kV .....	308
Quadro 126 - Características Técnicas do Para-raios – 120 kV .....	308
Quadro 127 – OPE – Orçamento padrão Eletrobras .....	319
Quadro 128 – Quantitativos da obra PCH Canoas .....	324
Quadro 129 – Resumo OPE .....	324
Quadro 130 – PCH Canoas – Ficha resumo .....	325
Quadro 131 – Equipe Técnica.....	330



## 1 APRESENTAÇÃO

O presente relatório apresenta os estudos técnicos desenvolvidos pela Estelar Engenheiros Associados Ltda, relativos ao Projeto Básico da PCH Canoas, visando enquadrá-lo de acordo com as resoluções da ANEEL, em especial a resolução 395 de 04 de dezembro de 1998, assim como os “Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas” e as “Diretrizes para Estudos e Projetos Básicos de Pequenas Centrais Hidrelétricas - PCH” da Eletrobrás, de janeiro de 2000.

A PCH Canoas será implantada no rio Canoas, na região central do estado de Santa Catarina, nos municípios de Curitibanos e São José do Cerrito. O rio Canoas, sub-bacia 71, é considerado a nascente do rio Uruguai (7).

A PCH Canoas foi inventariada entre a UHE São Roque (nível de água máximo normal de montante igual a El. 760,0 m) e a PCH Pery (NA jusante igual a 780,0 m). Com área de drenagem igual a 5.647,6 km<sup>2</sup>, o rio Canoas possui uma vazão média de longo termo igual a 136,90 m<sup>3</sup>/s no local do eixo da PCH Canoas.

O potencial hidrelétrico do rio Canoas, no local selecionado, será aproveitado para geração de energia elétrica, com desnível bruto de 19,67 m para a vazão de projeto (177,03 m<sup>3</sup>/s) entre as estruturas de barramento e de geração. A casa de força localiza-se incorporada ao barramento e conta com 3 unidades geradoras do tipo Kaplan Tubular S Jusante, com potência total instalada de 30,0 MW.

As cidades mais importantes próximas ao local da PCH Canoas são Curitibanos (aproximadamente 50.000 habitantes) e Lages (aproximadamente 150.000 habitantes). A região de implantação da PCH Canoas é conhecida por possuir indústrias eletro intensivas.

Os trabalhos estenderam-se de maio de 2018 a novembro de 2018.

## 2 INTRODUÇÃO

### 2.1 Objetivo dos Estudos

Estes estudos têm como objetivo a consolidação das soluções adotadas que conduziram à viabilização do empreendimento, bem como o seu detalhamento em nível que permita a adequada avaliação dos benefícios energéticos e a estimativa dos custos de implantação.

O aproveitamento do potencial hidráulico existente neste local para a geração de energia elétrica será realizado através da implantação da PCH Canoas com potência instalada de 30,0 MW e garantia física de energia estimada de 17,45 MW, com fator de capacidade igual a 0,582.

### 2.2 Institucional

#### 2.2.1 Breve Histórico do Setor Elétrico Brasileiro

Após o racionamento de 2001, o setor elétrico era um dos focos das eleições presidenciais de 2002. Em julho de 2003 foi apresentado pelo MME a Proposta de Modelo Institucional do Setor Elétrico. Paralelamente o setor foi sendo moldado através de medidas provisórias entre 2003 e 2004, convertidas nas Lei nº 10.847/2004 e 10.848/2004, que regulamentaram novas regras de comercialização de energia elétrica e criaram a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE).

Conforme a Proposta de Modelo Institucional do Setor Elétrico, aprovado pela Resolução CNPE 9/2003, os pilares do setor são:

- Modicidade Tarifária;
- Segurança no Suprimento;
- Universalização do Acesso.

#### 2.2.2 Agentes do Setor Elétrico Brasileiro

No setor elétrico brasileiro atuam diversos agentes com objetivos, prerrogativas e atribuições diferentes. Podemos dividi-los em agentes institucionais e econômicos. Os primeiros possuem competências e atribuições regulatórias, políticas, fiscalizatórias, de planejamento e viabilização do funcionamento setorial. De outro lado, agentes econômicos são os que detêm concessão, permissão ou autorização para a exploração de atividade econômica vinculada ao setor<sup>3</sup>.

##### 2.2.2.1 Agentes Institucionais

O fluxograma a seguir apresenta os principais agentes institucionais do setor elétrico brasileiro, e como eles se relacionam.

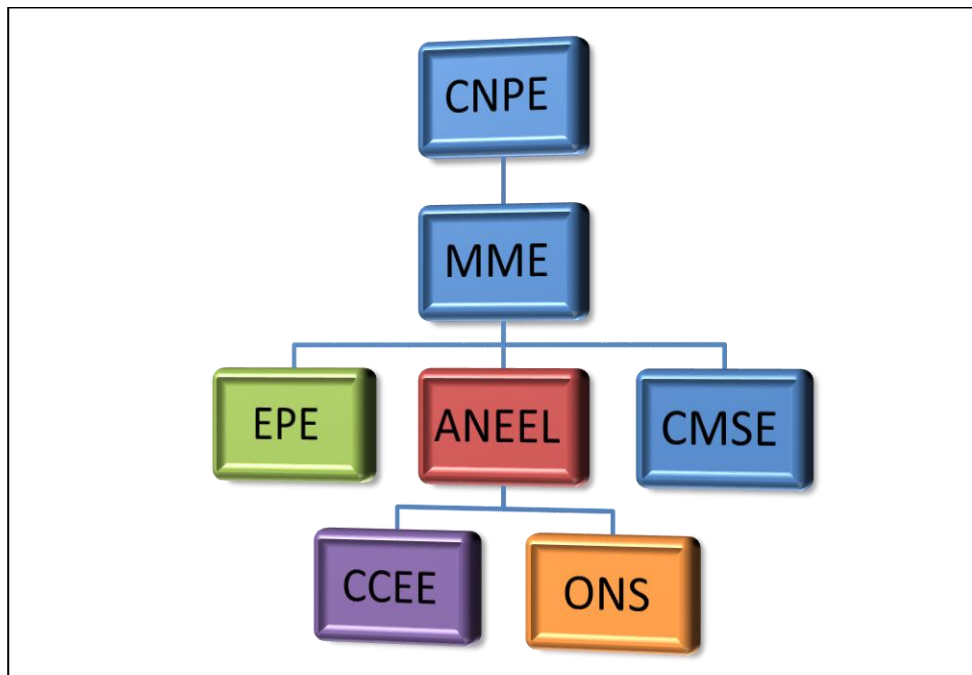


Figura 1 - Agentes institucionais do setor elétrico brasileiros.

#### 2.2.2.1.1 CNPE

O Conselho Nacional de Política Energética, criado pela Lei nº 9.478/1997 e regulamentado pelo Decreto nº 3.520/2000 é um órgão governamental vinculado à Presidência da República e presidido pelo ministro de minas e energia. Sua atribuição é definir políticas e diretrizes para o setor elétrico. A Resolução CNPE nº 7/2009 apresenta o regimento interno do CNPE.

#### 2.2.2.1.2 MME

O Ministério de Minas e Energia, criado pela Lei nº 3.782/1960, foi extinto pela Lei nº 8.028/1990 e recriado pela Lei nº 8.422/1992. A Lei nº 10.683/2003 define as competências do MME, que incluem a área de recursos energéticos e energia elétrica. Também é um órgão governamental, e é responsável pela formulação e implantação das diretrizes do CNPE. Integram ainda o conselho os ministros das áreas de Ciência e Tecnologia, Planejamento, Fazenda, Meio Ambiente, Desenvolvimento, Casa Civil, Integração Nacional, Agricultura, assim como um integrante dos Estados e do Distrito Federal, da sociedade, das universidades, o presidente da EPE e o secretário-executivo do MME<sup>4</sup>.

#### 2.2.2.1.3 CMSE

O comitê de Monitoramento do Setor Elétrico, criado pela Lei nº 10.848/2004 e constituído pelo Decreto nº 5.175/2004, tem a atribuição de monitorar permanentemente a continuidade e a segurança do suprimento eletroenergético em todo território nacional<sup>5</sup>. Assim como o CNPE, é presidido pelo ministro de minas e energia. Possui ainda quatro integrantes do MME e um titular de cada órgão: ANEEL, ANP, CCEE, EPE e ONS.

#### 2.2.2.1.4 EPE

A Empresa de Pesquisa Energética, criada pela Lei nº 10.847/2004 e regulamentada pelo Decreto 5.184/2004, está vinculada ao MME e tem como finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético<sup>6</sup>. Para isso, a EPE desenvolve diversos estudos, publicados para sinalizar aos demais agentes o que deverá acontecer no setor elétrico e energético. O principal estudo elaborado é o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE): Publicado anualmente, o PDE projeta a evolução do setor num horizonte de 10 anos, sendo o principal sinalizador de como serão os investimentos no setor. Apresenta a projeção da demanda e oferta de energia, assim como os insumos para geração térmica e aspectos de sustentabilidade do setor.

#### 2.2.2.1.5 ANEEL

A Agência Nacional de Energia Elétrica, criada pela Lei nº 9.427/1996 e o Decreto nº 2.335/1997, também é vinculada ao MME e é o principal agente regulador do setor elétrico brasileiro. Inicialmente a redação da Lei acima atribuía a ANEEL a implementação de políticas e diretrizes do governo para a exploração de energia elétrica, através de atos regulamentares. A Lei nº 10.848/2004 e a Lei nº 12.111/2009 incluíram mais diversas atribuições à agência.

Hoje as principais atribuições da ANEEL são<sup>7</sup>:

- Regular a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica;
- Fiscalizar as concessões, permissões e serviços de energia elétrica;
- Implementar as políticas e diretrizes do governo relativas à energia elétrica;
- Estabelecer tarifas;
- Mediar, na esfera administrativa, os conflitos entre os diversos agentes do setor;
- Por delegação do governo federal, promover as atividades relativas às outorgas de concessão, permissão e autorização de empreendimentos e serviços de energia elétricas.

#### 2.2.2.1.6 CCEE

A Câmara de Comercialização de Energia Elétrica, criada pela Lei nº 10.848/2004 e constituída pelo Decreto nº 5.177/2004, substituiu o Mercado Atacadista de Energia Elétrica (MAE) como responsável pelas transações de compra e venda de energia. Vinculada a ANEEL, hoje a câmara é responsável pela contabilização e liquidação financeira no mercado de curto prazo de energia e cálculo e divulgação do Preço de Liquidação das Diferenças (PLD). Entre as principais atribuições da CCEE estão<sup>8</sup>:

- Implantar e divulgar regras e procedimentos de comercialização;

- Fazer a gestão dos contratos do ACR e do ACL (explicados no capítulo 2.2.3);
- Sob delegação da ANEEL, realizar os leilões de energia elétrica do ACR.

#### 2.2.2.1.7 ONS

O Operador Nacional do Sistema, criado pela Lei nº 9.648/1998 e regulamentado pelo Decreto nº 5.081/2004 e pela Lei nº 10.848/2004, é uma pessoa jurídica de direito privado, e é o órgão responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN), sob a fiscalização e regulação da ANEEL<sup>9</sup>. As principais atribuições do ONS são:

- Planejar e programar a operação e o despacho centralizado da geração do SIN;
- Supervisionar e controlar a operação do SIN;
- Contratar e administrar os serviços de transmissão.

#### 2.2.2.2 Agentes Econômicos

São designados agentes econômicos os consumidores de energia elétrica e os agentes titulares de concessão, permissão ou autorização para explorar atividades de geração, transmissão, comercialização e distribuição de energia elétrica<sup>3</sup>.

A transmissão e distribuição, segmentos de rede, são considerados monopólios naturais, uma vez que a competição causaria uma redundância de infraestrutura e aumentaria o preço desses serviços. Assim, nesses segmentos, há maior regulação por parte do Estado e são considerados serviços públicos. O presente trabalho não tem como objetivo decorrer sobre o segmento de rede.

Já a geração e comercialização são segmentos competitivos, não existindo tanta interferência do poder regulador quanto nos segmentos de rede. Esses agentes serão descritos com mais detalhes a seguir.

No fim do setor elétrico brasileiro encontra-se o consumidor de energia elétrica, que sente toda a eficiência e mudanças no setor através da tarifa de energia e na qualidade do suprimento.

##### 2.2.2.2.1 Geradores - Regimes Jurídicos

O serviço de geração é definido pelo Decreto nº 41.019/1957 como a transformação de qualquer forma de energia em energia elétrica. Atualmente o agente gerador pode se encaixar em três regimes jurídicos:

- Regime de Serviço Público

A Constituição de 1988 disciplina no artigo 175 que a prestação dos serviços públicos é de incumbência do Estado, que o prestará diretamente ou mediante concessão e permissão<sup>10</sup>.

A concessão de serviço público define-se como a delegação a particular, pessoa natural ou jurídica, da gestão ou execução de um serviço público, precedido ou não da execução de obra pública, por sua conta e risco e remuneração pelos usuários<sup>11</sup>.

Conforme as Leis nº 8.987/1995 e nº 9.074/1995, são objetos de concessão, mediante licitação os aproveitamentos de potenciais hidráulicos de potência instalada superior a 3 MW. O prazo de concessão é de 35 anos.

- Regime de Autoprodução

O regime de autoprodução aplica-se a pessoa física ou jurídica que produz energia destinada ao próprio consumo. O agente autoprodutor de energia elétrica foi criado no Decreto nº 2.003/1996.

A geração de energia não precisa necessariamente estar no mesmo espaço do consumo. Possuindo o mesmo CNPJ, o autoprodutor pode utilizar a rede de distribuição de energia, devidamente remunerada.

O autoprodutor de energia elétrica está isento do pagamento de encargos setoriais, tais como: CDE, PROINFA, CCC e P&D e não recolhe o ICMS entre plantas com o mesmo CNPJ.

- Regime de Produção Independente

Definido no Decreto nº 2.003/1996, o Produtor Independente de Energia Elétrica é uma pessoa física ou jurídica reunidas em consórcio que recebam concessão ou autorização para produzir energia elétrica destinada ao comércio de toda ou parte da energia produzida, por sua conta e risco.

#### 2.2.2.2.2 Comercializadores

O agente de comercialização foi criado pela Lei nº 9.648/1998. No atual modelo institucional, desempenha o principal papel de intermediário entre geradores e consumidores no mercado livre, com a finalidade de redução de riscos e custos.

O comercializador também está habilitado a participar dos leilões de energia existente ou de ajuste promovidos pelo MME. Devem participar como agentes da CCEE comercializadores com volume anual de energia comercializada superior a 500 GWh.

#### 2.2.2.2.3 Consumidores

O consumidor de energia necessariamente deveria satisfazer a sua demanda exclusivamente através da distribuidora local. Após a Lei nº 9.074/1995, foi aberta a possibilidade do consumidor comprar sua energia diretamente com o gerador ou com a também recém criada comercializadora de energia.

- Consumidor Cativo

É considerado cativo todo o consumidor que obtêm sua energia através da distribuidora local. A tarifa paga por esse consumidor depende de diversos fatores, como custo do mix da compra da energia pela distribuidora, impostos, encargos e tarifa fio. A tarifa cobrada pela distribuidora aos clientes é regulada pela ANEEL, que realiza revisões periódicas para averiguar o valor.

A tarifa fio é a remuneração ao responsável por transportar a energia até o consumidor, podendo ser o transmissor, para tensão acima de 230 kV, ou a distribuidora, para tensão abaixo de 230 kV. O consumidor pode ser classificado como Grupo A ou B, definidos na Resolução Normativa nº414/2010 ANEEL.

- Consumidor Livre

Passou a existir a figura do consumidor livre através da Lei nº 9.074/1995. O consumidor livre é aquele que obtêm sua energia no mercado livre. O consumidor pode optar por migrar do mercado regulado (cativo) para o mercado livre caso possua demanda igual ou maior a 3 MW. Para isso a energia pode ser proveniente de qualquer fonte de geração.

O consumidor livre pode negociar livremente a tarifa de energia com o gerador ou comercializador através de contrato bilateral, inclusive o prazo de contrato. Obrigatoriamente o consumidor livre deve ser cadastrado como agente na CCEE, assim como o contrato bilateral firmado entre as partes. Os termos do contrato são sigilosos, não divulgados pela CCEE.

Há a possibilidade de se tornar livre com demanda igual ou maior a 500 kW, caso a fonte de energia seja incentivada. O consumidor enquadrado nessa categoria é denominado de consumidor especial, criado pelo Decreto nº 5.163/2004. Para algumas fontes está previsto um desconto não inferior a 50% na tarifa de uso do sistema de distribuição e transmissão. São consideradas fontes incentivadas:

- Usinas hidrelétricas caracterizadas como CGH ou PCH com potência instalada igual ou menor a 30 MW (aplica-se o desconto na tarifa de uso do sistema);
- Empreendimentos provenientes de fonte solar, eólica ou à biomassa com potência instalada igual ou menor a 30 MW (aplica-se o desconto na tarifa de uso do sistema);
- Empreendimentos provenientes de fonte hídrica, solar, eólica ou à biomassa com potência instalada entre 30 e 50 MW (não se aplica o desconto na tarifa de uso do sistema).

O consumidor livre possui livre acesso aos sistemas de transmissão e distribuição, remunerando-os através da tarifa de uso do sistema mencionada anteriormente.

Consumidores cativos que desejarem migrar para o mercado livre e que possuem contrato por tempo indeterminado com a distribuidora, devem observar primeiro quando a distribuidora informa sua carga prevista para o ano seguinte. Deve ser declarado formalmente à



distribuidora a opção por deixar o mercado cativo até quinze dias antes dessa data. Só poderá deixar o mercado cativo no ano seguinte ao da entrega dessa declaração.

No caso do consumidor livre que deseja retornar ao mercado cativo, o pedido deverá ser realizado com pelo menos cinco anos de antecedência, cabendo ao distribuidor aceitar um prazo menor.

### 2.2.3 Ambientes de Contratação

Para comercializar a energia, seja venda ou compra, os existem dois ambientes de contratação: o Ambiente de Contratação Regulado (ACR) e o Ambiente de Contratação Livre (ACL). Autoprodutores que necessitem de mais energia podem escolher em qual ambiente buscar a energia faltante. No mesmo caso, se houver sobra na geração de energia, ela pode ser comercializada em qualquer ambiente ou até no Mercado de Curto Prazo (MCP).

#### 2.2.3.1 Ambiente de Contratação Regulado - ACR

No ambiente regulado participam as distribuidoras, os consumidores cativos e os geradores e comercializadores que venderam sua energia nos leilões do MME. As distribuidoras obrigatoriamente devem obter toda sua energia através dos leilões, sendo proibido a realização de contratos diretamente com os geradores. Através de mecanismos regulatórios a distribuidora deve possuir de 100% a 105% da carga em contratos de compra de energia.

O consumidor cativo pertencente ao Grupo A (tensão de fornecimento  $\geq 2,3$  kV) pagará uma das modalidades de tarifa apresentadas no item 2.2.2.2.3. As tarifas de consumo e demanda variam conforme a distribuidora local.

#### 2.2.3.2 Ambiente de Contratação Livre - ACL

No ambiente livre, a comercialização de energia sempre é feita através de contratos bilaterais registrados na CCEE, negociados livremente entre agentes de geração, comercialização e consumidores livres. Como já ressaltado, esses contratos são sigilosos, não sendo divulgados nem preço nem prazo do contrato.

Conforme Lei nº 12.783/2013, existe a possibilidade de comercialização da energia excedente, que existirá quando o consumo for menor do que o montante contratado.

#### 2.2.3.3 Mercado de Curto Prazo - MCP

Uma vez que não é possível garantia que a geração e o consumo sejam iguais ao estipulado no contrato, já que dependem de inúmeras variáveis, criam-se sobras e déficits de energia. Como responsável pelo MCP, a CCEE contabiliza essas diferenças entre o realizado e o contratual para cada agente, que deveram ser liquidadas no mercado de curto prazo, seja ela positiva ou negativa. Essas diferenças são liquidadas pelo Preço de Liquidação das Diferenças (PLD).

O PLD é calculado pela CCEE, e pode ser definido como um valor determinado semanalmente com base no Custo Marginal de Operação, limitado por um preço máximo e mínimo vigentes para cada período de apuração e para cada submercado<sup>12</sup>.

O valor do PLD influencia todo o mercado de energia elétrica, sinalizando o quão valioso está a energia de última instância.

## 2.3 Classificação Institucional

Para as usinas hidrelétricas, uma das características mais importantes é pela potência instalada, que é a capacidade máxima de geração de energia da usina. As usinas hidrelétricas são classificadas através da potência instalada.

- UHE - Usinas Hidrelétricas - Concessão

Usinas de grande porte regulamentadas pela Resolução Normativa nº 395, de 4 de dezembro de 1998, com potência instalada maior que 50 MW ou com reservatório de área maior que 13 km<sup>2</sup>. Nesse caso, a concessão é realizada através de licitação.

- UHE - Usinas Hidrelétricas - Autorização

Usinas de médio porte regulamentadas pela Resolução Normativa nº 765, de 25 de abril de 2017 e Lei nº 13.097/2015, com potência instalada entre 5 e 50 MW sem características de PCHs. Nesse caso, a autorização para explorar o recurso hídrica é dada conforme os procedimentos descrito a seguir para PCHs.

Segundo o Módulo 26 dos Procedimentos de Rede, todas as usinas hidráulicas com potência instalada superiores a 30 MW terão a geração despachada centralizadamente pelo ONS.

- PCH - Pequena Central Hidrelétrica

Usinas de pequeno porte, com potência instalada entre 5 e 30 MW e com área máxima do reservatório de 13 km<sup>2</sup> excluindo a calha do rio. Conforme Resolução Normativa nº 673/2015, podem ainda ser consideradas PCHs usinas com reservatório maiores que 13 km<sup>2</sup> excluindo a calha natural do rio, se o reservatório for de regularização semanal ou maior ou ter outros objetivos sem ser o de geração de energia elétrica.

Para obter a outorga do empreendimento, ainda conforme a RN nº 673/2015, após a aprovação dos estudos de inventário, deve-se registrar a intenção à outorga de autorização (DRI-PCH) a ANEEL. Após a publicação do DRI-PCH, o interessado possui quatorze meses para elaboração do projeto básico e do sumário executivo. A Superintendência de Concessões e Autorizações de Geração emiti o Despacho da Adequabilidade do Sumário Executivo (DRS-PCH) no caso de aprovação dos estudos básicos.

A emissão do DRS-PCH permite que o interessado requeira o Licenciamento Ambiental junto aos órgãos competentes e que a ANEEL solicite a Declaração de Disponibilidade Hídrica. Após a apresentação desses documentos, o interessado recebe a outorga de autorização da PCH.

Conforme a Lei 9.427/1996, deverá ser aplicado um desconto não inferior a 50% na tarifa de uso dos sistemas de distribuição e de transmissão para as PCHs.

A PCH Canoas está englobada nesta classificação perante à ANEEL.

- CGH - Central Geradora Hidrelétrica

Usinas com potência instalada inferior a 5 MW. Perante à ANEEL é necessária apenas a comunicação do início da geração. Também é contemplada com o desconto não inferior a 50% na tarifa de uso do sistema.

## 2.4 Estudos Anteriores

### Estudo da ENERSUL – Comitê de Estudos Energéticos da Região Sul – 1969

Entre 1966 e 1969 o Comitê de Estudos Energéticos da Região Sul estudou e produziu um relatório intitulado "Estudos de Inventário da Bacia do Rio Uruguai", onde insere-se nos estudos o rio Canoas.

### Revisão do Inventário do Potencial Energético da Bacia do Rio Uruguai – ELETROSUL 1979

A empresa Eletrosul, com interesse na região, revisou os estudos de inventário existentes e publicou em 1979 o relatório intitulado "Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai - Estudos de Inventário Hidroenergético", com foco em grandes usinas hidrelétricas.

### Estudo de Inventário Hidrelétrico do rio Canoas, trecho entre N.A. 823 - 660 m – Desenvix Empreendimentos – 2002

Foi aprovado em 2002 o estudo de Inventário Hidrelétrico do rio Canoas, a montante da UHE Campos Novos, no trecho entre os níveis de água 823 m e 660 m, os quais identificaram um potencial para os seguintes aproveitamentos:

Quadro 1 – Inventário Hidrelétrico rio Canoas – Desenvix – 2002 (El. 823 a 660 m)

Usina	NA Mont. (m)	NA Jus. (m)	Potência (MW)
Garibaldi	705,0	660,0	150
São Roque	780,0	705,0	214
Pery	823,0	780,0	47

## **UHE São Roque – Rebaixamento no NA máximo normal do reservatório**

A ANEEL, através do despacho nº4.492/2009, homologou a alteração referente ao nível máximo normal do reservatório da UHE São Roque de 780,0 m para 760,0 m, livre para estudos de revisão de inventário. Esta mudança ocorreu devido a diversas interferências socioambientais, e os estudos de viabilidade concluíram pelo rebaixamento para a cota 760,00 m.

Assim o rio Canoas passou a apresentar um trecho de 20 m de queda bruta remanescente e cerca de 8,22 km de extensão.

## **Revisão dos Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Canoas, trecho El. 760 m a 780 m – Desenvix – 2011**

A empresa Desenvix S.A. solicitou em 2009 a Revisão dos Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Canoas, no trecho entre a cota 760 m (remanso do reservatório da UHE São Roque) e 780 m (canal de fuga da UHE Peri). Através do Despacho ANEEL nº 2.800/2011, em 06 de julho de 2011, a ANEEL aceitou a Revisão dos Estudos de inventário do Rio Canoas solicitado pela empresa Desenvix, em parceria com a empresa projetista Engevix.

## **Revisão dos Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Canoas, trecho El. 760 m a 780 m – ECBrasil – 2011**

A empresa Energias Complementares do Brasil Geração de Energia Elétrica S.A – ECBRASIL solicitou também a realização da Revisão dos Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Canoas, no trecho entre as cotas 760,00 e 780,00 m. Através do Despacho ANEEL nº 4.893/2011, em 21 de dezembro de 2011, a ANEEL aceitou a Revisão dos Estudos de inventário do Rio Canoas solicitado pela empresa ECBrasil, realizados pela empresa projetista Mek Engenharia.

## **Revisão dos Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Canoas, trecho nascente a El. 780 m - S.C Pimenta Construções – 2011**

Em 2011 foi aprovada a revisão dos Estudos de inventário para o trecho a montante da PCH Canoas, que caracterizaram os aproveitamentos PCH Ado Popinhaki e PCH Pery.

Quadro 2 – Inventário Hidrelétrico rio Canoas – S.C. Pimenta – 2011 (nascente a El. 780 m)

Usina	NA Mont. (m)	NA Jus. (m)	Potência (MW)
Ado Popinhaki	816,7	803,6	19,3
Pery	798,4	780,0	30,0

## **Estudos de viabilidade UHE São Roque – Desenvix – 2011**

Em 2011 também foi aprovado os Estudos de Viabilidade da UHE São Roque, aproveitamento imediatamente a jusante da PCH Canoas.

Quadro 3 – Estudos de viabilidade UHE São Roque – Desenvix – 2011

Usina	NA Mont. (m)	NA Jus. (m)	Potência (MW)
São Roque	760,00	706,50	135

### **Revisão dos Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Canoas, trecho El. 760 m a 780 m – Statkraft / ECBrazil - 2015**

Em 16 de dezembro de 2014, através do despacho nº 4.803/2014, a ANEEL anuiu com o pedido de inclusão da empresa Desenvix Energias Renováveis S.A. (hoje Statkraft), na titularidade do registro concedido por meio do Despacho nº 1.757/2011 e concedeu o prazo até 16/12/15 para a reapresentação da Revisão dos Estudos de Inventário do rio Canoas, no trecho entre as cotas 760,00 e 780,00 m bem como transferir para a condição de inativo o registro concedido para a Desenvix Energias Renováveis S.A para o desenvolvimento da referida revisão.

Posteriormente as duas empresas realizaram em conjunto um novo estudo, feita pela empresa projetista Reol Engenharia e Consultoria, no qual se chegou nos seguintes dados de aproveitamento no trecho em discussão:

Quadro 4 – Revisão dos Estudos de Inventário – PCH Canoas – Statkraft / ECBrazil – 2015

Usina	NA Mont. (m)	NA Jus. (m)	Potência (MW)
PCH Canoas	780,00	760,00	28,00

## **2.5 Localização e acessos**

O aproveitamento hidrelétrico da PCH Canoas localiza-se no rio Canoas e estabelece divisa entre os municípios de Curitibanos e São José do Cerrito, ambos pertencentes ao estado de Santa Catarina. O eixo do barramento está sendo proposto a uma distância de 31 km da sede do município de Curitibanos, a partir da margem direita e a 36,7 km da sede de São José de Cerrito, a partir da margem esquerda.

O rio Canoas situa-se, em sua totalidade, no estado de Santa Catarina, possui extensão de 570 km e desenvolve seu curso até encontrar o rio Pelotas, na divisa com o estado do Rio Grande do Sul, a confluência destes dois rios formam o rio Uruguai.

O acesso ao local do barramento a partir da cidade de Curitibanos inicia-se pela BR-470 até o entroncamento com a SC-120, percorrendo 13,8 km a partir deste ponto. Após, entrando a direita, deve-se percorrer uma distância de aproximadamente 8,5 km pela estrada Santa Cruz do Pery e mais 2,6 km em estrada rural até a local previsto para o barramento, na margem direita.



A partir da estrada Santa Cruz do Pery é possível realizar travessia para margem esquerda do rio utilizando o serviço de balsa, devendo esta ser desapropriada no momento da implantação da usina.

O acesso a partir da cidade de São José do Cerrito faz-se a começar pela BR-282 e posteriormente percorre-se 6,8 km na SC-120, ressaltando que o trecho citado da SC-120 atualmente se encontra em obras. Após, percorre-se 23,1 km em estrada municipal e rural até o trecho mais próximo a margem esquerda do barramento.

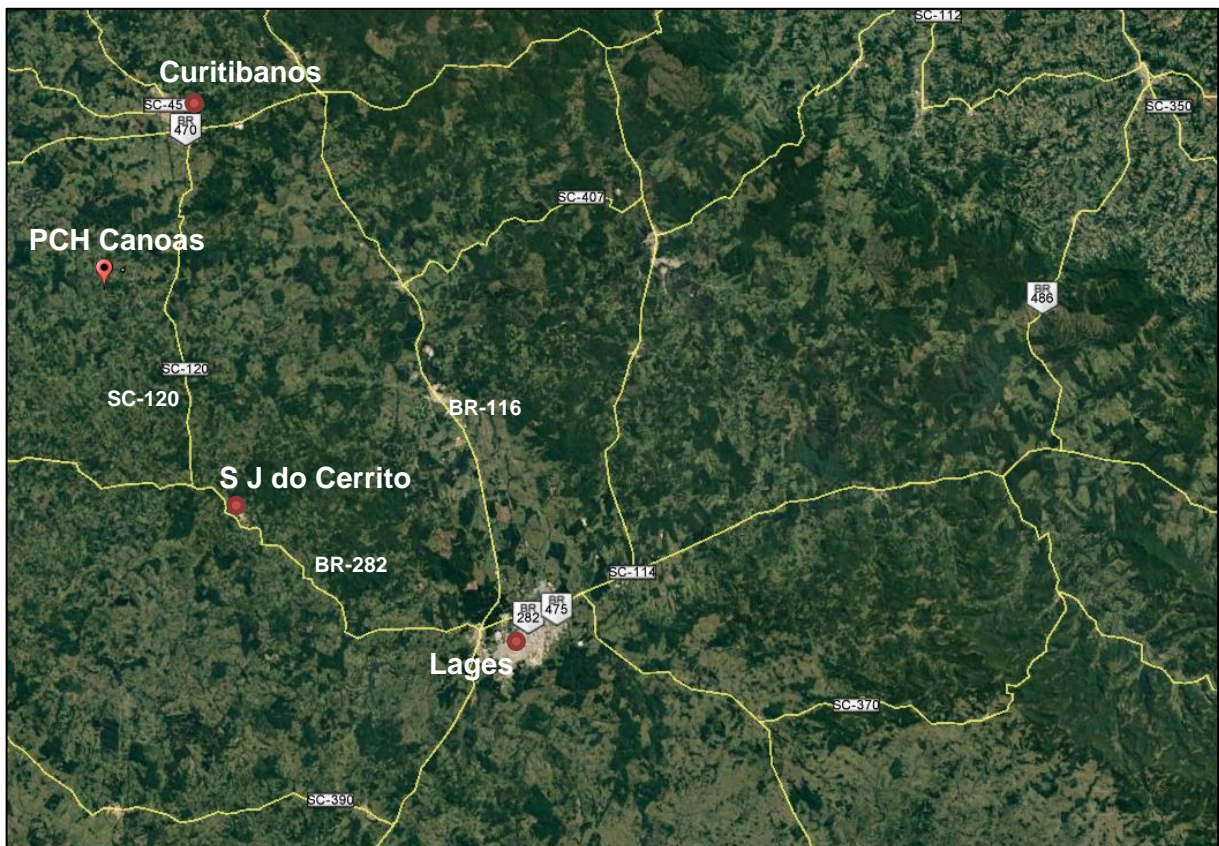


Figura 2 – Principais rodovias de acesso a PCH Canoas e aos municípios vizinhos.

Visando proporcionar uma ideia geral quanto à localização do futuro aproveitamento e quanto às distâncias rodoviárias às cidades mais próximas, mencionamos:

Curitiba - Curitibanos	321 km
Chapecó – Curitibanos	279 km
Florianópolis - Curitibanos	303 km
Porto Alegre - Curitibanos	424 km
Curitibanos – PCH Canoas	31 km

A cidade de Curitibanos dispõe de aeroporto, porém atualmente nenhuma empresa opera voos comerciais regulares. O Aeroporto de Curitibanos – Lauro Antônio da Costa está a cerca de 3,5 km do centro da cidade de Curitibanos, localizado na Rodovia SC-451.

O acesso marítimo pode ser feito através dos portos de Imbituba, Itajaí e São Francisco do Sul, no estado de Santa Catarina, sendo as distâncias rodoviárias de 350 km, 261 km e 308 km respectivamente.

O acesso ferroviário mais próximo ao local de implantação da usina encontra-se na cidade de Lages, através do Tronco Sul de Mafra a Lages. A ferrovia possui distância rodoviária de 83 km do local previsto do barramento.

## **2.6 Critérios Básicos de Projeto**

### **2.6.1 Critérios Gerais**

O Projeto Básico de uma PCH tem como objetivo principal o aprofundamento dos Estudos de Viabilidade Técnica Econômica e Sócio-Ambiental buscando o detalhamento do aproveitamento selecionado, definindo assim de maneira mais precisa os quantitativos das obras e características dos equipamentos a serem instalados e os impactos sócio ambientais gerados pela implantação da mesma.

Para elaboração do Projeto Básico adotou-se uma visão conjunta e multidisciplinar, com vistas à sua correspondente inserção nos ambientes regional e local, considerando os aspectos energéticos, econômicos e ambientais.

A metodologia utilizada no presente estudo teve como premissas básicas, as instruções, procedimentos, normas e critérios preconizados pelas “Diretrizes para Elaboração de Projeto Básico de Usinas Hidrelétricas” (Eletrobrás, Setembro/1999), pelos “Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas” elaborada pela Eletrobrás em 2003.

Também foram observadas as normas e instruções técnicas pertinentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

Todos os trabalhos foram conduzidos, em observância à legislação vigente, a saber: Constituição de 1988; as leis específicas do setor elétrico; a legislação ambiental; as resoluções da ANEEL; e as resoluções do CONAMA.

O desenvolvimento dos estudos seguiu a metodologia consagrada no setor, a qual contempla as seguintes fases para os estudos:

#### 1ª Fase: Planejamento dos Estudos

É a fase inicial, onde se planejam e se organizam as atividades da elaboração do Projeto Básico, relacionando os levantamentos, bem como os estudos básicos necessários, além de estimar sua duração e custo. O produto final é um relatório gerencial interno, contendo o programa de trabalho a executar.



## 2ª Fase: Execução dos Estudos Preliminares

Nesta fase, analisa-se os levantamentos de campo complementares e as investigações geológica-geotécnicas realizados para a confirmação do arranjo proposto.

Analisa-se a potência a instalar, os levantamentos dos quantitativos das obras civis e os custos dos equipamentos confirmando ou revisando o valor apresentado nos Estudos de Viabilidade. Iniciam-se a campanha de estudos ambientais de maneira a providenciar as licenças necessárias para o aproveitamento. A etapa dos estudos preliminares tem como objetivo principal selecionar a alternativa de motorização e de arranjo mais atraente sob os pontos de vista ambiental, energético e econômico, a fim de possibilitar uma concentração de esforços na fase subsequente.

## 3ª Fase: Execução dos estudos finais

Na etapa dos estudos finais do Projeto Básico, realiza-se o detalhamento e o dimensionamento das estruturas e obras civis baseados nos resultados obtidos pelo levantamento topográfico detalhado e pelos estudos de geologia. São analisados em detalhe e quantificados os equipamentos eletromecânicos e hidromecânicos e o sistema de interligação da usina.

Com a conclusão dos estudos de engenharia e socioambientais pode-se definir o custo total do empreendimento e os custos benefícios econômico e socioambiental resultante da implantação da usina.

### 2.6.2 Critérios Hidrológicos e Hidráulicos

#### 2.6.2.1 Série de Vazões Média Mensais

Considerou-se a série histórica de março/1942 a fevereiro/2018.

#### 2.6.2.2 Curvas de Descarga

As curvas de descarga no local do barramento e no canal de fuga da casa de força foram estimadas através dos estudos de remanso, desenvolvidos com base nas seções topobatimétricas levantadas em campo e levantamentos hidrométricos.

#### 2.6.2.3 Estudos de Frequência de Cheias

As frequências de cheias foram determinadas para o período anual e período seco. A frequência de cheias do período seco foi determinada considerando o período do ano compreendido entre os meses iniciando-se em novembro até o final do mês de abril, e foi utilizada para dimensionamento das estruturas de desvio do rio.

A frequência de cheias do período anual foi utilizada para dimensionamento do vertedouro, e na determinação da elevação do pátio da casa de força.

#### 2.6.2.4 Estudos de Vazões Mínimas

Como vazões mínimas de interesse dos aspectos ambientais foram determinadas as vazões indicadas pela FATMA, tais como  $Q_{7,10}$ , vazões de estiagem com 10 anos de recorrência e 7 dias de duração, 10% da vazão média de longo termo, vazão mínima média mensal etc., para a definição da vazão remanescente no trecho de vazão reduzida (TVR).

#### 2.6.2.5 Estudos de Sedimentos

Os estudos de transporte sólido no rio Canoas tiveram como objetivo avaliar o assoreamento do reservatório e desta forma estimar o tempo de vida útil do mesmo.

Foi adotada como base para os estudos a publicação da ANEEL, “Guia de Avaliação de Assoreamento de Reservatórios”, Brasília, 2000.

### 2.6.3 Critérios Geológicos e Geotécnicos

#### 2.6.3.1 Levantamento de informações prévias

Devido ao nível de detalhamento necessário para a elaboração do Projeto Básico, considerou-se a necessidade de conhecimento do ambiente geológico do local de implantação da usina de maneira abrangente e detalhada.

Para tanto, foram desenvolvidas na etapa de trabalho que se inicia no escritório, o levantamento de dados existentes e informações a partir de referências bibliográficas. Nesta fase, também se analisou a região de inserção do empreendimento em macro escala, no âmbito das ocorrências litológicas, estratigrafia e geologia estrutural.

Em seguida, uma campanha de investigações de campo realizou-se, notadamente através de sondagens mecânicas – sondagens rotativas – com o objetivo de obter informações sobre as espécies litológicas e as respectivas características geológicas, geomecânicas e hidrogeológicas.

Além disso, caminhamentos e inspeções no local previsto para a implantação foram feitos, de modo complementar às sondagens, para mapear os afloramentos rochosos e verificar as condições gerais de campo.

O conjunto de informações assim reunidas correspondeu à base para o desenvolvimento dos projetos geotécnicos de escavação e tratamentos das superfícies escavadas.

#### 2.6.3.2 Projeto das escavações

As escavações a céu aberto iniciam-se logo após os serviços de desmatamento e limpeza da área. Dependendo do tipo de estrutura à qual corresponde, a escavação fica restrita à cobertura de solo, ou pode avançar pelo maciço rochoso até atingir o *offset* final de implantação da estrutura.

O processo de escavação pode ser classificado quanto à natureza do material escavado (comum ou em rocha).

*Escavação comum:* compreende a escavação mecanizada, executada por equipamentos convencionais, de solos coluvionares, aluvionares, residuais, saprólitos, turfas, rocha decomposta, blocos rochosos e qualquer outro material que possa ser escavado sem o uso sistemático de explosivos. Inclui-se nesta categoria a escavação de solos aluvionares e coluvionares localizados no leito do rio ou abaixo do nível freático, realizada através de equipamentos apropriados, como dragas, retro-escavadeiras, entre outros.

*Escavação em rocha:* compreende todo o material rochoso que não pode ser removido por equipamentos mecânicos, como lâminas e escarificadores. Abrange as escavações em rocha a frio, executada por martelos ou rompedores, e os desmontes por explosivos.

As escavações subterrâneas são comumente utilizadas para a implantação de estruturas do circuito hidráulico de geração e estruturas de desvio do rio. O início da escavação ocorre após o preparo da face de emboque, executado pela atividade de escavação a céu aberto. Normalmente são utilizados equipamentos e métodos especiais de escavação para a obtenção de resultados satisfatórios e no prazo pré-determinado.

O processo de escavação é tal que selecione o material produzido de modo a separá-los de acordo com as necessidades da obra. O plano de fogo para o desmonte por explosivos leva em conta a produção de materiais rochosos com características adequadas para o futuro uso com aterro, enrocamento ou como agregado para o concreto.

O projeto de escavações a céu aberto foi desenvolvido a partir dos estudos de arranjo, estudos hidráulicos, estruturais e de geometria das estruturas, em associação às informações e condicionantes geológico-geotécnicas reunidas e consolidadas no modelo geológico elaborado para o sítio de implantação, e considerando as solicitações impostas pela rotina operacional do empreendimento.

O critério geométrico para o desenvolvimento do projeto está apresentado na Tabela 1.

Tabela 1- Critério Geométrico Para Escavações

Material	Inclinação da face	Altura máxima das bermas
Solo	1V:1H	10 m
Rocha	Vertical	10 m

A forma final dos taludes deve ser definida em função não apenas da respectiva situação de estabilidade e requisitos hidráulicos, mas também se levando em conta as condições futuras de acesso e de manutenção.

O projeto geotécnico das escavações a céu aberto apresenta as alternativas de suporte ou tratamentos que poderão ser aplicados em campo. Entretanto, a escolha ou a definição dos elementos de suporte e/ou sistemas de tratamentos efetivamente necessários deve ser feita com base nas observações de mapeamento geológico e nos resultados da classificação geomecânica.

#### 2.6.4 Critérios de Arranjo

A análise dos fatores topográficos, geológicos e hidrológicos no local selecionado para o barramento no estudo preliminar visa conferir ao projeto todas as características de segurança, economicidade e viabilidade ambiental requeridos para o Projeto Básico.

Em função das características topográficas e geológicas da região, bem como da vazão e quedas brutas disponíveis no rio Canoas, a definição do arranjo foi baseada no esquema de casa de força incorporada ao barramento. Diversas alternativas foram estudadas, conforme apresenta o capítulo 6.

Para a seleção do tipo de barramento no aproveitamento, foram considerados os custos e riscos associados ao manejo do rio, além dos resultados obtidos das investigações geológicas e das características geotécnicas do local de implantação.

Levando-se em consideração estes aspectos, além das características topográficas e hidrológicas e as dimensões da barragem, foi considerada a solução conjunta com barragem/vertedouro de concreto compactado a rolo, sendo o vertedouro em soleira vertente e vertedouro controlado por comportas segmento.

Para a construção da estrutura do barramento no leito do rio, foram consideradas 2 (duas) fases de desvio.

Na 1ª fase de desvio, o rio Canoas será desviado para a margem direita, e o lançamento da ensecadeira de primeira fase possibilitará a implantação das estruturas na margem esquerda e em parte do leito do rio. A crista da ensecadeira será estabelecida para a cheia de 50 anos de recorrência anual.

Para o desvio do rio da 2ª fase o rio é desviado para o vertedouro de comportas basculantes, construído no leito do rio durante a primeira fase do desvio. As ensecadeiras desta fase foram dimensionadas para enchente com tempo de recorrência de 20 anos, correspondente ao período seco.

Para o dimensionamento do vertedouro foi adotada a vazão de pico da enchente decamilenar.

As passagens hidráulicas foram dimensionadas economicamente em função das perdas de carga e respeitando-se as velocidades limites convencionais.

O canal de fuga foi dimensionado considerando velocidade máxima de 1,50 m/s para a vazão máxima total turbinável.

### 2.6.5 Critérios Energético-Econômicos

Os critérios energético-econômicos foram estabelecidos para a otimização do potencial hidrelétrico do aproveitamento em estudo.

Para a determinação da energia correspondente a cada motorização, foram realizadas simulações considerando a operação isolada da PCH Canoas. A série histórica hidrológica considerada para os estudos energéticos compreende o período entre março de 1942 e fevereiro de 2018.

As energias associadas ao empreendimento foram:

- Energia média: é a produção contínua de energia obtida no período integral disponível na série hidrológica (não inferior a 30 anos);
- Energia assegurada: é a energia média mencionada anteriormente, descontando as perdas elétricas e indisponibilidade geral;
- Garantia física: é a produção contínua de energia obtida no período integral disponível na série hidrológica (não inferior a 30 anos), considerando a metodologia proposta pelo adendo nº 463/2009.

A diferença entre os cálculos da energia assegurada e da garantia física é que no cálculo da garantia física o nível de jusante, perdas de carga e rendimento da turbina são considerados constantes. Já para a energia assegurada, esses fatores variam conforme vazão afluyente e vazão turbinada.

O critério econômico-energético consistiu-se da determinação da potência onde a relação entre a variação do custo incremental e a variação do benefício incremental atingisse igual a 1 (um). Esta determinação foi efetuada considerando para a tarifa de energia gerada o Custo Unitário de Referência (CUR) de R\$ 226,23/MWh médios e taxa de desconto de 12,0% a.a..

O custo unitário de referência (set-2018) foi obtido corrigindo pelo IPCA o preço médio de venda da energia hídrica do leilão de energia nova A-6 nº 26, realizado no dia 20 de dezembro de 2017.

Demais detalhes técnicos e parâmetros econômicos estão apresentados no item **5.4** (Estudos energéticos) e item **6.5.2** (Estudos de Motorização).

## 2.6.6 Critérios Estruturais

### 2.6.6.1 Cargas de projeto

#### Peso próprio das construções

O peso próprio das estruturas de concreto é avaliado a partir da definição dos pesos específicos dos concretos, devendo ser considerados os seguintes valores:

- $\gamma_c = 24 \text{ kN/m}^3$  quando o peso tem efeito favorável à segurança da estrutura.
- $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$  quando o peso tem efeito desfavorável à segurança da estrutura.

Para concreto ciclópico ou concreto-massa deverá ser utilizado um peso específico de  $24 \text{ kN/m}^3$ . Para os demais materiais de construção deverão ser utilizados os valores característicos correspondentes aos seus pesos específicos, fornecidos pelos seus fabricantes.

#### Pressões hidrostáticas e subpressões

Dependem essencialmente dos níveis de água a montante e a jusante, dos tratamentos de fundação e dos sistemas de drenagem instalados na estrutura.

#### Pressões hidrodinâmicas

A sua determinação é feita, em geral, através de ensaios em modelos hidráulicos reduzidos.

#### Pressões intersticiais

São decorrentes da percolação de água nas estruturas de concreto pelas fissuras ou juntas de construção.

#### Empuxos de terra e enrocamento

Dependem essencialmente das propriedades dos materiais, dos métodos utilizados para lançamento e compactação e das condições de deformabilidade das estruturas.

#### Ações devidas ao vento

Devem ser calculadas de acordo com as prescrições da NBR 6123.

#### Ações acidentais uniformemente distribuídas

O quadro a seguir apresenta os valores recomendáveis a serem consideradas nas diversas áreas da usina:

Quadro 5 – Ações Acidentais Uniformemente Distribuídas

Área de aplicação	Carga (kN/m <sup>2</sup> )
Área de descarga/montagem	60
Sala de máquinas	50

Piso de transformadores	25
Sala de quadros elétricos	15
Plataformas de serviço/oficinas	25
Demais depósitos	15
Sala de bateria e controle	15
Escritórios e escadas	5

### Ações acidentais móveis

As estruturas sujeitas à ação proveniente do tráfego de veículos rodoviários normais ou especiais, equipamentos de montagem ou de construção, serão dimensionadas para as combinações mais desfavoráveis de carga, e atendendo às prescrições da ABNT.

### Ações devidas à retração e temperatura

As análises estruturais decorrentes das variações de temperatura e retração devem atender às prescrições da NBR 6118.

### Condições de carregamento

Foram verificadas as seguintes condições de carregamentos:

- Condições de carregamento normal (CCN)
- Condições de carregamento excepcional (CCE)- consideram uma ação excepcional
- Condições de carregamento limite (CCL) - consideram duas ações excepcionais
- Condições de carregamento de construção (CCC).

#### 2.6.6.2 Segurança das estruturas de concreto

- Equilíbrio como corpo rígido

Nas verificações do equilíbrio global das estruturas, foram realizadas as análises de estabilidade com relação ao tombamento, deslizamento e flutuação para todos os casos de carregamento (CCN, CCE, CCL e CCC).

### Fator de segurança ao tombamento (FST)

$$CST = \frac{\sum M_e}{\sum M_t}$$

Onde:

*FST* = fator de segurança ao tombamento;

$\sum M_r$  = somatório dos momentos resistentes;

$\sum M_t$  = somatório dos momentos de tombamento.

Fator de segurança à flutuação (FSF)

$$FSF = \frac{\sum V}{\sum U}$$

Onde:

$FSF$  = fator de segurança à flutuação;

$\sum V$  = somatório das forças gravitacionais;

$\sum U$  = somatório das forças de subpressão.

Fator de segurança ao deslizamento (FSD)

$$FSD = \frac{\frac{\sum F_v \cdot \text{tg } \phi}{FSD_\phi} + \frac{\sum c \cdot A}{FSD_c}}{\sum F_h} \geq 1,0$$

Onde:

$F_v$  = força normal à superfície de deslizamento em análise;

$F_h$  = força paralela à superfície de deslizamento;

$\phi$  = ângulo de atrito característico da superfície de deslizamento em análise;

$c$  = coesão característica ao longo da superfície de deslizamento;

$A$  = área efetiva de contato da estrutura no plano em análise;

$FSD_\phi$  = fator de segurança relativo ao atrito;

$FSD_c$  = fator de segurança relativo à coesão.

Os fatores de segurança são apresentados no quadro a seguir.

Quadro 6 – Fatores de Segurança

Fatores	Normal (CCN)	Construção (CCC)	Excepcional (CCE)	Limite (CCL)
FST $\geq$	1,5	1,3	1,2	1,1
FSF $\geq$	1,3	1,1	1,1	1,1
FSD $\phi$ $\geq$	1,5	1,3	1,1	1,0
FSD $c$ $\geq$	3,0	2,0	1,3	1,2

A verificação da segurança é complementada, ainda, por uma verificação das tensões no contacto estrutura-fundação. Para as condições de carregamentos normais, não se permite tensão de tração no contacto estrutura-fundação a montante.



- Estado limite último (ELU)

As estruturas de concreto armado são dimensionadas na ruptura, para todos os carregamentos obtidos, a partir dos critérios de combinação das ações indicados a seguir, e devem ser obedecidas às prescrições da NBR 6118 e normas técnicas relacionadas.

Para o caso CCN, os coeficientes de ponderação das diversas ações encontram-se indicados a seguir.

Ações permanentes ( $\gamma_g$ )	Desfavoráveis Favoráveis	
Peso próprio	1,3 (*)	1,0
Pressão hidrostática (NA normal)	1,3 (**)	1,0
Subpressões (NA normal)	1,4	0,9
Empuxos de terra	1,4	0,9
Assoreamento	1,4	0,9
Pressão intersticial	1,0	0,9
Retração	1,2	0,0
Recalques de apoio	1,2	0,0
<i>Ações variáveis (<math>\gamma_q</math>)</i>		
Pressões hidrostáticas (N.A. máximo normal, mínimo normal)		1,3 (**)
Subpressões (N.A. máximo normal, mínimo normal)		1,4
Pressões hidrodinâmicas		1,4
Vento como variável secundária (valor de $\gamma_q, \psi_0$ )		1,4 x 0,6
Efeito temperatura como variável secundária (valor de $\gamma_q, \psi_0$ )		1,2 x 0,6
Cargas acidentais móveis		1,4

(\*)Considerada como ação de pequena variabilidade e, portanto, condicionada a controle a ser garantido durante a execução; caso contrário  $\gamma_g = 1,4$  (0,9).

(\*\*)Se os níveis normais forem considerados como médios dos níveis variáveis:  $\gamma_g = 1,4$  (0,9) ou  $\gamma_q = 1,4$ .

No caso de ações variáveis que acompanham uma dada ação variável principal, devem ser adotados os fatores de combinação  $\psi_0$ , indicados na Tabela 6 da NBR8681.

Para o caso CCE as ações devem ser majoradas com  $\gamma_f = 1,2$ , para o caso CCL com  $\gamma_f = 1,1$  e para o caso CCC com  $\gamma_f = 1,2$ . Independentemente do tipo de combinação, a ação correspondente à pressão intersticial deve ser ponderada sempre com  $\gamma_f = 1,0$ .

- Estados limites de serviço (ELS)

As estruturas de concreto devem atender aos estados limites de serviço (abertura de fissuras e deformações excessivas) para todos os carregamentos indicados acima, devendo ser verificados de acordo com as prescrições da NBR 6118, levando-se em consideração as

---

condições de durabilidade das estruturas, associadas à classe de agressividade ambiental, considerando somente ações normais obtidas a partir dos seus valores característicos, ou seja, adotando-se  $\gamma_f = 1,0$ .

### 3 SUMÁRIO DAS PRINCIPAIS CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A implantação da PCH Canoas, com as características descritas neste relatório, apresenta-se como uma alternativa viável para o incremento da geração de energia elétrica, sendo que, em resumo, chegam-se as seguintes principais conclusões e parâmetros:

#### 3.1 Conclusões

- A PCH Canoas, com potência instalada de 30,0 MW, possibilitará produção de energia com garantia física estimada de 17,45 MW, com fator de capacidade igual a 0,582;
- O custo total de implantação do empreendimento, incluindo o sistema de transmissão, ficou estabelecido em R\$ 172.909.700,00 (sem JDC) totalizando um custo índice de implantação de R\$ 5.764/kW instalado (data-base: nov/2018);
- As obras da PCH Canoas consistirão da construção de um circuito de geração incorporado ao barramento, sem derivação do rio. As estruturas do barramento estão situadas na seguinte ordem, da esquerda para a direita: barragem de enrocamento margem esquerda, tomada de água, bloco de ligação, vertedouro de comportas segmento, vertedouro de soleira livre, muro ala e barragem de enrocamento margem direita. A casa de força possui 3 unidades geradoras do tipo Kaplan Tubular S Jusante, com 10,0 MW instalados cada. A vazão de projeto é de 59,01 m<sup>3</sup>/s para cada unidade, para uma queda líquida de 19,18 m;
- A concepção de estruturas vertentes mistas, com vertedouro de soleira livre e vertedouro de comportas segmento, frente a adoção de apenas vertedouro de soleira livre, possibilita a eliminação das de adufas durante o desvio do rio, além do nível máximo resultarem mais baixo, eliminando a interferência na PCH Pery (a montante – ver item 5.3.1.8.3). Adicionalmente o vertedouro de comportas serve como descarregador de fundo;
- A PCH Canoas conectar-se-á ao SIN por meio do bay de 138 kV na SE Curitiba de propriedade da Celesc Distribuição S.A. Para tanto, a partir da Subestação da PCH Pery II, as usinas compartilharão 19,2 km de LT 138 kV, cabo 336,4 MCM, circuito simples;
- O planejamento construtivo do empreendimento prevê um prazo total de implantação de 24 meses;
- Os estudos econômicos demonstraram que a implantação da usina é viável do ponto de vista econômico financeiro com uma tarifa de referência de R\$ 226,23/MWh, para uma taxa interna de retorno (TIR) real de 12,1%.

### 3.2 Recomendações

- Nos estudos de alternativas foram estudadas alternativas de Kaplan S Tubular Montante e Jusante. O resultado do estudo ficou muito próximo entre as alternativas. Recomenda-se estudar os dois tipos de propostas dos fabricantes para selecionar a opção mais atraente, além de ser considerada a interface civil;
- Recomenda-se realizar investigações geológicas nas áreas de empréstimo (item 9.5), a fim de garantir a conformidade do material a ser extraído;
- É possível encurtar o cronograma total da obra da PCH Canoas caso a barragem de enrocamento da margem direita seja executada ainda na primeira fase do desvio do rio. Essa possibilidade não foi incorporada no projeto básico por apresentar risco hidrológico e interface minuciosa entre a logística da obra e o empreiteiro.

## 4 LEVANTAMENTOS DE CAMPO

### 4.1 Topografia

Os serviços de topografia foram realizados pelas empresas SVN Engenharia de Levantamentos e GeoEnvi – Geologia e Meio Ambiente. Sendo a primeira empresa responsável pelo levantamento dos marcos topográficos, perfis simultâneos de nível de água, sondagens e linhas sísmicas; e a segunda empresa responsável pela geofísica.

O relatório dos serviços de topografia, realizados pela SVN Engenharia de Levantamentos, estão apresentados no relatório enviado pela mesma. Os serviços foram executados no referencial geodésico SIRGAS 2000 e compensação geoidal realizada com o MAPGEO 2015.

O relatório dos serviços de topografia, realizados pela GeoEnvi – Geologia e Meio Ambiente, foram enviados pela empresa e podem ser consultados.

O ANEXO 02 apresenta os dados recebidos dos levantamentos topográficos.

#### 4.1.1 Marco Base

Os serviços topográficos foram realizados utilizando como base os seguintes marcos geodésicos oficiais do IBGE:

- SCCH – Chapecó – SC – 94026
- SCLA – Lages – SC – 94025

A primeira etapa da realização dos serviços topográficos consistiu na implantação de um Marco base, denominado BASE-01 seguido dos demais marcos. O marco base foi implantado com o intuito de servir como base para o levantamento do perfil do rio e também como base para a irradiação dos demais marcos a serem implantados durante o levantamento planialtimétrico cadastral.

Quadro 7 – Coordenadas Marco Base

Dados Planimétricos	Marco Base BASE-01
Latitude	27° 27' 10,069" S
Longitude	50° 40' 17,046" W
Altitude Elipsoidal	772,032 m
Altitude Ortométrica	766,642 m



Figura 3 – Placa de identificação do marco de campo.

#### 4.1.2 Marcos das Estruturas

Além do marco base, foram implantados mais 3 (três) marcos na região das estruturas do projeto básico da PCH Canoas, denominados M-11, M-12 e M-12A.

Quadro 8 – Coordenadas Marcos das Estruturas

Dados Planimétricos	M-11	M-12	M-12A
Coord. Este (m)	531913,169	532166,533	532140,324
Cord. Norte (m)	6964735,361	6964589,519	6964561,432
Altitude Elipsoidal (m)	787,366	777,523	779,134
Altitude Ortométrica (m)	781,986	772,133	773,744

#### 4.1.3 Marcos de Apoio

Outros 30 (trinta) marcos foram implantados na região de abrangência da PCH Canoas. As descrições estão apresentadas no quadro a seguir.

Quadro 9 – Coordenadas Marcos de Apoio

Marco	Coord. Este (m)	Cord. Norte (m)	Altitude Elipsoidal (m)	Altitude Ortométrica (m)
P-01	532429,824	6963415,736	772,529	767,139
P-02	531786,504	6964768,083	795,471	790,091
P-03	532274,408	6964449,617	787,651	782,261
P-04	531876,396	6959304,237	785,649	780,229
P-05	531829,654	6959246,509	787,017	781,597
P-06	532854,341	6959970,844	784,909	779,489
P-07	532793,769	6959923,490	788,739	783,319
P-08	532690,046	6960447,606	785,118	779,698
P-09	532602,866	6960510,162	797,330	791,920
M-1CA	534962,268	6963357,861	802,241	796,811
M3CA	531905,677	6964910,820	778,887	773,507
M-01	533629,690	6962622,808	810,590	805,170

Marco	Coord. Este (m)	Cord. Norte (m)	Altitude Elipsoidal (m)	Altitude Ortométrica (m)
M-01A	533633,369	6962642,320	817,355	811,935
M-02	533924,840	6962236,757	800,816	795,396
M-05	531817,431	6964746,372	795,360	789,980
MC-11	531648,474	6962266,230	783,531	778,141
MC-12	531538,034	6962236,916	806,096	800,716
MC-13	532342,552	6961357,337	786,741	781,331
MC-14	532475,168	6961322,814	784,829	779,439
MC-15	532767,744	6961172,286	784,377	778,967
MC-16	532810,150	6961201,094	790,572	785,162
MC-17	533871,121	6962285,594	788,795	783,375
MC-18	534696,847	6962751,851	800,274	794,844
MC-19	534640,553	6962765,043	817,373	811,943
MC-20	536371,924	6961820,233	791,453	786,013
MC-21	536214,151	6961756,815	788,461	783,021
MC-22	532164,730	6962227,458	779,895	774,495
MC-23	532258,977	6962234,096	779,983	774,583
MC-24	533610,346	6962657,354	820,895	815,475
MC-25	535126,431	6963219,494	821,311	815,881

#### 4.1.4 Levantamento Batimétricos e Planialtimétrico Cadastral

Foram levantados cerca de 2700 pontos em uma área total de 11,01 ha na região do projeto, configurando uma densidade de 40,77 m<sup>2</sup>/ ponto. Desta área total 0,72 ha pertencem a ilha e 10,29 ha de levantamento batimétrico. Pode ser observado na figura abaixo os pontos levantados em planta.



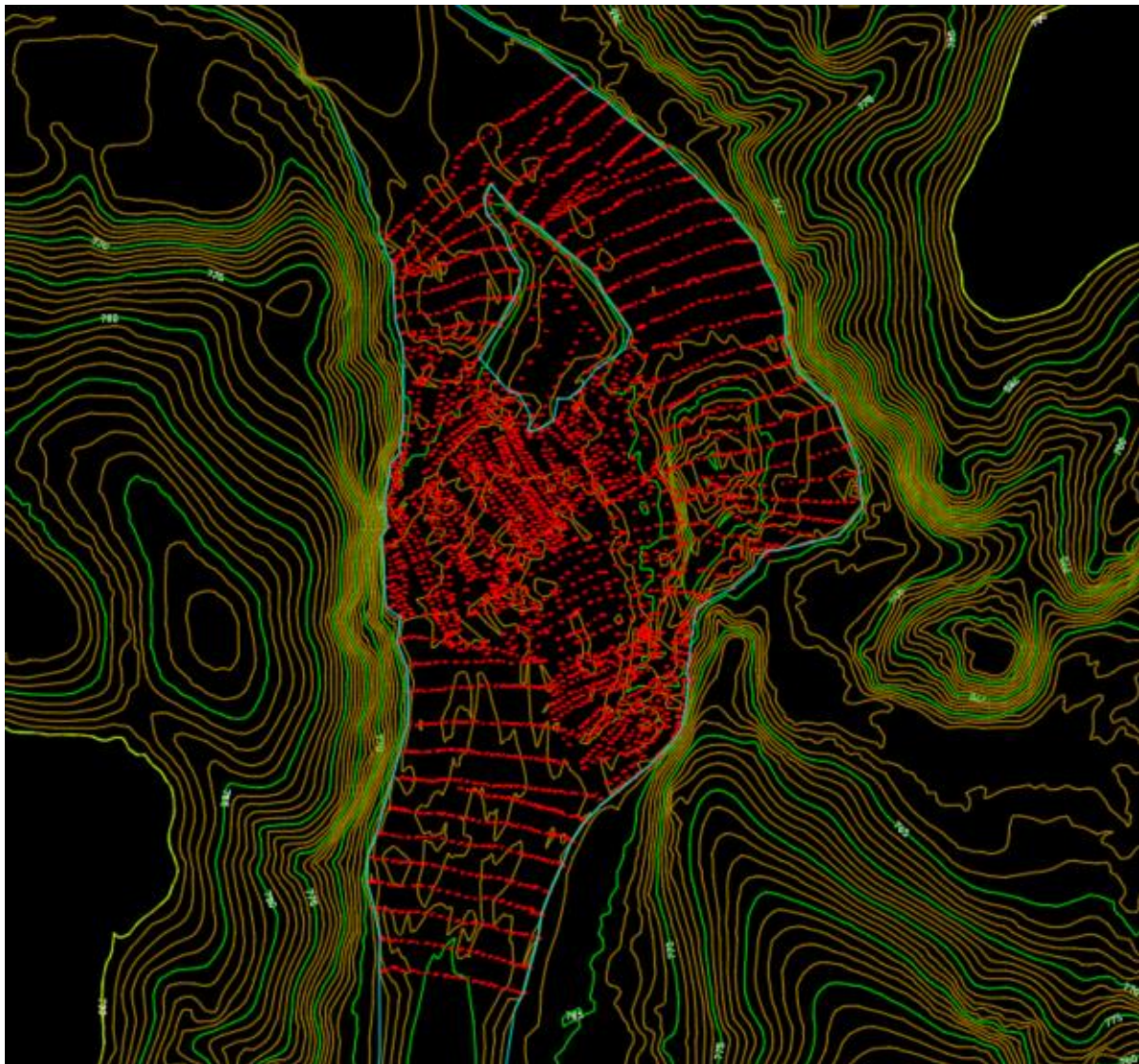


Figura 4 – Pontos batimétricos levantados em campo

#### 4.1.5 Perfis Simultâneos de Nível de Água

Os níveis de água foram levantados em três campanhas distintas. As duas primeiras campanhas o escoamento no rio apresentou condições praticamente idênticas, e a terceira campanha o levantamento foi realizado com o rio um pouco mais seco.

Nas duas primeiras campanhas foram feitas leituras de 12 pontos de forma simultânea, e na terceira foram realizadas leituras em 10 pontos, também de forma simultânea. Os valores medidos encontram-se apresentados no quadro abaixo e Figura 5 ilustra as leituras de nível da água presentes no quadro.

Quadro 10 – Medição simultânea de níveis de água para as duas campanhas

Ponto	11/07/18	20/07/18	07/08/18
PS01	759,294	759,272	758,947
PS02	759,335	759,319	758,969
PS03	759,336	759,352	759,009



Ponto	11/07/18	20/07/18	07/08/18
PS04A	759,342	759,336	759,000
PS05	759,517	759,478	759,162
PS06	759,543	759,527	759,193
PS07	761,240	761,210	-
PS08	762,931	762,910	762,794
PS09	763,126	763,116	-
PS10	763,143	763,134	762,974
PS11	763,165	763,154	762,975
PS12	763,086	763,124	762,909

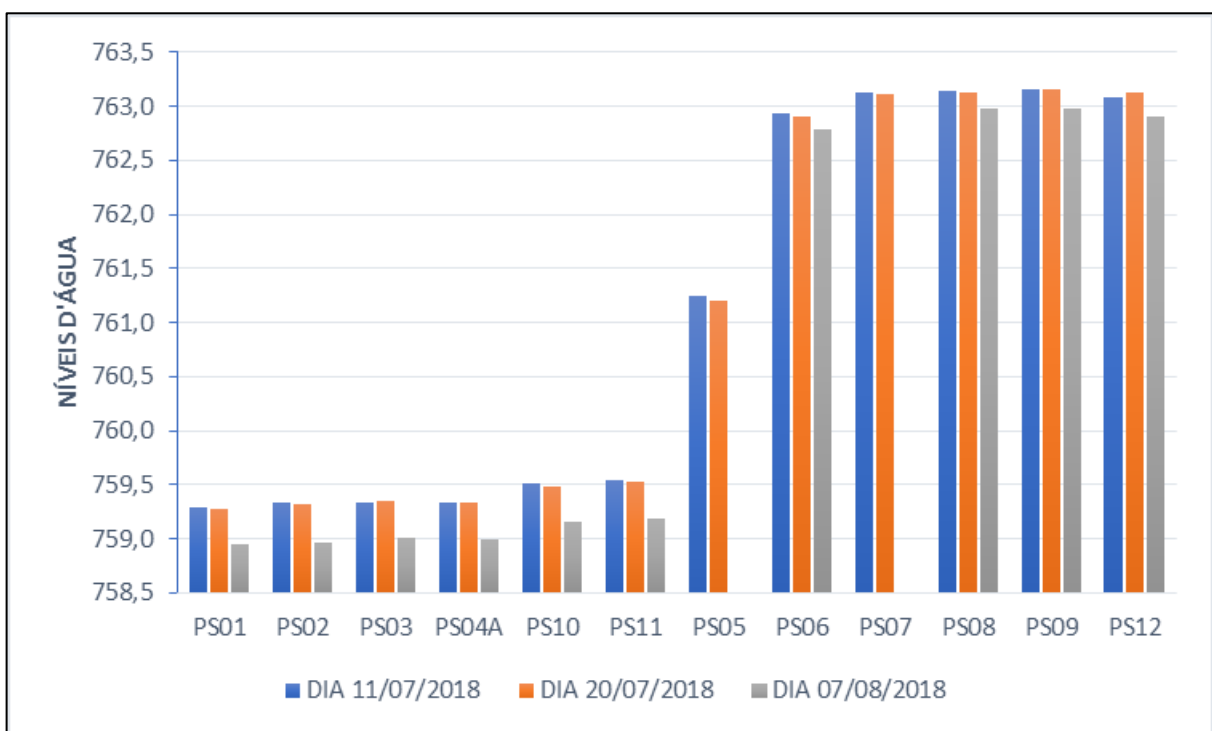


Figura 5 – Leituras Simultâneas de NA

#### 4.1.6 Locação Investigações Geológicas

Para o desenvolvimento de um estudo detalhado de reconhecimento das características geológicas do sítio escolhido para abrigar o empreendimento, foram realizadas algumas investigações, sendo estas sondagens mistas e caminhamentos elétricos. Para isso, realizou-se primeiramente a locação dos pontos de sondagens ao longo do circuito hidráulico e barramento do empreendimento, utilizando-se da Estação Total. Com estes pontos foi possível ir a campo e realizar as sondagens, para posterior caracterização, e definição da melhor localização das estruturas.

O quadro a seguir apresenta os pontos de sondagens locados em campo.

Quadro 11 – Coordenadas dos furos de sondagem

Ponto	Coord. Este (m)	Coord. Norte (m)	Alt. Orto. (m)	Local
SM-11	531.931,00	6.964.586,95	774,594	Margem Esquerda
SM-12	531.914,03	6.964.630,99	782,612	Margem Esquerda
SM-13	531.936,87	6.964.666,97	770,376	Margem Esquerda
SM-14	531.916,00	6.964.695,01	781,083	Margem Esquerda
SM-15	531.937,06	6.964.785,01	769,486	Margem Esquerda
SM-16	532.110,99	6.964.504,05	766,62	Margem Direita
SM-17	532.233,97	6.964.442,04	784,79	Margem Direita

Os pontos locados em campo foram levantados pela SVN Engenharia e o caminhamento elétrico realizado pela GeoEnvi.

Foram estaqueados 45 pontos, espaçados em aproximadamente 20 m, ao longo de 4 caminhamentos elétricos. Nos quadros apresentados abaixo é apontado o primeiro e último estaqueamento de cada caminhamento elétrico respectivamente.

Quadro 12 – Caminhamentos Elétricos

Est. do Caminhamento Elétrico:	Ponto	Coordenada Este (m)	Coordenada Norte (m)	Alt. Orto. (m)	Local
CE-11	CE-11-01	531927,594	6964535,314	767,723	Margem esquerda
	CE-11-11	531941,649	6964734,868	769,145	Margem esquerda
CE-12	LS-12-07	531958.322	6964622.646	764.871	Margem esquerda
	CE-12-10	531790.764	6964652.757	789.107	Margem esquerda
CE-13	CE-13-01	531949,069	6964836,962	762,670	Margem esquerda
	CE-13-10	531907,845	6964661,584	783,369	Margem esquerda
CE-14	CE-14-01	532136.211	6964596.464	764.707	Margem direita
	CE-14-13	532261.429	6964397.330	787.898	Margem direita

Ressalta-se que os pontos foram nomeados pela SVN Engenharia como “LS”, tanto no relatório apresentado pela empresa como nas estacas locadas em campo. Entretanto contratou-se a GeoEnvi para a realização de caminhamentos elétricos, não linhas sísmicas. Com isto optou-se neste relatório em renomear os pontos para “CE”, a fim de alinhar as informações com o serviço executado pela GeoEnvi.

Foram executados quatro Caminhamentos Elétricos, sendo CE-11, CE-12 e CE-13 de 195 metros de comprimento, e o CE-14 de 240 metros. Na figura abaixo estão dispostos os caminhamentos elétricos na área de estudo.

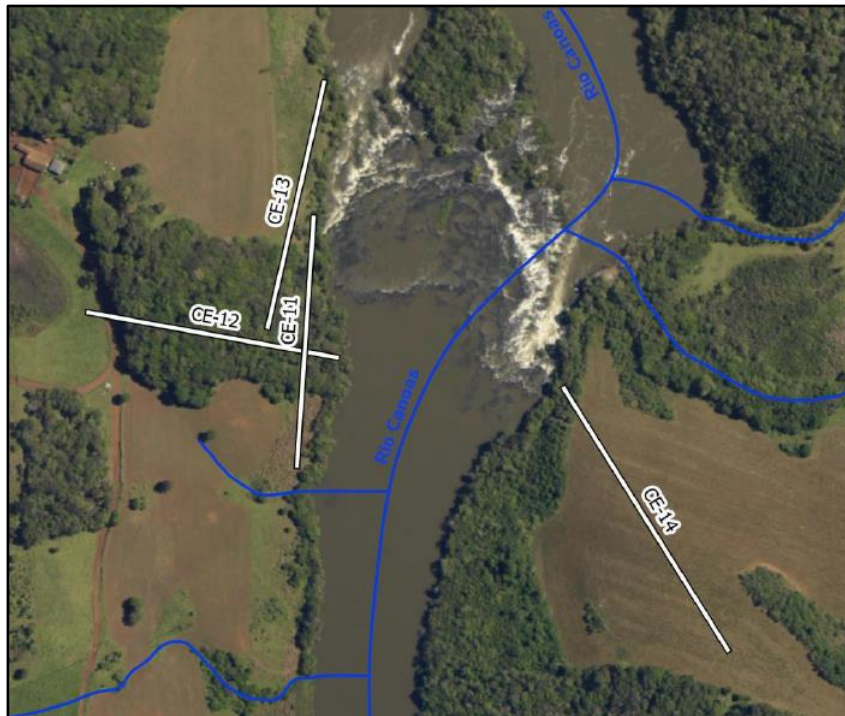


Figura 6 – Localização dos Caminhamentos Elétricos na Área de Estudo

## 4.2 Cartografia

Em 2010, a ECBrasil contratou um estudo cartográfico para os Estudos de Inventário da Bacia do rio Uruguai, realizado pela SAI – Serviços Aéreos Industriais em julho de 2010. No mesmo ano a Engevix contratou também um estudo cartográfico com a empresa TopoTerra, no qual realizou os voos entre 19 e 25/02/2010 na escala 1:20.000.

Em 2015, a Desenvix em conjunto com a ECBrasil, atualizou a cartografia utilizando-se como base os pontos de apoio levantados pela SVN Engenharia. O relatório completo encontra-se no Estudo de Inventário aprovado. A figura a seguir apresenta a área de abrangência do levantamento do estudo de inventário aprovado.

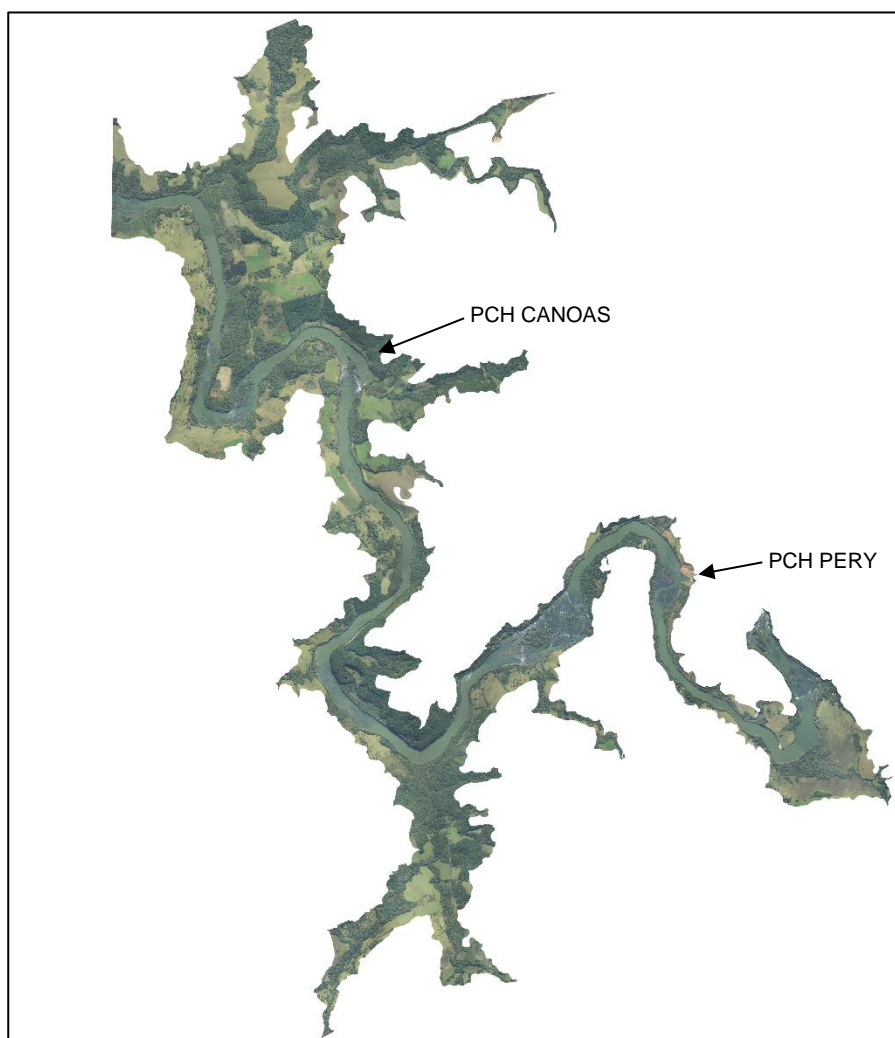


Figura 7 – Área englobada pelo levantamento do estudo de inventário aprovado

Visto que as informações cartográficas deste estudo continuam em conformidade às diretrizes exigidas pela ANEEL, está sendo utilizado estes mapas cartográficos para o presente estudo da PCH Canoas.

### 4.3 Hidrometria

Os serviços de monitoramento hidrológico e telemétrico estão sendo realizados pela empresa Construserv. Foram realizadas quatro campanhas até o término do presente estudo. Os resultados encontram-se no quadro abaixo. Os dados brutos encontram-se no ANEXO 05.

Quadro 13 – Resumo hidrometria dos resultados da 1ª e 2ª campanha

DATA	MARGEM	HORA DE INÍCIO	HORA DE TÉRMINO	TEMPO TOTAL	NÚMERO DE VERTICAIS	ÁREA MOLHADA (m²)	LARGURA RIO (m)	LARGURA DA SEÇÃO (m)	VEL. MÉD. (m/s)	PROF. MÉD. (m)	COTA MÉD. (m)	Q (m³/s)
10/07/18	MD	13:58:31	14:12:10	00:13:39	243	113,28	92,45	101,40	0,87	1,23	2,49	98,69
	ME	13:09:25	13:26:11	00:16:46	188	149,81	78,31	96,50	0,30	1,92	3,73	44,38
06/08/18	MD	14:00:00	15:15:00	01:15:00	32	47,55	89,00	101,40	0,40	0,53	1,88	18,89
	ME	11:20:00	13:03:00	01:43:00	38	84,74	74,00	96,50	0,13	1,15	3,05	11,25

DATA	MARGEM	HORA DE INÍCIO	HORA DE TÉRMINO	TEMPO TOTAL	NÚMERO DE VERTICAIS	ÁREA MOLHADA (m <sup>2</sup> )	LARGURA RIO (m)	LARGURA DA SEÇÃO (m)	VEL. MÉD. (m/s)	PROF. MÉD. (m)	COTA MÉD. (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)
28/09/18	MD	12:30:00	13:48:00	1:18:00	27	73,27	89,00	101,40	0,76	0,82	2,25	55,97
	ME	8:45:00	10:19:00	1:34:00	26	112,39	73,00	96,50	0,21	1,54	3,49	24,09
08/10/18	MD	11:00:00	12:15:00	1:15:00	24	90,40	92,00	101,40	0,88	0,98	2,39	79,61
	ME	9:00:00	10:10:00	1:10:00	23	125,31	75,50	96,50	0,28	1,66	3,64	35,41

#### 4.4 Investigações Geológicas

Com fins de se obter informações a respeito da cobertura e qualidade do solo e das condições geomecânicas dos maciços rochosos que serão alvos das escavações para a implantação do empreendimento e onde estarão fundadas as principais estruturas que compõem a PCH Canoas foram realizadas 7 investigações mecânicas e 4 investigações geofísicas localizadas de maneira a abranger todo o sítio do empreendimento.

A margem direita foi investigada pelas SM-16 e SM-17 e pelo CE-14. Enquanto a margem esquerda, foi investigada pelas SMs 11 a 15 e, pelos CEs 11 a 13.

As investigações mecânicas são caracterizadas por 7 sondagens mistas, totalizando 191,55 m perfurados.

Com exceção ao furo SM-15, nas demais sondagens foram executados um total de 33 ensaios de perda d'água sob pressão nos trechos em rocha, com fins de se verificar a permeabilidade do maciço rochoso.

Foram executados ensaios de penetração em solo (SPT) de modo a se obter os índices de resistência do solo para qualificação do material terroso que será utilizado na obra e também servirá de fundação das estruturas de terra.

As investigações geofísicas são caracterizadas por 4 caminhamentos elétricos. Totalizando 825 m lineares com alcance em profundidade variando de 6 a 46 metros de investigação.

As investigações geofísicas foram executadas de modo a somar os resultados obtidos pelas investigações mecânicas fornecendo informações a respeito de prováveis ocorrências de feições geológicas de interesse, tais como superfícies da rocha, contatos litológicos, zonas de fraturamento, presença de cavidades, eventuais níveis d'água, etc.

As interpretações referentes às investigações geológicas executadas estão apresentadas no Relatório Geologia Local. Nos relatórios da GH Sondagens e da Geoenvi encontram-se as informações das investigações mecânicas e geofísicas.

O ANEXO 04 apresenta os dados recebidos dos levantamentos geológicos e geofísicos.



#### 4.4.1 Investigações Geofísicas

Os serviços referentes às investigações geofísicas foram compostos por 4 caminhamentos elétricos (CE-01 a CE-04) atingindo até 50 metros de investigação em subsuperfície. Os trabalhos de campo foram executados no período de 23/07 a 27/07/18. A seguir segue o relato fotográfico da execução dos caminhamentos elétricos.



Figura 8 – Execução do CE-11 na margem esquerda.

Fonte: GEOENVI



Figura 9 – Execução do CE-12 na margem esquerda

Fonte: GEOENVI



Figura 10 – Execução do CE-13 na margem esquerda

Fonte: GEOENVI



Figura 11 – Execução do CE-14 na margem direita

Fonte: GEOENVI



Figura 12 – Execução do CE-14 na margem direita

Fonte: GEOENVI



Figura 13 – Execução do CE-14 na margem direita

Fonte: GEOENVI



#### 4.4.2 Investigações Mecânicas

Os serviços referentes às investigações mecânicas são caracterizados por 7 sondagens mistas, totalizando 189,55 m perfurados.

Os trabalhos de campo foram executados no período de 20/07 a 02/08/18. A seguir segue o relato fotográfico da execução das sondagens mistas.



Figura 14 – Execução da SM-14 margem esquerda.

Período de 21 a 23/07/18

Fonte: GH Sondagens



Figura 15 – Execução da SM-12 margem esquerda.

Período de 24 a 26/07/18

Fonte: GH Sondagens



Figura 16 – Execução da SM-11 margem esquerda em 28/07/18

Fonte: GH Sondagens



Figura 17 – Execução da SM-13 margem esquerda. Período de 28 a 29/07/18

Fonte: GH Sondagens





Figura 18 – Execução da SM-15 margem esquerda.  
Período de 30 a 31/07/18  
Fonte: GH Sondagens



Figura 19 – Execução da SM-16 margem direita em  
31/07/18  
Fonte: GH Sondagens



Figura 20 – Execução da SM-17 margem direita. Período de 31/07 a 02/08/18  
Fonte: GH Sondagens



Figura 21 – Fotos em campo das caixas 1 a 6 dos testemunhos do furo SM-11

Fonte: GH Sondagens



Figura 22 –Fotos em campo das caixas 1 a 9 dos testemunhos do furo SM-12

Fonte: GH Sondagens





Figura 23 – Fotos em campo das caixas 1 a 3 dos testemunhos do furo SM-16

Fonte: GH Sondagens

## 5 ESTUDOS BÁSICOS

### 5.1 Estudos Hidrometeorológicos

Este relatório tem por objetivo apresentar os estudos hidrológicos elaborados para o desenvolvimento do Projeto Básico da PCH Canoas.

Este aproveitamento hidrelétrico está sendo proposto para ser implantado na Bacia Hidrográfica do rio Canoas (Código ANA - 71), no estado de Santa Catarina.

Neste estudo analisou-se as características fisiográficas e climáticas da bacia, ainda, foram determinadas as vazões médias mensais, curva de permanência, vazões de cheia para diferentes tempos de recorrência, vazões mínimas de estiagem para atendimento das condições ambientais, estudos do reservatório e estudos hidrossedimentológicos, com a análise da vida útil do reservatório.

#### 5.1.1 Caracterização Fisiográfica

O rio Canoas, sub-bacia 71, faz parte da Bacia do rio Uruguai (7), na região centro-oeste de Santa Catarina. Seus principais afluentes pela margem direita são os rios João Paulo, do Desquite, dos Cachorros e das Marombas, e pela margem esquerda os rios Ponte Alta, dos Macacos, dos Índios, do Tributo e das Caveiras. Tem suas nascentes na Serra Geral, na elevação 1.780 m no município Bom Retiro, escoando em direção oeste com uma extensão total de aproximadamente 500 km até a sua Foz com o rio Pelotas.

A bacia hidrográfica do rio Canoas até o eixo da barragem da PCH Canoas apresenta as seguintes características:

- Extensão do curso principal de água (L) = 391,92 km
- Área de drenagem (A) = 5.647,59 km<sup>2</sup>
- Perímetro (P) = 465,36 km
- Diferença de cotas (H) = 1017 m
- Comprimento axial da bacia (LA) = 146,83 km
- Comprimento de todos os cursos de água da bacia (LT) = 8206,19 km

Coeficiente de compacidade (Kc): é a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia, ou seja:

$$A = \pi r^2 \rightarrow r = (A/\pi)^{0,5} \rightarrow Kc = P/(2\pi r) \rightarrow Kc = P/(2\pi \times (A/\pi)^{0,5})$$

$$Kc = 0,28 \times (P/(A^{0,5}))$$

onde:

P = perímetro da bacia (km);

A = área de drenagem da bacia (km<sup>2</sup>).

O índice de compacidade Kc é uma medida do grau de irregularidade da bacia, já que para uma bacia completamente circular o valor do índice de compacidade é igual a 1.0. Desde que outros fatores não interfiram, quanto mais próximo da unidade for o índice de compacidade maior será a potencialidade de ocorrência de picos elevados de enchentes.

- Fator de forma (Kf): é a relação entre a área da bacia hidrográfica e o quadrado de seu comprimento axial, medido ao longo do curso de água principal, desde a foz (ou barramento) até a cabeceira mais distante, próxima do divisor de águas, ou seja:

$$Kf = A/L_A^2$$

onde:

A = área de drenagem da bacia (km<sup>2</sup>);

L<sub>A</sub> = comprimento axial da bacia (km).

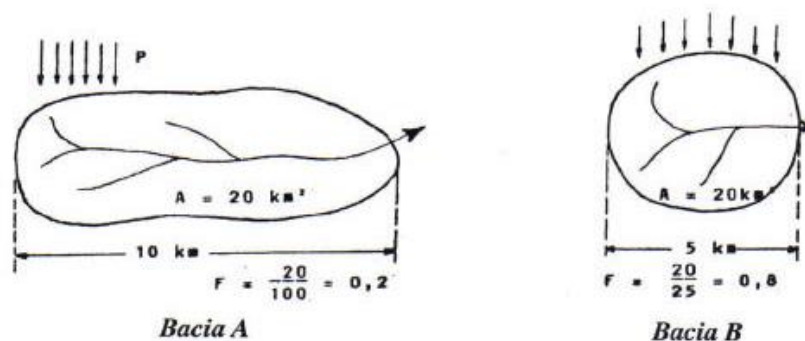


Figura 24 – Determinação do fator de forma para duas bacias de mesma área

O índice de conformação relaciona a forma da bacia com um quadrado. O escoamento direto de uma chuva na bacia (A) não se concentra tão rapidamente como em (B), além do fato de que numa bacia estreita e longa (A), a possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo, ao mesmo tempo toda sua extensão, é menor que em bacias largas e curtas (B). Portanto, para bacias de mesmo tamanho, estará sujeita a enchentes menores aquela que possuir menor fator de forma.

- Declividade média da bacia (S): considerada como sendo a relação entre o desnível entre a nascente e o eixo do barramento pela extensão do curso de água principal até o barramento, ou seja:

$$S = H/L$$

A declividade dos terrenos controla em boa parte a velocidade com que se dá o escoamento superficial, afetando o tempo que leva a água da chuva para concentrar-se nos leitos fluviais que constituem a rede de drenagem das bacias. A magnitude dos picos de enchente, e a

maior ou a menor oportunidade de infiltração e susceptibilidade para erosão dos solos, dependem da rapidez com que ocorre o escoamento sobre os terrenos da bacia.

- Tempo de Concentração ( $T_c$ ): o tempo necessário para que toda a bacia contribua com 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 de uma bacia, leva para atingir esta seção. Para o cálculo do tempo de concentração adotou-se a fórmula do *Soil Conservation Service*:

$$T_c(\text{min}) = 57 \times L^{1,155} \times H^{-0,385}$$

- Densidade de Drenagem (DD): relação entre o comprimento total dos cursos de água de uma bacia e a sua área total:

$$DD = L_T/A$$

A DD é um índice importante, pois reflete a influência da geologia, topografia, do solo e da vegetação da bacia hidrográfica, e está relacionado com o tempo gasto para a saída do escoamento superficial da bacia.

Quadro 14 - Características Fisiográficas

Bacia	Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )	Comprimento Rio Principal (km)	Cota Foz (m)	Cota Nascente (m)	Comprimento Axial (km)	Perímetro (km)	Comprimento de todos os Rios (km)
PCH Canoas	5.647,6	391,9	763,0	1.780,0	146,8	465,4	8206,19

Quadro 15 - Parâmetros Fisiográficos

Bacia	Diferença de Cotas (H)	Índice de Compacidade (Kc)	Fator de Forma (Kf)	Declividade Média (S)	Tempo de Concentração (Tc)	Tempo de Concentração (Tc) em horas	Densidade de Drenagem
PCH Canoas	1017,0	1,73	0,26	2,59	55,36	3321,45	1,45



Em relação as características fisiográficas, percebe-se que pelo índice de compacidade, pelo fator de forma, assim como através do desenho, que a bacia é alongada, portanto não sujeitas a picos extremos decorrente da concentração dos volumes das cheias relativas à chuvas intensas.

Cabe ressaltar que, nesta bacia apresenta-se, já em operação, a PCH Aço Popinhak e PCH Pery, ambas a montante da futura PCH Canoas, o que influencia levemente o amortecimento da onda de cheia e retenção de sedimentos, principalmente a primeira, dado que a PCH Pery possui uma barragem de baixa altura, onde as influências sobre as cheias e retenção de sedimentos são quase insignificantes.

### 5.1.2 Climatologia

Os fatores genéticos dinâmicos geradores do clima são os mesmos para todo o sul do Brasil, sendo, portanto, a latitude, a altitude, a orientação do relevo e a continentalidade, os fatores estáticos encarregados de caracterizar as diferenças próprias da bacia.

Os fatores dinâmicos geradores do clima mais importantes são o anticiclone móvel polar da América do Sul e o anticiclone do Atlântico Sul. O anticiclone polar tem muita importância no clima da região, por constituir uma fonte de ar frio dotado de grande mobilidade. O anticiclone do Atlântico Sul constitui uma massa de ar tropical marítima, que com sua subsidência inferior e consequente inversão de temperatura, mantém a estabilidade do tempo e a umidade limitada à camada superficial.

Na bacia, especialmente no inverno e início da primavera, há predominância de tempo bom com dias ensolarados, porém interrompidos por sequências de dias chuvosos, decorrentes da frente polar. As linhas de instabilidade tropical ocasionam dias de chuvas intensas e de curta duração, em particular no final da primavera e no verão.

Para caracterização do clima na bacia utilizou-se os dados da estação climatológica de Lages, disponíveis no endereço eletrônico do INMET:

Quadro 16 - Estações Climatológicas

Código INMET	Nome	Entidade de Pesquisa	Entidade Operadora	Altitude (m)	Coordenadas	Período	Variáveis
OMM: 83891	Lages	INMET	INMET	963,83	Long: -50,33 Lat: -27,81	1961-2017	T. Ev. Ins. UR e P

\* T = Temperatura; Ev = Evaporação; Ins = Insolação; UR = Umidade Relativa; P = Pressão Atmosférica;

Foram coletados e/ou calculados dados mensais de temperatura, evaporação, umidade relativa, insolação e pressão atmosférica.

De acordo com a classificação de Koppen, a bacia hidrográfica do rio Canoas está inserida em uma região de clima tipo Cfa (parte de cotas mais baixas) e também Cfb (partes de cotas mais altas).

Quadro 17 – Classificação de Koppen

C	Clima Temperado
f	Clima Úmido. Ocorrência de precipitações em todos os meses do ano. Inexistência de estação seca definida
a	Verão quente - temperatura do ar no mês mais quente $\geq 22\text{ }^{\circ}\text{C}$
b	Verão temperado - temperatura do ar no mês mais quente $< 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ Temperatura média do ar nos 4 meses mais quentes $> 10\text{ }^{\circ}\text{C}$

### 5.1.2.1 Temperatura

A temperatura do ar em um determinado ponto do Terra está associada à radiação solar incidente, a qual varia com os movimentos da terra (dia/noite e estações do ano), latitude e altitude, e desta forma está diretamente relacionada com a evapotranspiração, umidade do ar, pressão atmosférica e ventos.

Em relação a caracterização da temperatura, foram coletados dados diários para o cálculo das temperaturas médias mensais, máximas e mínimas diárias de cada mês na região. Os dados encontram-se apresentados nos quadros e gráficos a seguir.

### 5.1.2.2 Temperaturas Médias Mensais

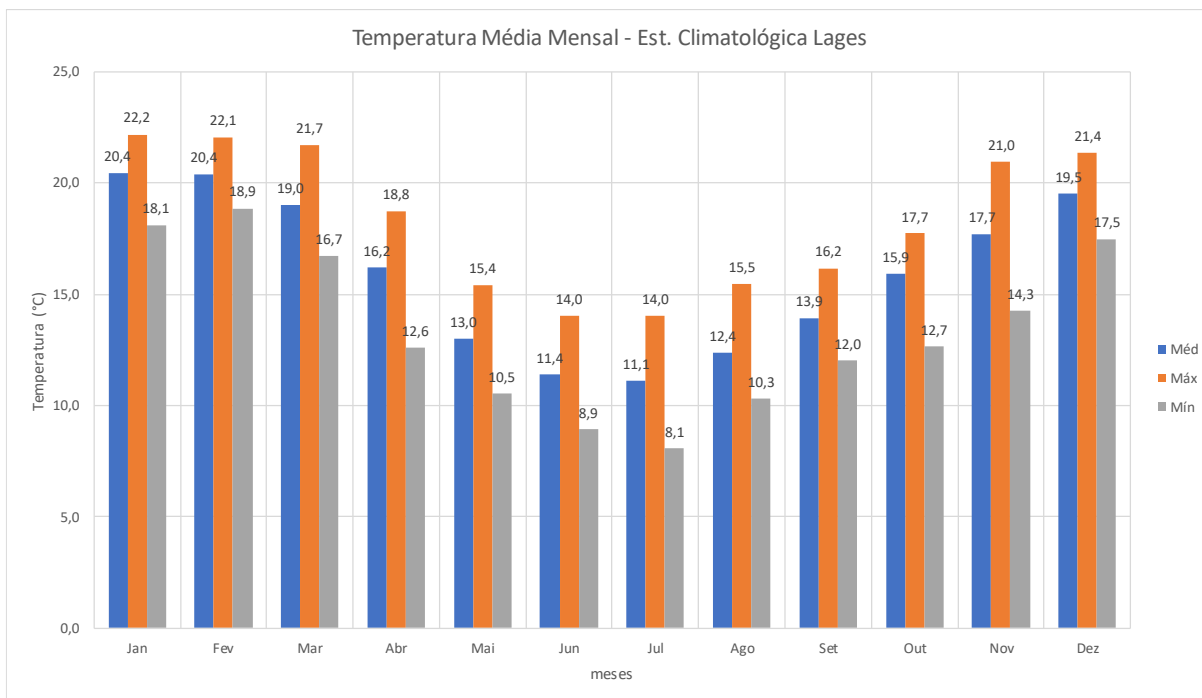
Em relação a temperatura média de longo termo, na região, corresponde à aproximadamente  $19^{\circ}\text{C}$ . As máximas médias mensais são nos meses de verão, principalmente em janeiro e fevereiro, chegando a valores máximos na ordem de  $27,4^{\circ}\text{C}$ , e as mínimas nos meses de inverno, principalmente julho e agosto, com valores mínimos abaixo de  $10^{\circ}\text{C}$ .

Quadro 18 – Temperatura Médias Mensal – Est. Climatológica Lages

Temperatura Média Mensal ( $^{\circ}\text{C}$ ) - Est. Climatológica Lages															
A/M	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd	Máx	Mín
1961	21,12	20,69	18,38	16,14	13,47	12,59	12,59	14,93	14,99	17,56	18,94	20,21	16,80	21,12	12,59
1962	19,54	18,87	19,55	15,74	11,62	9,86	9,19	11,58	14,90	15,14	18,60	20,59	15,43	20,59	9,19
1963	22,18	20,32	20,73	16,95	13,40	10,83	12,07	12,97	16,18	16,11		18,43	16,38	22,18	10,83
1964	20,58	20,78	18,80	16,75	12,79	9,71	8,57	12,05		15,17	16,68	18,39	15,48	20,78	8,57
1965	20,22	20,74	16,72	15,96	12,92	13,07	10,07	12,24	14,18	16,13		19,38	15,60	20,74	10,07
1966	20,32	20,64	19,50	16,60	13,87	11,19	11,82	10,60	12,70	15,23	18,34		15,53	20,64	10,60
1967	19,13	19,00	17,88	16,47	14,50	9,74	10,50	11,96	13,78	17,74	17,07	19,27	15,59	19,27	9,74
1968	19,95	20,19	19,00	12,62	10,53	11,82	11,33	12,03	12,04	15,24	19,23	18,93	15,24	20,19	10,53
1969	19,41	20,58	18,82	15,92	13,32	11,22	10,81	10,53	13,62	13,75	17,38	18,01	15,28	20,58	10,53
1970	20,47	20,23	19,10	16,93	14,64	12,02	10,94	11,26	13,16	14,44	15,25		15,31	20,47	10,94
1971	20,29	20,17	19,18	13,67	11,48	9,36	11,17	12,05	15,18	14,51	16,48	18,70	15,19	20,29	9,36
1972	20,20	19,42	18,58	14,27	14,54	13,56	10,90	11,58	13,32	14,95	17,90	19,18	15,70	20,20	10,90
1973	20,75	21,57		18,75	13,14	12,54						18,91	17,61	21,57	12,54
1974	20,38	20,28	19,25	15,58	13,17	9,23	9,78	11,65	13,36	12,65	14,27	17,47	14,76	20,38	9,23
1975									13,62				13,62	13,62	13,62
1976		19,46	17,82	14,67	12,42	10,21	10,88	11,04	12,61	14,81	17,38	19,30	14,60	19,46	10,21
1977	20,47	21,85	19,41	15,46	13,75	12,01	14,00	12,90	15,61	16,78	17,71	18,91	16,57	21,85	12,01
1978	20,19	19,48	19,53	14,27	10,61	11,04	13,27	11,12	14,05	17,04	17,33	19,30	15,60	20,19	10,61

Temperatura Média Mensal (°C) - Est. Climatológica Lages															
A/M	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd	Máx	Mín
1979	18,12	20,40	17,59	14,09	11,61								16,36	20,40	11,61
1980															
1981															
1982															
1983															
1984															
1985															
1986															
1987															
1988															
1989															
1990															
1991	19,84	19,83	19,48	17,28	14,65	11,81	10,62	12,88	14,55	16,46	17,79		15,93	19,84	10,62
1992	19,96	20,73	19,54	16,00	13,63	13,56	9,74	10,81	14,05	16,35	17,02	19,69	15,92	20,73	9,74
1993	21,00	19,58	19,00	17,63	12,95	10,99	10,42	11,95	12,87	17,41	18,76	19,34	15,99	21,00	10,42
1994	19,66	20,54	18,34	16,32	15,43	10,59	12,09	12,62	14,69	16,69	17,58	21,13	16,31	21,13	10,59
1995	20,83	19,47	18,70	15,41	12,51	12,06	14,04	14,02	13,59	14,82	18,27	20,16	16,16	20,83	12,06
1996	20,74	20,40	18,46	16,88	13,43	9,76	8,92	13,06	13,06	16,19	18,24	20,52	15,81	20,74	8,92
1997	20,94	20,82	18,53	16,00	13,19	11,04	12,64	13,64	15,00	15,29	18,46	20,40	16,33	20,94	11,04
1998	21,05	20,27	18,67	16,32	12,86	10,25	11,81	12,84	13,63	15,89	17,35	19,32	15,86	21,05	10,25
1999	20,57	20,37	20,63	15,61	11,79	10,67	10,98	11,93	14,18	14,16	16,06	19,50	15,54	20,63	10,67
2000	20,60	20,22	18,40	16,67	12,15	12,85	8,06	11,96	13,36	17,49	18,13	20,05	15,83	20,60	8,06
2001										17,06	19,29	19,19	18,51	19,29	17,06
2002	20,57	19,36	21,69	18,12	14,94	12,80	11,28	13,85	12,38	17,70	18,51	20,13	16,78	21,69	11,28
2003	21,15	21,80	19,68	16,37	12,64	13,93	12,43	10,33	14,28	16,31	17,69	18,34	16,25	21,80	10,33
2004	19,81	19,34	18,67	17,82	11,98	11,97	10,59	12,46	15,85	15,51	17,42	19,16	15,88	19,81	10,59
2005	20,92	20,34	19,81	17,13	14,14	14,02	10,66	14,20	12,04	16,66	17,92	18,80	16,39	20,92	10,66
2006	21,87	20,66	19,89	15,73	11,47	12,59	13,32	12,98	13,17	17,31	17,98	21,05	16,50	21,87	11,47
2007	20,97	20,47	21,01	17,89	11,83	11,98	9,30	11,71	16,04	16,94	17,41	20,43	16,33	21,01	9,30
2008	19,47	19,81	18,92	15,40	12,34	9,94	12,85	13,38	12,34	15,65	17,31	19,03	15,54	19,81	9,94
2009	19,31	20,79	20,16	17,34	13,79	9,63	9,58	13,08	13,90	15,89	20,95	20,86	16,27	20,95	9,58
2010	21,24	22,06	19,12	16,19	12,75	11,43	11,44	11,70	14,36	15,01	17,55	19,51	16,03	22,06	11,43
2011	21,69	21,11	18,32	16,71	12,61	10,06	11,37	11,64	13,04	16,68	17,32	18,75	15,77	21,69	10,06
2012	20,22	21,87	19,27	16,45	13,32	11,56	10,30	14,57	14,24	16,58	18,46	21,36	16,52	21,87	10,30
2013	18,93	19,50	17,35	15,33	12,95	12,03	10,43	11,30	13,59	15,17	17,46	20,18	15,35	20,18	10,43
2014	21,45	21,04	18,44	16,27	13,18	11,98	11,26	12,65	15,06	17,30	18,07	19,53	16,35	21,45	11,26
2015	20,86	20,13	19,20	16,35	13,86	11,37	12,36	15,49	14,98	15,99	17,47	20,23	16,52	20,86	11,37
2016	20,85	21,18	18,26	18,68	12,67	8,95	11,19	12,61	13,54	15,31	17,44	19,55	15,85	21,18	8,95
2017	21,07	21,55	19,01	15,60									19,31	21,55	15,60
Méd	20,44	20,41	19,03	16,19	13,00	11,38	11,11	12,39	13,93	15,93	17,71	19,53	15,95	20,65	10,78
Máx	22,18	22,06	21,69	18,75	15,43	14,02	14,04	15,49	16,18	17,74	20,95	21,36	19,31	22,18	17,06
Mín	18,12	18,87	16,72	12,62	10,53	8,95	8,06	10,33	12,04	12,65	14,27	17,47	13,62	13,62	8,06

Gráfico 1 – Temperatura Médias Mensal – Est. Climatológica Lages



Média de Longo Período = 15,95 °C

Clima = Cfb

Média do mês mais quente = 20,44 °C

### 5.1.2.3 Temperaturas Médias Mensais das Máximas Diárias Registradas

Em relação às temperaturas máximas diárias, percebe-se que nos meses de verão foram registradas temperaturas superiores em média à 25°C, porém percebe-se também pelas médias das máximas registradas mensais que mesmo nos meses de inverno são observados períodos de calor, com temperaturas superiores a 20°C. As temperaturas máximas de cada ano são registradas em janeiro e fevereiro, sendo sempre superiores a 30°C.

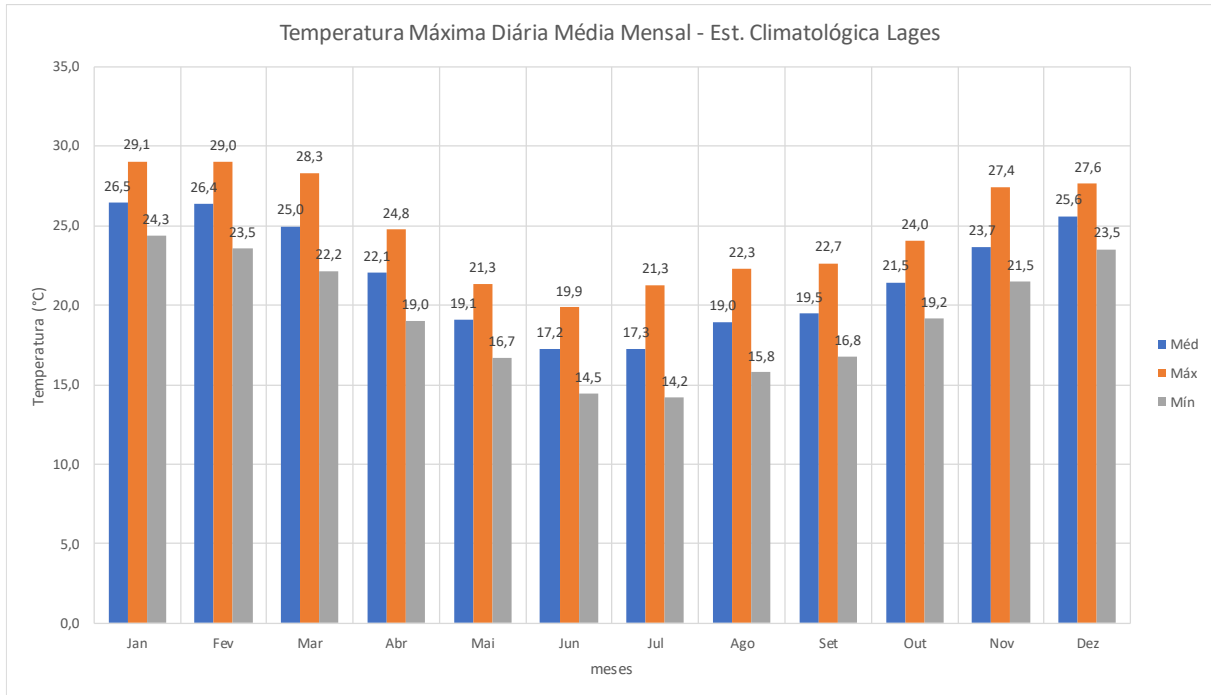
Quadro 19 - Temperaturas Máximas Diárias de Cada Mês - Estação Climatológica de Lages.

Temperatura Máxima Diária Média Mensal (°C) - Est. Climatológica Lages															
A/M	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd	Máx	Mín
1961	27,77	26,69	24,20	21,45	19,97	17,50	18,45	21,74	18,93	23,20	24,49	26,35	22,56	27,77	17,50
1962	25,72	25,35	25,46	21,62	17,44	16,95	14,19	18,77	20,77	20,15	24,67	26,75	21,49	26,75	14,19
1963	26,46	25,91	25,93	23,98	20,27	17,14	18,83	19,18	21,59	20,90		24,77	22,27	26,46	17,14
1964	27,65	27,34	25,32	21,31	19,91	15,94	15,41	17,25		21,80	23,01	24,76	21,79	27,65	15,41
1965	27,26	27,39	22,83	21,09	19,27	19,63	16,14	18,22	18,98	22,38		24,95	21,65	27,39	16,14
1966	27,24	26,22	25,74	22,98	20,28	17,94	17,90	17,08	18,37	20,86	24,58		21,74	27,24	17,08
1967	24,35	23,54	22,15	21,80	20,62	16,68	16,28	18,65	18,90	23,42	22,29	25,17	21,16	25,17	16,28
1968	26,04	26,34	24,33	19,05	17,61	17,73	16,97	17,89	18,11	21,17	25,71	24,96	21,33	26,34	16,97
1969	25,66	26,65	24,42	21,23	19,48	16,38	17,20	17,72	20,12	20,16	23,50	24,33	21,40	26,65	16,38
1970	26,55	26,51	24,52	23,41	20,36	17,26	16,46	16,99	18,67	19,66	21,47		21,08	26,55	16,46
1971	25,94	25,99	24,94	19,60	17,66	14,46	17,85	17,11	20,78	20,35	23,13	25,97	21,15	25,99	14,46
1972	26,49	25,06	24,68	20,24	20,83	18,66	16,85	16,53	18,26	20,12	23,19	24,95	21,32	26,49	16,53
1973	26,45	27,51		24,31	18,59	18,26						24,20	23,22	27,51	18,26
1974	25,49	25,93	24,83	21,46	19,05	14,88	16,63	19,94	20,19	20,91	21,55	23,52	21,20	25,93	14,88
1975									17,41	19,75	21,94	24,96	21,01	24,96	17,41
1976	25,82	25,49	23,76	20,72	17,66	17,31	16,15	16,89	18,56	20,97	23,44	25,67	21,04	25,82	16,15

Temperatura Máxima Diária Média Mensal (°C) - Est. Climatológica Lages															
A/M	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd	Máx	Mín
1977	26,16	28,38	25,24	21,09	20,08	18,33	21,27	18,54	21,95	22,62	23,02	24,80	22,62	28,38	18,33
1978	26,62	25,74	25,72	22,07	19,36	18,06	19,10	17,21	19,17	23,43	23,09	25,28	22,07	26,62	17,21
1979	24,79	27,37	23,33	19,50	18,20	17,31		19,66		20,94	21,46	24,67	21,72	27,37	17,31
1980	25,10	26,01	27,43	24,36	20,41					21,10	22,59	24,62	23,95	27,43	20,41
1981	25,50	26,35	24,56	21,42	21,34		20,89	20,00		19,43	24,29	24,52	22,83	26,35	19,43
1982	25,31	25,50	24,17	21,25	19,71	18,42	19,53	19,78	20,17	20,56	22,18	25,33	21,83	25,50	18,42
1983	26,35	25,29	23,61	20,89	18,47	15,18	15,31	18,04	16,96	21,29	23,69	25,93	20,92	26,35	15,18
1984															
1985	26,65	26,09	25,35	22,13	19,47	17,74	17,53	18,86	18,32	22,77	25,43	26,82	22,26	26,82	17,53
1986															
1987															
1988	27,50	24,78	26,40	20,33	16,88			21,63	19,46	20,51	23,10	25,14	22,57	27,50	16,88
1989	24,75	26,24	24,28	22,18	18,95	17,09			17,34	20,10	23,64	24,98	21,95	26,24	17,09
1990															
1991	26,13		25,93	23,39	20,61	17,48	17,08	18,57	20,35	21,94	23,47		21,50	26,13	17,08
1992	25,98	26,20	24,80	21,13	18,15	18,50	14,96	15,78	19,19	21,91	22,80	26,07	21,29	26,20	14,96
1993	26,76	24,78	24,15	22,48	18,65	16,87	15,94	19,67	17,89	23,12	24,92	24,91	21,68	26,76	15,94
1994	25,58	25,61	23,91	21,74	20,45	16,60	18,12	19,65	20,65	21,41	23,13	27,32	22,01	27,32	16,60
1995	25,84	24,92	24,75	21,96	19,74	18,37	20,01	20,78	19,42	20,21	24,52	27,00	22,29	27,00	18,37
1996	26,99	26,14	23,73	22,26	19,85	15,21	15,02	19,74	18,42	21,12	23,99	26,37	21,57	26,99	15,02
1997	26,49	26,00	24,64	22,86	19,32	16,36	18,71	20,38	20,93	19,17	23,66	26,37	22,07	26,49	16,36
1998	26,42	25,16	23,75	21,21	18,99	16,67	16,97	17,18	17,70	20,87	23,39	25,42	21,14	26,42	16,67
1999	26,54	26,37	26,13	20,93	17,24	16,06	15,97	19,64	20,71	19,15	22,33	25,42	21,37	26,54	15,97
2000	27,05	26,03	23,65	23,21	18,25	17,97	15,72	19,47	18,34	22,68	23,58	26,38	21,86	27,05	15,72
2001										23,06	25,43	25,20	24,56	25,43	23,06
2002	26,54	25,74	28,33	22,84	20,28	17,90	17,05	19,57	18,06	22,89	24,45	25,80	22,45	28,33	17,05
2003	27,03	28,35	25,94	22,53	19,34	19,86	18,74	18,11	21,41	22,56	24,04	23,74	22,64	28,35	18,11
2004	26,18	26,12	25,40	23,37	16,96	18,68	15,66	20,01	22,17	21,85	23,37	25,43	22,10	26,18	15,66
2005	27,38	27,13	26,56	22,78	19,92	19,48	17,25	21,55	16,77	21,66	24,77	25,64	22,57	27,38	16,77
2006	29,06	27,25	26,00	22,45	17,86	18,52	20,11	20,25	19,39	23,77	24,00	27,35	23,00	29,06	17,86
2007	27,39	26,89	27,77	23,72	16,71	18,81	15,58	17,72	22,66	22,05	23,66	27,65	22,55	27,77	15,58
2008	25,58	26,74	25,15	21,86	19,70	15,84	19,92	19,04	18,48	20,71	23,18	26,32	21,88	26,74	15,84
2009	25,82	26,56	27,06	24,43	20,14	15,79	15,32	20,38	18,98	21,98	27,44	27,43	22,61	27,44	15,32
2010	26,97	29,01	25,45	21,90	17,95	16,98	17,25	18,04	19,45	21,27	24,04	25,24	21,96	29,01	16,98
2011	28,41	26,49	23,55	23,05	18,14	15,89	17,19	16,79	19,59	22,86	23,98	25,16	21,76	28,41	15,89
2012	26,83	28,43	27,16	23,00	19,18	17,02	15,68	20,30	20,62	21,70	25,17	27,40	22,71	28,43	15,68
2013	24,96	24,62	22,73	21,54	18,95	17,32	16,96	17,64	19,40	20,75	23,31	26,86	21,25	26,86	16,96
2014	27,90	28,28	24,21	21,64	18,88	16,45	16,63	20,64	20,63	24,05	23,93	25,34	22,38	28,28	16,45
2015	27,33	26,57	25,27	22,24	18,69	17,38	17,45	22,31	21,33	21,01	22,53	25,79	22,32	27,33	17,38
2016	27,09	26,77	24,12	24,75	17,68	15,51	18,29	19,80	21,05	21,68	24,62	25,73	22,26	27,09	15,51
2017	27,70	28,19	25,61	22,11									25,90	28,19	22,11
Méd	26,46	26,36	24,98	22,06	19,07	17,24	17,26	18,95	19,49	21,45	23,66	25,61	21,97	26,99	16,87
Máx	29,06	29,01	28,33	24,75	21,34	19,86	21,27	22,31	22,66	24,05	27,44	27,65	25,90	29,06	23,06
Mín	24,35	23,54	22,15	19,05	16,71	14,46	14,19	15,78	16,77	19,15	21,46	23,52	20,92	24,96	14,19

Temperatura máxima média mensal das máximas diárias registrada no período = 29,06 °C (jan/2006)

Gráfico 2 - Temperaturas Máximas Diárias de Cada Mês - Estação Climatológica de Lages



5.1.2.4 Temperaturas Médias Mensais Mínimas Diárias Registradas

Assim como são verificadas temperaturas elevadas nos meses de inverno, temperaturas baixas também são verificadas em todos os meses de verão com dados disponíveis. As mínimas extremas são encontradas nos meses de inverno, principalmente em julho e agosto, percebe-se que nestes meses de inverno são registradas temperaturas inferiores a 10°C de média mensal das mínimas diárias na Estação Climatológica de Lages.

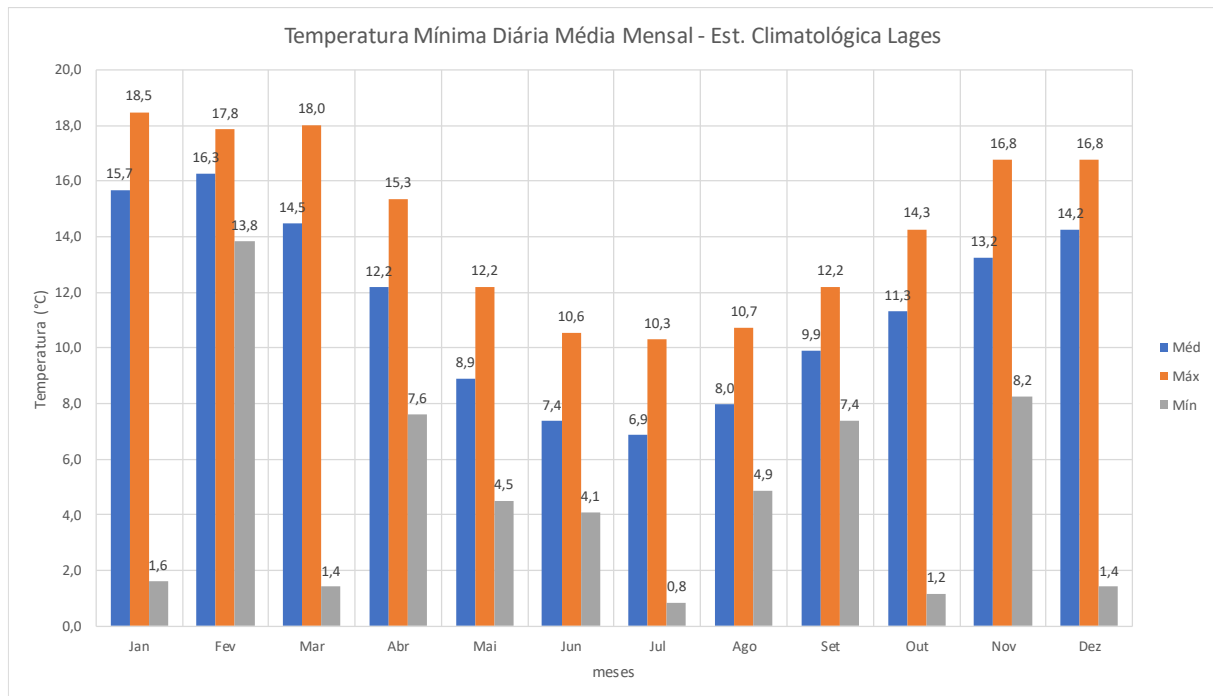
Quadro 20 - Temperaturas Mínimas Diárias de Cada Mês - Estação Climatológica de Lages

Temperatura Mínima Diária Média Mensal (°C) - Est. Climatológica Lages															
A/M	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd	Máx	Mín
1961	16,43	16,77	14,49	12,66	8,96	9,50	8,88	10,35	12,20	13,25	14,79	15,43	12,81	16,77	8,88
1962	14,57	14,30	15,09	11,78	7,20	4,67	4,86	5,74	10,10	10,53	13,01	15,35	10,60	15,35	4,67
1963	18,48	16,09	16,52	10,49	8,06	5,53	7,82	8,66	11,91	12,23	13,42	11,75	18,48	5,53	
1964	15,19	15,90	14,31	13,59	7,98	5,70	4,01	8,69	10,58	11,52	13,29	10,98	15,90	4,01	
1965	14,91	15,53	12,59	12,80	8,94	9,12	6,49	8,07	10,80	11,78	15,68	11,52	15,68	6,49	
1966	15,92	17,11	15,28	12,63	9,66	6,89	7,87	6,32	8,83	10,99	13,83	11,39	17,11	6,32	
1967	14,59	15,89	14,05	11,36	10,21	5,15	6,90	8,15	10,56	13,96	13,04	13,40	11,44	15,89	5,15
1968	14,50	14,46	14,92	7,59	4,51	7,30	7,23	8,13	7,38	11,37	14,62	14,58	10,55	14,92	4,51
1969	15,11	16,69	15,20	13,07	9,49	7,80	6,88	6,18	9,37	9,23	13,70	13,03	11,31	16,69	6,18
1970	16,28	16,29	15,96	12,81	11,07	8,93	8,03	7,71	9,50	10,51	10,57	11,61	16,29	7,71	
1971	16,34	16,76	16,15	9,85	7,85	5,98	6,87	9,00	11,78	10,59	11,80	13,53	11,37	16,76	5,98
1972	16,05	15,96	15,01	10,69	10,95	10,09	7,32	8,60	9,82	11,29	14,15	14,54	12,04	16,05	7,32
1973	16,98	17,58	15,35	9,94	9,22	15,43	14,08	17,58	9,22	15,43	14,08	17,58	9,22		
1974	17,02	17,26	15,69	11,70	9,19	5,24	5,24	6,09	7,70	6,35	8,25	13,35	10,26	17,26	5,24
1975									11,39				11,39	11,39	11,39
1976		15,47	14,13	10,49	8,95	5,74	7,62	7,28	8,42	10,39	12,93	14,67	10,55	15,47	5,74
1977	16,66	17,79	16,00	11,68	9,87	8,22	9,53	9,45	11,37	12,93	14,04	14,89	12,70	17,79	8,22
1978	15,59	15,10	15,29	8,81	4,68	6,46	9,50	7,07	10,44	12,65	13,11	14,93	11,14	15,59	4,68
1979	13,21	15,82	13,63	9,94	7,37	6,87							11,14	15,82	6,87
1980															

Temperatura Mínima Diária Média Mensal (°C) - Est. Climatológica Lages																
A/M	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd	Máx	Mín	
1981																
1982																
1983																
1984																
1985																
1986																
1987																
1988																
1989																
1990																
1991	15,13	14,55	14,98	13,19	10,78	7,59	6,19	8,91	10,83	12,59	13,36		11,65	15,13	6,19	
1992	15,50	17,33	16,30	12,46	10,72	10,42	6,48	7,41	10,83	1,23	12,58	15,02	11,36	17,33	1,23	
1993	17,45	15,99	15,72	14,57	9,53	6,99	6,88	6,47	9,50	13,38	14,05	15,49	12,17	17,45	6,47	
1994	15,08	17,21	14,50	12,60	12,20	6,63	7,92	8,04	10,53	13,50	13,38	16,35	12,33	17,21	6,63	
1995	17,53	15,94	14,64	10,99	7,61	7,82	10,29	9,57		10,69	14,02	15,21	12,21	17,53	7,61	
1996	16,68	16,69	15,12	13,43	9,34	6,14	5,05	8,59		12,57	14,32	16,14	12,19	16,69	5,05	
1997	17,21	17,85	1,46	11,29	8,94	7,50	8,57	8,77	10,65	12,58	14,97	1,60	10,12	17,85	1,46	
1998	17,28	16,71	15,23	13,22	9,07	6,13	0,84	9,99	11,08	12,50	13,20	14,73	11,67	17,28	0,84	
1999	16,39	16,60	17,24	12,17	8,16	6,93	7,84	6,93	9,17	10,89	11,66	15,14	11,59	17,24	6,93	
2000	16,31	16,55	15,04	12,39	8,40	9,64	3,00	6,69	10,37	13,60	14,61	15,48	11,84	16,55	3,00	
2001											13,09	14,94	14,59	14,21	14,94	13,09
2002	16,19	15,08	18,00	15,19	11,78	9,92	7,63	10,43	8,44	14,27	14,08	16,47	13,12	18,00	7,63	
2003	16,74	17,63	15,77	12,30	8,41	10,47	8,35	4,89	9,48	11,79	12,52	14,11	11,87	17,63	4,89	
2004	15,21	13,82	13,72	14,41	8,54	7,32	7,38	7,29	11,70	10,82	13,21	14,69	11,51	15,21	7,29	
2005	16,86	16,06	15,57	13,81	10,27	10,55	6,20	9,36	8,33	13,08	12,88	1,42	11,20	16,86	1,42	
2006	16,84	16,21	15,86	11,02	7,15	8,79	8,71	7,50	8,63	13,03	13,37	16,54	11,97	16,84	7,15	
2007	16,43	16,19	16,62	14,34	8,13	7,15	4,71	7,22	11,69	13,30	12,53	15,74	12,00	16,62	4,71	
2008	15,37	15,23	14,55	10,91	7,50	5,89	8,62	9,80	7,75	11,97	13,42	13,94	11,25	15,37	5,89	
2009	14,48	16,52	15,88	12,73	9,50	5,59	5,44	8,05	10,30	11,68	16,77	16,30	11,94	16,77	5,44	
2010	17,40	17,83	15,10	12,47	9,00	7,31	7,24	7,00	10,64	10,20		14,97	11,74	17,83	7,00	
2011	17,65	17,65	14,39	12,51	8,55	5,63	7,21	8,17	8,00	12,13	12,32	13,69	11,49	17,65	5,63	
2012	15,52	17,43	1,42	12,12	9,20	7,65	6,19	10,72	9,17	12,49	13,27	16,76	11,00	17,43	1,42	
2013	13,95	15,48	13,37	10,47	8,28	7,89	5,25	6,02	9,03	10,53	12,41	14,60	10,61	15,48	5,25	
2014	1,63	15,33	14,05	12,17	8,75	8,07	6,64	6,27	10,37	12,12	13,01	14,52	10,24	15,33	1,63	
2015	15,67	15,27	14,56	12,11	10,22	6,41	7,72	10,09	10,23	1,18	13,37	15,85	11,06	15,85	1,18	
2016	16,07	17,17	13,75	14,68	8,26	4,08	6,15	6,80	8,30	10,80	12,17	14,48	11,06	17,17	4,08	
2017	16,13	16,85	14,59	10,74									14,58	16,85	10,74	
Méd	15,69	16,27	14,46	12,17	8,91	7,37	6,87	7,96	9,91	11,30	13,23	14,23	11,56	16,50	5,74	
Máx	18,48	17,85	18,00	15,35	12,20	10,55	10,29	10,72	12,20	14,27	16,77	16,76	14,58	18,48	13,09	
Mín	1,63	13,82	1,42	7,59	4,51	4,08	0,84	4,89	7,38	1,18	8,25	1,42	10,12	11,39	0,84	



Gráfico 3 - Temperaturas Mínimas Diárias de Cada Mês - Estação Climatológica de Lages



#### 5.1.2.5 Evaporação

A evaporação é o processo físico no qual a água passa do estado líquido para o gasoso através da radiação solar e do processo de difusão molecular e turbulenta. Além da radiação solar, as variáveis que interferem na evaporação, particularmente de superfícies livres de água, são a temperatura do ar, vento e pressão de vapor. A temperatura do ar está associada à radiação solar, e desta forma correlaciona-se diretamente com a evaporação. Os ventos são responsáveis pela renovação do ar acima da superfície evaporante, o que também acarreta em uma relação direta com a evaporação. Entretanto, existe um limite superior no que diz respeito a influência da velocidade de vento no fenômeno da evaporação.

Os dados de evaporação foram coletados através do método de Pichè. O Pichè (atmômetro) são equipamentos que dispõem de um recipiente com água conectado a uma placa porosa, de onde ocorre a evaporação e é constituído de um tubo de vidro com 11 cm e discos planos horizontais de papel de filtro, com 3,2 cm de diâmetro, com ambos os lados expostos ao ar.

Foram determinadas as evaporações totais mensais através da soma de dados de totais diários.

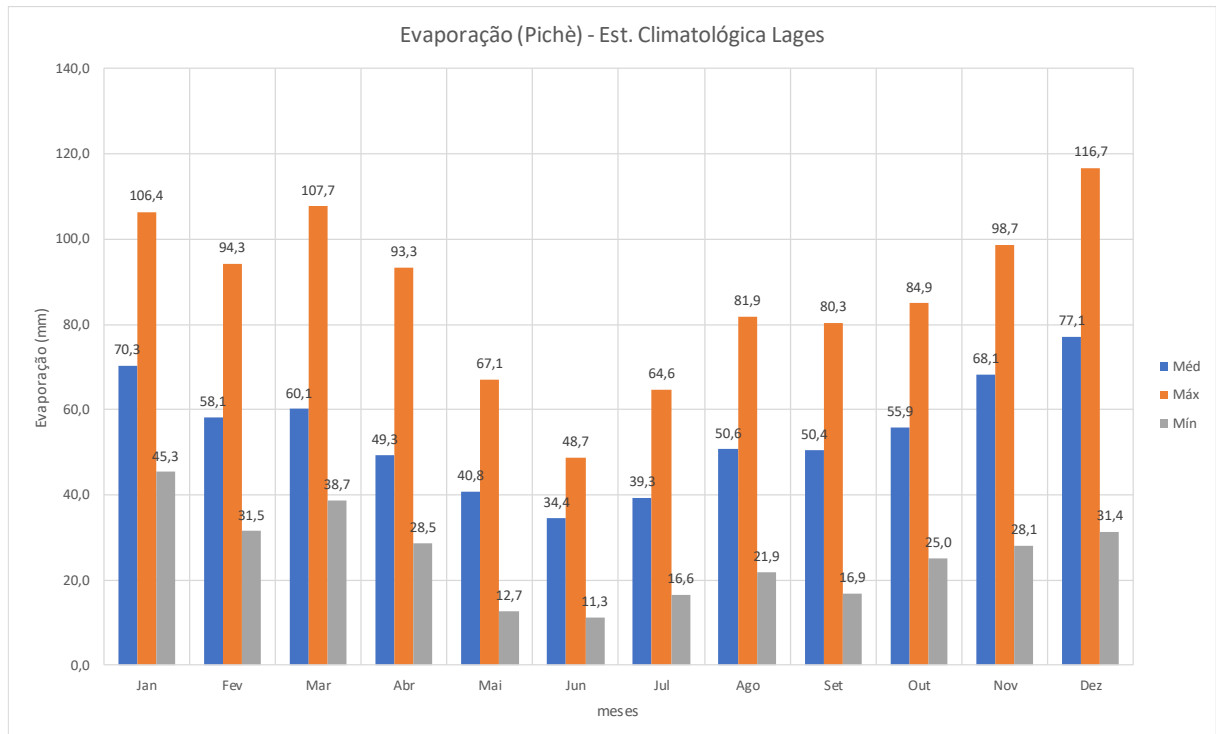
Os quadros e gráficos a seguir mostram uma evaporação de 672 mm em média por ano. Os meses de maior evaporação são de novembro e dezembro e o de menor evaporação é o mês de junho.

**Quadro 21 - Evaporação Total Mensal - Estação Climatológica de Lages**

Evaporação (Piche) (mm) - Est. Climatológica Lages																
A/M	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total	Méd	Máx	Mín
1961	73,90	58,90	54,30	38,00	41,20	30,30	41,90	56,40	27,80	60,90	57,20	86,90	627,70	52,31	86,90	27,80
1962	74,80	64,20	61,00	48,00	44,90	39,80	32,90	55,20	48,50	59,00	75,10	87,50	690,90	57,58	87,50	32,90
1963	57,20	57,20	53,40	63,70	52,40	41,60	44,80	53,00	56,80	44,00		72,70		54,25	72,70	41,60
1964	91,80	58,80	67,20	36,40	45,50	39,70	41,50	38,40		71,60	86,60	77,50		59,55	91,80	36,40
1965	82,20	84,50	58,20	46,60	40,20	33,50	38,90	36,70	39,90	65,50		52,40		52,60	84,50	33,50
1966	61,20	48,30	66,10	47,40	46,90	40,20	45,70	45,10	43,50	58,80	71,00			52,20	71,00	40,20
1967	63,10	37,00	47,00	50,10	45,00	39,80	35,20	44,60	40,20	54,50	56,30	90,90	603,70	50,31	90,90	35,20
1968	79,90	87,00	64,20	55,10	59,40	39,30	33,90	52,80	58,10	49,30	68,10	70,00	717,10	59,76	87,00	33,90
1969	57,90	41,10	51,50	36,90	37,30	29,50	34,40	51,80	47,80	59,80	50,10	78,80	576,90	48,08	78,80	29,50
1970	58,20	52,40	48,00	46,00	35,80	30,80	34,10	45,20	45,40	51,90	69,30			47,01	69,30	30,80
1971	56,70	39,50	39,60	40,90	32,00	24,20	39,30	36,50	42,20	55,10	78,90	78,30	563,20	46,93	78,90	24,20
1972	61,40	47,80	49,50	42,50	35,70	28,60	36,30	33,10	32,10	38,10	43,90	67,30	516,30	43,03	67,30	28,60
1973	48,70	31,50		34,60	32,50	34,70						31,40				
1974	58,30	39,00	50,10	37,40	29,80	34,20	37,80	50,70	30,90	42,70	53,60	53,20	517,70	43,14	58,30	29,80
1975									21,30	50,50	59,20	51,30				
1976	48,20	54,30	45,70	42,20	34,10	34,50	27,80	39,70	45,60	57,50	57,10	71,00	557,70	46,48	71,00	27,80
1977	52,90	49,40	42,40	38,60	38,60	30,20	52,20	33,20	49,40	39,50	50,10	60,20	536,70	44,73	60,20	30,20
1978	63,90	56,50	55,60	59,10	65,60	39,40	32,40	40,00	44,20	60,40	55,40	59,80	632,30	52,69	65,60	32,40
1979	50,00	51,00	38,70	30,00	26,10	37,60		21,90		25,00	44,10	45,40				
1980	45,90	51,10	47,10	39,40	20,00					30,20	51,80	53,10				
1981	54,00	33,50	49,10	36,20	24,40		24,00	30,50		36,40	52,70	55,10				
1982	59,50	32,00	44,10	37,20	27,60	11,30	16,60	24,80	38,50	39,00	28,10	56,60	415,30	34,61	59,50	11,30
1983	53,10	41,50	46,00	29,10	19,80	23,20	19,60	39,50	34,40	46,10	50,70	53,20	456,20	38,02	53,20	19,60
1984																
1985	70,10	44,00	47,00	33,80	45,40	35,10	37,40	40,80	39,70	56,60	81,60	90,10	621,60	51,80	90,10	33,80
1986																
1987																
1988	76,40	49,50	53,40	31,30	12,70			33,60	36,70	49,10	67,80	51,80		46,23	76,40	12,70
1989	45,30	47,00	50,90	28,50	22,90	13,80			16,90	48,10	67,00	68,20		40,86	68,20	13,80
1990																
1991	90,80	84,00	81,90	57,70	42,70	35,90	44,20	51,10	53,50	58,00	63,60			60,31	90,80	35,90
1992	69,20	54,70	44,80	40,30	31,00	30,00	33,90	33,90	44,20	55,90	63,10	75,10	576,10	48,01	75,10	30,00
1993	59,40	44,90	47,00	37,50	36,20	40,30	35,40	64,00	44,90	54,50	72,50	57,70	594,30	49,53	72,50	35,40
1994	70,00	40,60	56,20	43,80	33,80	34,80	64,60	69,60	78,00	56,40	76,20	111,00	735,00	61,25	111,00	33,80
1995	63,60	55,20	76,70	70,60	67,10	47,00	50,50	75,70	77,60	81,80	98,70	116,70	881,20	73,43	116,70	47,00
1996	76,70	62,80	55,30	59,10	51,00	39,60	49,00	64,90	62,70	76,00	79,00	93,70	769,80	64,15	93,70	39,60
1997	77,50	51,50	80,90	84,00	64,20	48,70	51,50	70,50	80,30	44,20	54,50	85,40	793,20	66,10	85,40	44,20
1998	74,20	53,50	60,20	48,60	46,80	47,80	40,10	33,40	42,10	59,40	76,70	98,70	681,50	56,79	98,70	33,40
1999	82,10	63,40	73,60	44,00	48,00	33,40	30,70	65,70	77,10	63,00	83,60	107,10	771,70	64,31	107,10	30,70
2000	84,00	73,00	62,70	69,00	47,40	33,90	54,10	81,90	51,50	63,20	71,80	99,20	791,70	65,98	99,20	33,90
2001																
2002	106,40	94,30	99,20	58,90			54,10	64,40	77,00	66,20	80,30	86,40		78,72	106,40	54,10
2003	105,70	77,20	74,00	67,90	65,20	36,60	46,30	76,90	77,80	76,40	95,60	87,00	886,60	73,88	105,70	36,60
2004	78,30	80,60	87,10	61,50	39,10	41,80	33,80	71,80	58,70	84,90	75,40	85,90	798,90	66,58	87,10	33,80
2005	90,10	90,60	107,70	52,00	39,40	29,30	43,00	61,60	39,30	42,30	75,60	86,60	757,50	63,13	107,70	29,30
2006	81,90	63,90	69,80	55,00	42,10	29,90	35,70	59,90	54,70	57,10	67,70	72,30	690,00	57,50	81,90	29,90
2007	72,00	63,70	58,80	47,00	31,50	34,00	38,60	42,30	64,70	46,50	74,50	87,30	660,90	55,08	87,30	31,50
2008	67,90	69,50	54,10	44,40	46,30	32,40	48,90	47,10	57,50	43,30	78,50	109,00	698,90	58,24	109,00	32,40
2009	98,00	75,70	83,00	93,30	58,20	45,50	46,90	72,90	54,80	71,50	85,00	114,10	898,90	74,91	114,10	45,50
2010	67,30	75,00	64,40	65,10	41,90	34,10	36,50	42,90	50,30	63,30	73,40	68,00	682,20	56,85	75,00	34,10
2011	69,60	46,70	58,70	46,80	35,30	32,50	36,80	34,90	49,80	67,50	67,50	86,20	632,30	52,69	86,20	32,50
2012	72,10	64,80	82,20	72,60	45,70	28,40	35,20	49,40	64,30	52,70	85,50	76,50	729,40	60,78	85,50	28,40
2013	68,60	46,60	46,70	55,50	51,20	30,20	45,60	57,50	62,40	72,70	83,50	94,10	714,60	59,55	94,10	30,20
2014	78,60	90,20	59,20	53,20	42,30	31,00	36,70	69,30	56,00	77,50	76,70	84,00	754,70	62,89	90,20	31,00
2015	71,10	54,70	61,50	49,60	37,40	41,50	30,50	64,20						51,31	71,10	30,50
2016	79,40	55,10	59,80											64,77	79,40	55,10
2017	88,10	73,00	68,20	58,20										71,88	88,10	58,20

Evaporação (Piche) (mm) - Est. Climatológica Lages																
A/M	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total	Méd	Máx	Mín
Méd	70,34	58,08	60,08	49,29	40,83	34,44	39,30	50,64	50,43	55,91	68,14	77,06	672,36	54,78	84,85	33,26
Máx	106,40	94,30	107,70	93,30	67,10	48,70	64,60	81,90	80,30	84,90	98,70	116,70	898,90	78,72	116,70	58,20
Mín	45,30	31,50	38,70	28,50	12,70	11,30	16,60	21,90	16,90	25,00	28,10	31,40	415,30	34,61	53,20	11,30

Gráfico 4 - Evaporação Total Mensal - Estação Climatológica de Lages



### 5.1.2.6 Insolação

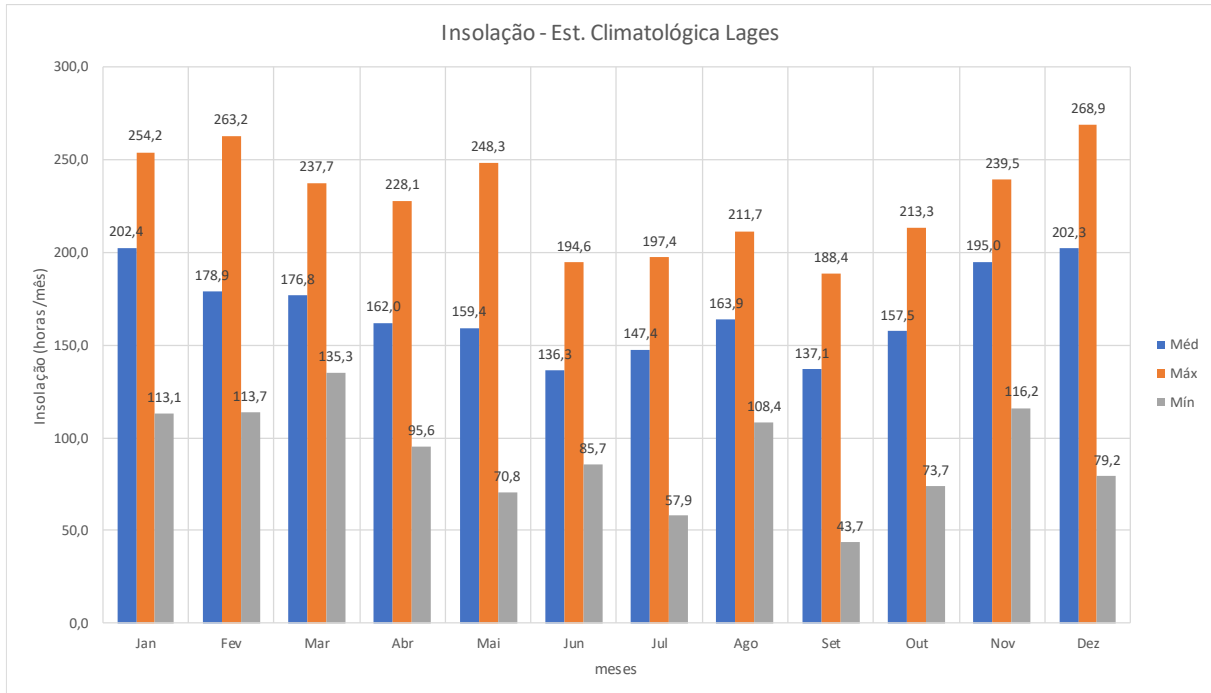
Para encontrarmos a insolação em um dia, calculamos o instante do ocaso e o de nascer e subtraímos do outro. O resultado é o tempo em que o sol aparece visível no céu naquele dia. Usando a conhecida relação entre a altura de um astro e o ângulo horário.

Quadro 22 - Insolação Média Diária de Cada Mês - Estação Climatológica de Lages

Insolação (horas no mês) - Est. Climatológica Lages																
A/M	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd	Máx	Mín	
1961	226,30	178,50	176,60	136,10	183,30	130,90	163,70	204,00	43,70	173,30	180,30	256,40	171,09	256,40	43,70	
1962	229,40	198,80	178,90	139,00	186,90	194,60	144,50	211,70	137,30	168,70	208,40	250,10	187,36	250,10	137,30	
1963	178,40	161,70	161,40	220,20	189,70	183,50	136,10	133,20	87,80	98,50	212,70	160,29	220,20	87,80		
1964	235,80	188,10	181,00	95,60	217,40	166,30	174,10	122,70	204,90	223,80	238,20	186,17	238,20	95,60		
1965	254,20	213,70	177,50	131,50	178,00	164,50	176,50	134,60	112,80	200,00	131,40	170,43	254,20	112,80		
1966	197,80	124,60	203,80	183,30	179,00	159,40	164,50	161,50	151,60	141,20	222,50	171,75	222,50	124,60		
1967	220,00	159,60	201,30	183,90	158,10	125,80	124,10	110,30	130,50	142,60	258,60	164,98	258,60	110,30		
1968	172,20	263,20	152,70	201,90	210,00	132,60	152,60	192,00	177,10	143,00	201,30	187,30	182,16	263,20	132,60	
1969	200,20	174,70	199,90	155,20	166,80	104,10	150,70	177,90	140,40	182,90	143,60	256,10	171,04	256,10	104,10	
1970	248,40	214,80	157,00	201,00	128,50	121,20	150,90	196,40	149,20	151,90	220,80	176,37	248,40	121,20		
1971	179,60	146,70	146,00	168,70	166,40	113,70	181,30	171,20	154,40	201,60	226,50	252,10	175,68	252,10	113,70	
1972	208,30	176,10	171,20	192,20	179,30	113,90	152,10	135,20	115,30	143,40	154,50	246,00	165,63	246,00	113,90	
1973	185,50	188,20	149,10	176,10	157,20	171,20	171,20	171,20	171,20	171,20	171,20	171,20	171,22	188,20	149,10	
1974	223,20	199,30	129,00	177,50	155,40	165,60	174,30	105,10	188,70	176,20	176,20	169,43	223,20	105,10		

Insolação (horas no mês) - Est. Climatológica Lages															
A/M	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd	Máx	Mín
1975										157,60	200,90	200,00	186,17	200,90	157,60
1976	179,70	223,90	168,10	208,70	167,00	180,00	136,10	196,90	139,60	212,90	216,80	268,90	191,55	268,90	136,10
1977	179,90	216,70	157,90	175,20	178,60	154,40	197,40	156,40	162,10	168,90	174,70	222,00	178,68	222,00	154,40
1978	235,40	215,40	208,40	227,30	248,30	161,30	130,80	139,80	162,50	184,00	181,20	240,70	194,59	248,30	130,80
1979			149,70								151,30	150,90	150,63	151,30	149,70
1980		186,70	166,10								172,80	185,70	177,83	186,70	166,10
1981	169,30		185,50								203,50		186,10	203,50	169,30
1982	234,10		168,20	163,70					125,30			184,50	175,16	234,10	125,30
1983	159,90	113,70	177,70	109,70	70,80	95,50	57,90	141,10	130,60	146,20	164,10	155,60	126,90	177,70	57,90
1984															
1985	252,10	149,30	148,50	121,60	187,30	163,80	161,30	120,50	107,90	182,60	239,50	198,50	169,41	252,10	107,90
1986															
1987															
1988	192,10	177,70	183,80								233,00	167,50	190,82	233,00	167,50
1989	113,10		167,20								217,40	210,30	177,00	217,40	113,10
1990															
1991	253,10	253,10	207,10	190,10	181,30	169,40	195,40	158,80	155,40	182,10	205,20		195,55	253,10	155,40
1992	214,20	174,00	149,60	134,60	105,90	113,30	110,80	146,00	145,90	171,50	213,20	228,40	158,95	228,40	105,90
1993	186,10	133,60	139,70	135,00	168,50	132,50	127,00	193,80	120,90	190,20	222,20	225,70	164,60	225,70	120,90
1994	228,70	125,50	186,80	162,00	148,30	154,60	158,00	186,30	134,20	124,30	197,80	218,10	168,72	228,70	124,30
1995	149,40	132,70	189,10	203,90	180,50	136,90	134,90	134,80	117,10	171,00	238,40	251,10	169,98	251,10	117,10
1996	209,60	180,00	135,30	146,20	148,10	137,10	178,10	187,80	170,80	149,60	224,50	215,40	173,54	224,50	135,30
1997	194,80	151,70	232,00	228,10	169,50	124,30	162,10	185,40	143,90	73,70	121,80	189,00	164,69	232,00	73,70
1998	165,20	120,30	135,80	126,80	181,60	179,30	138,20	108,40	94,60	157,90	224,70	236,30	155,76	236,30	94,60
1999	221,80	162,50	204,00	134,30	153,40	124,90	116,70	196,60	157,20	130,70	219,10	213,10	169,53	221,80	116,70
2000	225,80	180,10	168,00	215,10	185,50	117,40	196,70	199,40	131,30	169,40	210,10	236,10	186,24	236,10	117,40
2001															
2002	208,90	206,50	199,40	100,90	128,20	88,90	143,60	151,40	145,70	119,40	182,40	158,60	152,83	208,90	88,90
2003	226,20	177,80	189,40	184,30	187,20	122,50	123,70	203,60	156,30	158,20	205,80	166,60	175,13	226,20	122,50
2004	206,70	216,60	207,70	153,50	107,60	126,80	109,50	188,60	138,90	213,30	188,10	224,10	173,45	224,10	107,60
2005	225,00	226,80	208,20	126,30	145,70	119,70	182,80	164,50	106,30	119,00	212,50	214,60	170,95	226,80	106,30
2006	230,10	192,80	187,20	201,90	157,20	116,70	157,30	183,30	164,30	173,40	182,20	236,30	181,89	236,30	116,70
2007	191,40	195,20	202,50	149,70	114,80	139,20	147,10	111,00	178,60	120,90	226,90	226,70	167,00	226,90	111,00
2008	170,30	204,00	180,70	162,50	170,70	90,90	161,20	132,00	162,20	95,90	166,50	239,30	161,35	239,30	90,90
2009	218,40	147,10	195,20	188,30	126,00	123,50	102,70	175,60	90,90	141,10	116,80	184,30	150,83	218,40	90,90
2010	115,60	172,60	150,30	150,30	113,80	131,90	143,90	159,70	137,70	178,50	219,10	198,00	155,95	219,10	113,80
2011	193,30	121,40	148,70	168,00	137,00	109,60	112,00	115,30	157,70	195,70	206,50	193,10	154,86	206,50	109,60
2012	204,70	198,50	237,70	152,50	162,50	143,10	130,20	176,20	177,10	118,20	221,60	121,30	170,30	237,70	118,20
2013	210,80	144,10	149,60	179,60	129,70	112,80	169,30	156,80	138,10	177,90	196,00	167,70	161,03	210,80	112,80
2014	216,80	218,40	163,70	125,50	131,50	85,70	106,70	204,70	120,20	184,30	172,80	133,10	155,28	218,40	85,70
2015	197,00	163,00	174,80	147,90	106,70	127,40	114,00	180,20	147,10	96,30	116,20	79,20	137,48	197,00	79,20
2016	179,90	161,10	180,20	146,00	97,60	158,80	195,40	152,70	188,40	136,80	210,40	98,70	158,83	210,40	97,60
2017	199,40	176,70	169,80	128,30									168,55	199,40	128,30
Méd	202,41	178,86	176,77	162,00	159,40	136,31	147,42	163,87	137,07	157,50	195,04	202,30	168,99	227,25	115,94
Máx	254,20	263,20	237,70	228,10	248,30	194,60	197,40	211,70	188,40	213,30	239,50	268,90	195,55	268,90	169,30
Mín	113,10	113,70	135,30	95,60	70,80	85,70	57,90	108,40	43,70	73,70	116,20	79,20	126,90	151,30	43,70

Gráfico 5 - Insolação Média e Máxima Diária - Estação Climatológica de Lages



5.1.2.7 Umidade Relativa

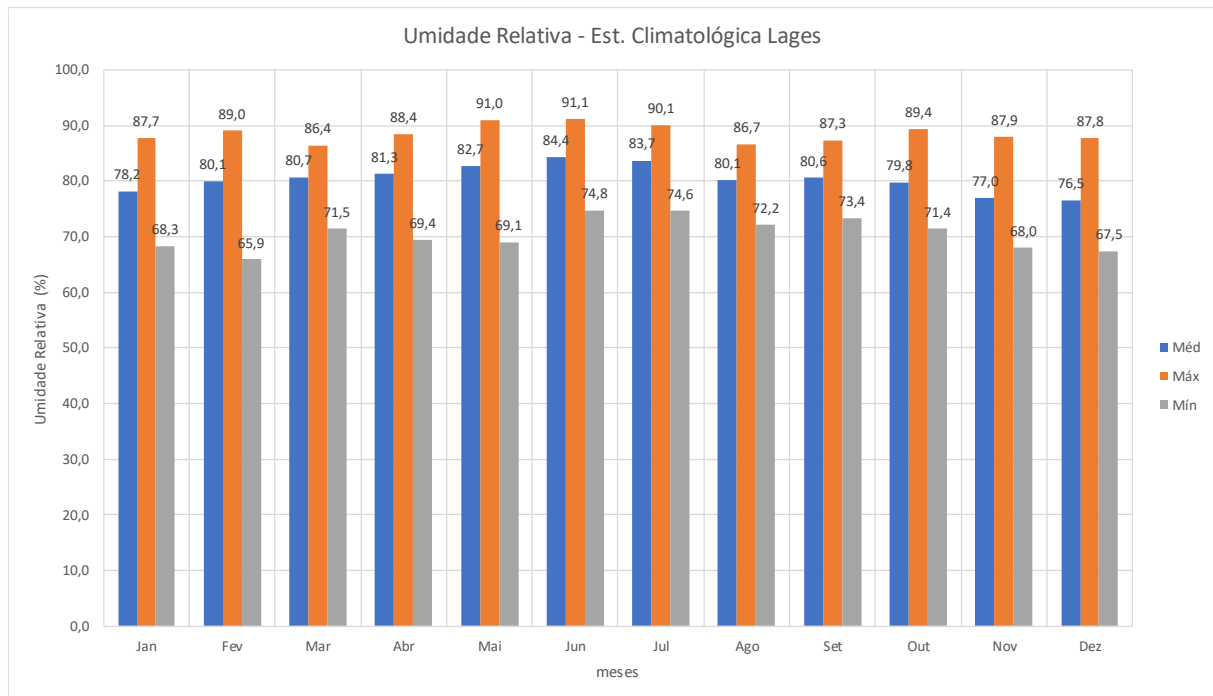
A umidade relativa é a relação percentual que expressa a quantidade real de vapor no ar e o valor de saturação, para a mesma temperatura. Percebe-se pelos dados que a umidade relativa na região é alta, com média superior a 80%. Os meses com umidade média mais baixa são os de verão, já os meses com umidade relativa mais alta são os de inverno.

Quadro 23 - Umidade Relativa Média Mensal - Estação Climatológica de Lages

Umidade Relativa (%) - Est. Climatológica Lages															
A/M	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd	Máx	Mín
1961	75,17	78,46	80,88	83,18	82,29	85,68	81,07	77,99	87,34	79,44	78,18	73,62	80,27	87,34	73,62
1962	74,56	75,88	78,56	79,73	76,91	77,94	81,46	72,64	76,58	71,41	69,73	67,48	75,24	81,46	67,48
1963	75,35	77,26	78,86	69,44	73,93	74,81	80,06	76,64	77,88	83,20		73,69	76,47	83,20	69,44
1964	68,82	73,95	74,47	84,51	75,65	79,88	78,69	85,14		73,52	67,95	72,35	75,90	85,14	67,95
1965	71,95	70,13	76,90	81,50	79,65	84,68	82,56	82,34	82,99	74,65		81,15	78,96	84,68	70,13
1966	78,39	82,37	76,65	80,78	80,39	81,86	79,95	79,23	78,34	76,98	73,45		78,94	82,37	73,45
1967	75,77	84,80	83,17	82,31	83,44	82,30	84,90	82,37	83,00	78,74	80,89	70,87	81,05	84,90	70,87
1968	72,01	69,12	79,59	75,14	75,30	80,49	84,34	78,04	76,65	83,28	76,13	78,02	77,34	84,34	69,12
1969	80,09	84,06	77,89	81,06	80,47	86,61	86,00	77,98	79,56	76,27	83,17	73,13	80,52	86,61	73,13
1970	76,62	77,32	82,94	80,88	84,19	87,91	86,98	81,94	83,28	84,38	76,08		82,05	87,91	76,08
1971	73,60	86,16	85,46	81,95	83,69	84,95	81,50	82,94	82,45	77,93	76,69	76,65	81,16	86,16	73,60
1972	81,51	80,89	83,10	79,02	82,62	86,23	84,25	83,54	82,70	82,32	81,07	70,19	81,45	86,23	70,19
1973	77,04	79,73		79,10	82,85	80,96							79,94	82,85	77,04
1974	87,65	89,04	85,68	81,53	85,60	84,83	83,07	75,94	77,08	75,08	74,44	83,34	81,94	89,04	74,44
1975											78,47	76,32	80,11	78,30	76,32
1976	83,39	77,28	83,75	81,12	84,60	82,94	87,19	79,92	77,74	77,65	77,33	76,60	80,79	87,19	76,60
1977	82,20	80,65	85,34	83,66	83,86	85,68	80,06	84,94	79,94	83,45	82,82	79,97	82,71	85,68	79,94
1978	77,98	78,22	79,26	72,46	69,06	79,53	84,01	79,32	80,99	77,43	77,43	76,14	77,65	84,01	69,06
1979			80,51	82,92		79,59					84,36	78,86	81,91	81,36	78,86
1980	77,24	78,50	80,97	81,01							78,66	81,26	79,61	81,26	77,24
1981	81,63	84,59	79,57	80,92	85,96						82,20	76,24	77,55	81,08	76,24
1982	74,90	84,70	81,98	82,19					81,96	80,10	85,29	75,74	80,86	85,29	74,90

Umidade Relativa (%) - Est. Climatológica Lages															
A/M	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd	Máx	Mín
1983	81,74	84,93	81,56	86,78	91,00	88,49	90,10	81,92	81,35	80,21	77,50	80,45	83,84	91,00	77,50
1984															
1985	75,19	84,94	84,02	85,87	80,48	83,87	84,09	83,60	83,31	76,69	68,85	70,39	80,11	85,87	68,85
1986															
1987															
1988	76,93		77,10	83,20						72,25		76,83	77,26	83,20	72,25
1989	83,00	77,21	80,77							72,67		76,10	77,95	83,00	72,67
1990															
1991	68,32	65,92	71,48	74,64	80,76	82,79	77,81	77,22	77,20	77,06	73,08		75,12	82,79	65,92
1992	77,00	79,41	83,76	82,01	86,34	83,97	82,88	83,13	79,18	75,74	72,51	71,01	79,74	86,34	71,01
1993	78,79	80,46	83,32	83,71	84,51	83,72	84,14	73,64	81,09	79,26	71,26	78,90	80,23	84,51	71,26
1994	73,39	84,29	77,44	79,01	84,29	81,72	80,10	74,65	76,71	82,06	74,21	71,76	78,30	84,29	71,76
1995	82,02	81,68	76,84	76,10	75,10	83,70	83,72	76,34	76,57	72,90	73,23	68,62	77,23	83,72	68,62
1996	79,62	78,99	82,14	81,25	79,37	83,38	77,47	76,85	76,93	77,07	74,83	75,02	78,58	83,38	74,83
1997	79,08	83,30	74,18	69,75	77,22	79,93	79,95	74,06	75,34	85,45	81,09	75,94	77,94	85,45	69,75
1998	80,84	81,96	82,53	82,63	82,16	79,74	84,32	86,68	85,78	81,09	74,22	72,35	81,19	86,68	72,35
1999	76,73	80,46	77,99	82,16	81,48	84,67	85,85	74,81	73,43	79,25	72,43	71,56	78,40	85,85	71,56
2000	75,43	76,53	79,81	75,71	79,95	84,00	74,65	72,15	82,67	78,60	76,51	71,58	77,30	84,00	71,58
2001										81,00	77,47	77,73	78,73	81,00	77,47
2002	74,06	78,16	81,85	88,45	88,10	89,58	85,06	83,46	80,14	84,02	77,76	79,15	82,48	89,58	74,06
2003	74,85	79,16	79,03	79,39	78,94	87,35	84,90	72,98	76,08	78,40	73,18	79,26	78,63	87,35	72,98
2004	78,32	74,00	75,31	84,26	86,84	85,22	86,38	77,34	82,58	75,10	76,28	74,49	79,68	86,84	74,00
2005	77,71	74,97	76,29	85,18	86,21	87,61	82,83	80,45	83,92	84,53	75,39	74,34	80,79	87,61	74,34
2006	77,04	78,43	78,94	78,15	82,37	85,35	84,52	76,14	77,91	79,95	76,39	77,65	79,40	85,35	76,14
2007	79,63	79,97	81,19	83,58	86,61	85,12	82,79	84,54	78,12	83,68	75,01	75,36	81,30	86,61	75,01
2008	79,89	78,64	81,54	83,02	82,41	86,83	84,41	84,31	80,80	85,35	81,78	76,06	82,09	86,83	76,06
2009	79,41	83,52	81,17	78,81	84,67	84,83	86,09	81,68	86,49	82,80	82,88	76,96	82,44	86,49	76,96
2010	83,39	79,71	84,27	83,59	88,30	88,44	87,36	82,89	82,28	79,39	77,17	80,54	83,11	88,44	77,17
2011	81,70	84,54	85,03	85,07	86,71	87,39	86,50	85,84	81,83	77,60	77,25	76,21	82,97	87,39	76,21
2012	77,95	80,26	75,08	80,39	85,14	88,81	87,02	84,65	79,37	84,87	77,97	82,65	82,01	88,81	75,08
2013	79,71	85,89	86,42	85,68	86,15	89,71	85,13	83,76	82,87	82,34	80,58	78,99	83,94	89,71	78,99
2014	81,04	78,60	85,35	86,91	88,92	91,10	89,98	83,01	86,50	84,40	83,39	83,95	85,26	91,10	78,60
2015	84,36	85,29	85,15	86,24	88,92	86,92	89,92	83,99	85,67	89,38	87,89	87,81	86,80	89,92	83,99
2016	83,11	86,29	85,40	86,39	88,90	84,74	85,49	85,37	81,24	85,66	80,25	81,84	84,56	88,90	80,25
2017	82,07	82,67	83,94	83,99									83,17	83,99	82,07
Méd	78,16	80,07	80,69	81,33	82,72	84,35	83,71	80,15	80,55	79,79	77,04	76,53	80,36	85,70	74,06
Máx	87,65	89,04	86,42	88,45	91,00	91,10	90,10	86,68	87,34	89,38	87,89	87,81	86,80	91,10	83,99
Mín	68,32	65,92	71,48	69,44	69,06	74,81	74,65	72,15	73,43	71,41	67,95	67,48	75,12	80,11	65,92

Gráfico 6 - Umidade Relativa Média Mensal - Estação Climatológica de Lages



### 5.1.2.8 Pressão Atmosférica

A pressão atmosférica é o peso que o ar exerce à superfície da Terra. O seu valor expressa-se em milibar (mb) ou em hectopascal (hp). O valor normal da pressão atmosférica é de 1013 mb ou 1013 hp. No entanto o valor da pressão varia por influência de dois fatores principais:

- Altitude (a pressão diminui com a altitude pois diminui a coluna de ar atmosférico sobre um lugar)
- Temperatura (o ar quente é mais leve e sobe, diminuindo a pressão; o ar frio é mais pesado e desce, aumentando a pressão).

Percebe-se pelos quadros e gráficos a seguir que a pressão é inferior a pressão normal á nível do mar em todos os meses, devido a altitude do local estação Climatológica de Lages ser de 936,83 m.

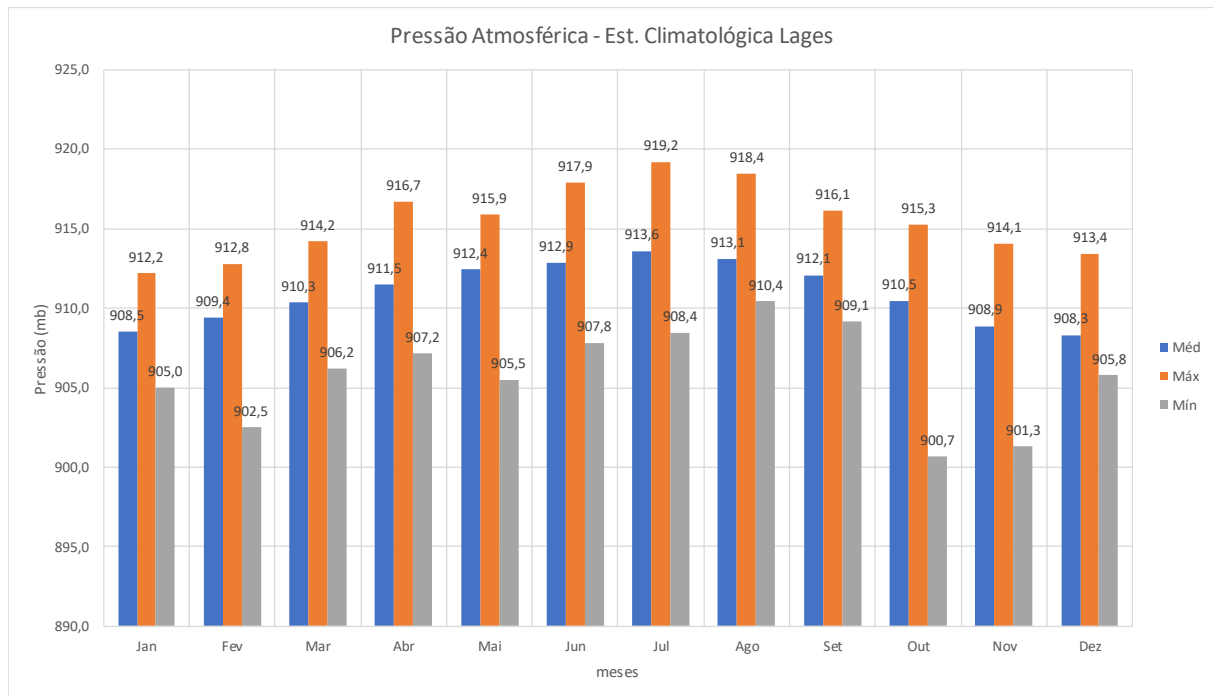
Quadro 24 - Pressão Atmosférica Média Mensal - Estação Climatológica de Lages

A/M	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd	Máx	Mín
1961	908,44	909,86	911,32	910,86	913,56	914,52	914,46	913,08	910,38	910,47	908,38	909,19	911,21	914,52	908,38
1962	909,25	908,74	909,81	911,23	913,06	913,99	914,85	912,66	912,25	911,28	909,25	908,75	911,26	914,85	908,74
1963	907,26	909,95	910,85	911,15	914,01	913,75	913,50	911,40	910,57	910,61		910,28	911,21	914,01	907,26
1964	908,35	907,53	911,52	912,04	913,79	911,77	913,42	913,60		910,16	909,36	906,38	910,72	913,79	906,38
1965	907,72	906,31	909,31	910,58	911,05	914,36	912,79	910,44	910,82	909,45		908,12	910,09	914,36	906,31
1966	908,18	908,26	909,85	911,74	913,11	911,49	913,92	912,87	912,48	909,39	909,53		910,98	913,92	908,18
1967	910,47	911,35	912,31	914,57	915,27	914,53	916,30	915,46	914,86	913,46	910,94	911,92	913,45	916,30	910,47
1968	912,11	912,77	913,76	913,57	915,78	917,89	919,20	917,69	916,06	914,58	912,52	911,72	914,80	919,20	911,72
1969	909,30	911,18	913,07	914,77	915,82	916,14	917,32	914,82	912,88	913,72	911,38	913,40	913,65	917,32	909,30
1970	912,19	912,39	913,57	914,45	913,88	914,49	917,59	916,69	914,20	911,91	910,63		913,82	917,59	910,63



Pressão Atmosférica (mb) - Est. Climatológica Lages															
A/M	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd	Máx	Mín
1971	911,19	912,39	912,60	913,65	915,78	914,77	916,99	918,45	916,12	915,26	914,08	909,87	914,26	918,45	909,87
1972	910,58	912,15	914,18	916,67	915,87	914,44	913,68	912,62	913,43	913,13	909,40	908,02	912,85	916,67	908,02
1973	908,38	909,16		910,36	911,15	909,77						908,92	909,62	911,15	908,38
1974	908,53	909,73	908,95	911,87	912,58	911,62	915,16	911,47	912,19	909,68	908,55	908,02	910,70	915,16	908,02
1975									912,31	908,64	907,96	908,06	909,24	912,31	907,96
1976	908,11	907,89	909,37	910,98	911,08	910,83	913,97	911,95	910,50	909,92	907,83	906,25	909,89	913,97	906,25
1977	907,09	911,26	909,38	911,64	912,23	912,78	910,49	910,87	912,22	911,74	908,69	909,48	910,66	912,78	907,09
1978	909,94	909,36	910,63	911,02	909,68	913,09	911,17	914,14	912,84	909,25	908,54	908,70	910,70	914,14	908,54
1979	905,00	902,48	906,18	907,17	905,50	912,50		910,60	911,74	908,92	908,34	907,99	907,86	912,50	902,48
1980	907,39	907,34	910,39	910,62	911,46			911,21	911,35	911,34	909,03	905,78	909,59	911,46	905,78
1981	909,02	911,08	909,01	911,61	913,27		912,64	912,27	911,06	910,18	906,81	908,33	910,48	913,27	906,81
1982	909,64	909,53	909,07	913,38	912,34	912,04	912,22	912,54	912,22	908,19	908,10	908,03	910,61	913,38	908,03
1983	906,46	909,62	910,01	909,54	909,40	910,43	909,72	913,37	911,57	911,31	908,70	908,25	909,87	913,37	906,46
1984															
1985	906,84	908,35	907,36	909,86	910,88	912,81	914,20	911,27	911,12	908,56	909,31	907,01	909,80	914,20	906,84
1986															
1987															
1988										900,69	901,30	907,26	903,08	907,26	900,69
1989	907,70	908,65	908,97	910,54	915,39	911,26	908,45	910,86	909,18	911,71	906,28	907,71	909,72	915,39	906,28
1990															
1991	907,30	909,14	909,22	910,47	912,31	912,71	913,76	915,92	912,52	910,34	908,09		911,07	915,92	907,30
1992	906,79	910,54	910,62	909,11	909,10	912,50	915,03	914,84	912,19	909,95	909,36	908,38	910,70	915,03	906,79
1993	908,95	909,23	910,66	911,04	911,34	912,47	911,87	913,03	910,50	910,59	907,92	908,15	910,48	913,03	907,92
1994	908,01	908,93	910,42	911,88	911,78	912,38	913,33	913,59	913,19	910,59	908,97	908,31	910,95	913,59	908,01
1995	907,92	909,39	909,84	909,99	912,04	912,09	911,66	912,06	913,79	909,71	909,64	907,91	910,50	913,79	907,91
1996	907,37	909,34	910,14	912,22	912,92	913,65	914,28	913,39	912,48	909,57	908,99	906,58	910,91	914,28	906,58
1997	907,84	910,07	910,64	910,73	913,84	907,85	914,04	914,09	909,30	909,69	909,31	908,33	910,48	914,09	907,84
1998	908,74	909,96	910,27	910,29	912,87	914,61	914,20	911,83	912,17	911,61	909,29	907,00	911,07	914,61	907,00
1999	908,44	908,92	909,49	912,92	912,49	912,12	914,98	914,81	911,18	912,42	909,23	908,37	911,28	914,98	908,37
2000	907,23	909,50	910,40	911,89	911,36	911,69	911,66	912,12	912,18	910,69	908,19	907,20	910,34	912,18	907,20
2001									911,39	910,13	908,59	907,48	909,39	911,39	907,48
2002	908,23	909,31	910,40	911,26	912,01	913,85	913,56	912,72	911,03	909,94	909,25	908,68	910,85	913,85	908,23
2003	908,30	909,83	910,67	911,66	912,41	912,28	914,40	914,12	912,76	911,58	908,43	908,76	911,27	914,40	908,30
2004	908,22	909,84	910,35	910,94	912,27	914,21	914,00	914,61	912,33	910,28	908,60	909,05	911,23	914,61	908,22
2005	907,82	909,09	910,57	911,98	912,16	913,55	915,01	912,53	912,86	910,21	909,59	908,63	911,17	915,01	907,82
2006	909,58	907,85	909,32	910,84	913,30	914,04	913,32	911,75	911,82	910,25	909,39	909,12	910,88	914,04	907,85
2007	907,80	909,49	910,35	912,28	912,13	912,03	911,86	913,47	913,89	910,71	908,16	907,89	910,84	913,89	907,80
2008	909,07	908,70	909,68	908,94	911,52	912,43	913,85	911,23	912,20	911,48	910,10	907,95	910,60	913,85	907,95
2009	908,83	909,15	909,28	911,63	911,21	912,34	912,20	912,39	910,56	909,52	906,99	907,87	910,16	912,39	906,99
2010	908,64	909,00	909,40	912,42	911,53	913,98	914,24	914,28	911,39	909,66	907,37	907,11	910,75	914,28	907,11
2011	906,73	908,75	910,62	911,08	912,77	911,40	912,00	911,55	913,67	908,95	909,64	907,55	910,39	913,67	906,73
2012	908,49	909,21	910,39	910,05	913,40	912,09	912,11	915,79	912,55	909,65	908,69	907,22	910,80	915,79	907,22
2013	909,53	908,87	910,34	911,72	911,26	911,62	913,63	912,43	911,80	910,68	909,19	907,03	910,67	913,63	907,03
2014	909,75	909,91	910,03	911,90	911,52	911,85	914,64	913,08	910,96	911,50	909,30	908,92	911,11	914,64	908,92
2015	910,02	909,70	910,19	911,50	912,37	913,82	911,87	912,57	909,14	910,29	908,74	908,58	910,73	913,82	908,58
2016	908,74	909,63	911,05	910,62	912,82	914,12	912,34	911,89	912,43	910,05	909,02	907,78	910,87	914,12	907,78
2017	908,75	909,38	910,54	911,40									910,02	911,40	908,75
Méd	908,52	909,40	910,33	911,49	912,42	912,87	913,61	913,13	912,09	910,46	908,88	908,31	910,93	914,11	907,60
Máx	912,19	912,77	914,18	916,67	915,87	917,89	919,20	918,45	916,12	915,26	914,08	913,40	914,80	919,20	911,72
Mín	905,00	902,48	906,18	907,17	905,50	907,85	908,45	910,44	909,14	900,69	901,30	905,78	903,08	907,26	900,69

Gráfico 7 - Pressão Atmosférica Média Mensal - Estação Climatológica de Lages



### 5.1.3 Pluviometria

#### 5.1.3.1 Estação Pluviométrica Utilizada

Para o estudo de pluviometria foi analisada a estação mais próxima ao local da usina em operação, disponibilizada no site da ANA (HIDROWEB e SNIRH). O quadro a seguir descreve as características da estação utilizada.

No estudo foram levantados os dados de precipitação total diária, mensal e anual, número de dias de chuva mensal e as curvas de Precipitação x Duração x Frequência.

Quadro 25 – Dados da Estação Pluviométrica Ponte Alta do Sul

Dados da Estação	
Código	02750011
Nome Estação	PONTE ALTA DO SUL
Código Adicional	
Bacia	7 - RIO URUGUAI
SubBacia	71 - RIO CANOAS
Rio	
Estado	SANTA CATARINA
Município	PONTE ALTA
Responsável	ANA
Operadora	CPRM
Latitude	S 27° 28' 54.84"
Longitude	W 50° 23' 6.00"
Altitude (m)	880.0

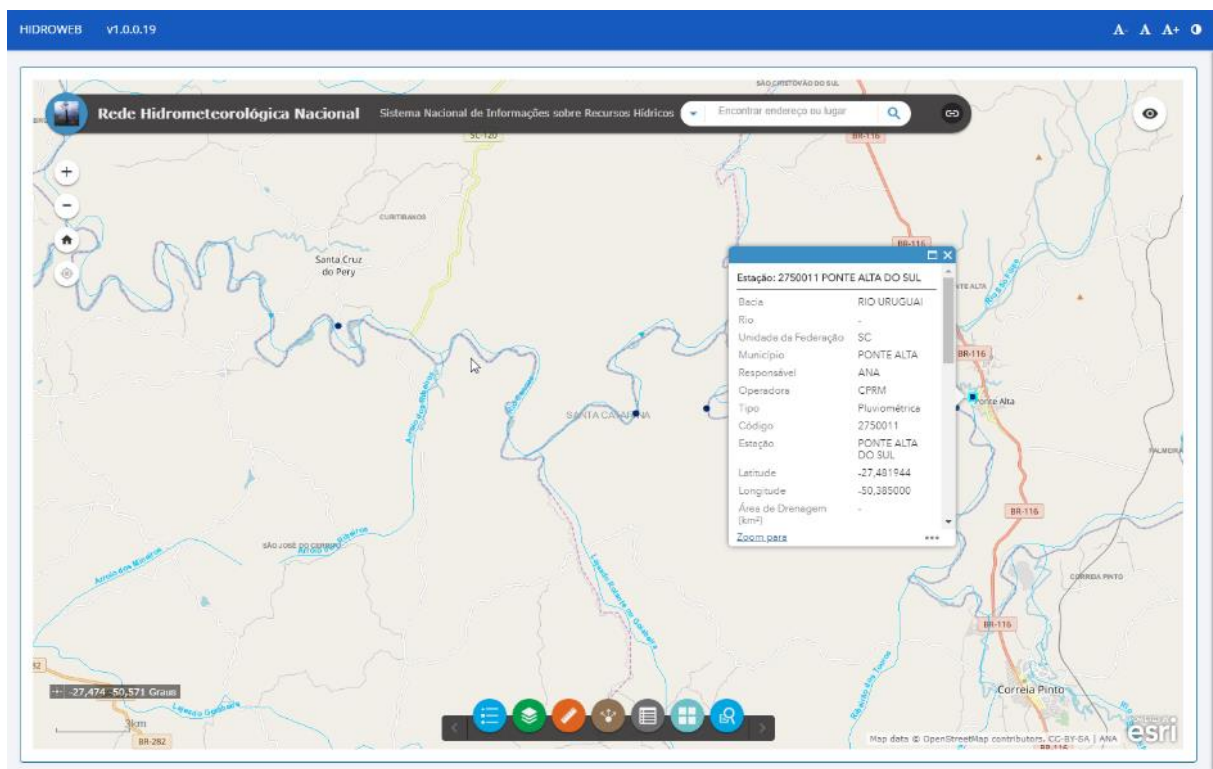


Figura 25 – Localização da Estação Pluviométrica Ponte Alta do Sul (HIDROWEB)

### 5.1.3.2 Precipitação Total Mensal e Número de dias de Chuva

Foram levantados os dados de precipitações totais mensais da estação pluviométrica Ponte Alta do Sul, com o objetivo de conhecer a variabilidade pluviométrica intra-anual. Percebe-se que não há um período seco ou chuvoso definido, que para todos os meses existe uma probabilidade semelhante de volume de chuvas, sendo o volume médio da ordem de 132 mm/mês.

A principal diferença entre os meses se dá nos tipos de chuva, enquanto no verão estão mais sujeitas chuvas de grande intensidade e pequena duração (chuvas convectivas), nos meses mais frios as chuvas de longa duração e menor intensidade ganham espaço (chuvas frontais). É mais comum as cheias serem superiores nos meses de maio a outubro, devido a sequência de dias chuvosos. De maneira geral nas estações, Julho de 1983 é o mês com maior volume pluviométrico, chegando a 743 mm.

Em média, chove aproximadamente 9 dias por mês, chegando ao máximo de 23 dias de chuva. A variabilidade da média de dias de chuva de cada mês é pequena durante os meses, porém nos meses mais quentes é normal se ter mais dias chuvosos, devido as chuvas de verão (convectivas), atreladas à maior evapotranspiração, pelas maiores temperatura (radiação solar).

Os dados levantados encontram-se nos quadros e ilustrados nos gráficos a seguir.

Quadro 26 - Precipitações Totais Mensais - Estação Pluviométrica Ponte Alta do Sul

Precipitação Total Mensal - E. P. Ponte Alta do Sul																
A\M	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total	Méd	Máx	Mín
1957						109,8	187,6	287,8	201,6	119	80,5	85,2		153,1	287,8	80,5
1958	173,3	107,8	190	5,3	93,4	121,9	69,5	145,1	183,1	146,1	143,4	103,8	1482,7	123,6	190,0	5,3
1959	195,7	149,3	66,4	202,4	109,1	89	112,4	87,2	102	81,2	31,3	73	1299,0	108,3	202,4	31,3
1960	96,5	133,8	70,3	64,6	54,7	72,8	40,8	187	56,2	161,2	143,9	66,7	1148,5	95,7	187,0	40,8
1961	192,4	126,5	232	99,6	57,8	93,7	56	74	301,6	167	306,8	120,4	1827,8	152,3	306,8	56,0
1962	56,2	88,4	75,2	63,2	176,1	56,8	91,1	46,2	127	97,7	63,8	79,5	1021,2	85,1	176,1	46,2
1963	370,8	140,3	221	41,4	60,3	15,7	67,6	85,6	223,5	107,2	141,3	86,8	1561,5	130,1	370,8	15,7
1964	69,3	124,8	137,4	133,4	107,4	66,4	57,1	89,4	81,6	39,2	72,4	87,3	1065,7	88,8	137,4	39,2
1965	88,5	61,1	58,7	163,3	109,6	38,7	111,3	170,6	142,3	180	79	131	1334,1	111,2	180,0	38,7
1966	145,7	230,9	92,7	35,7	37	185,7	64,4	83,1	141,1	108,7	29,4	200,2	1354,6	112,9	230,9	29,4
1967	142,6	193,4	78,4	60,2	42,2	70,7	31,8	168,2	130,8	147,3	143,2	86,6	1295,4	108,0	193,4	31,8
1968	145,4	24,4	82,9	112,6	28	44,4	31,2	13,9	124,4	82,9	101,2	110,2	901,5	75,1	145,4	13,9
1969	147,3	250	120,3	80,2	57,8	85,4	91	91,9	125,9	70,6	174,5	46	1340,9	111,7	250,0	46,0
1970	95,7	69,5	144,2	41,8	161,6	181,2	90,7	122,8	72,6	121,8	15,4	180,6	1297,9	108,2	181,2	15,4
1971	182,0	226,0	145,8	208,7	100,0	173,4	76,6	132,4	108,0	98,0	21,2	36,2	1508,3	125,7	226,0	21,2
1972	186,7	197,2	90,3	93,4	22,2	228,2	88,6	370,8	276,0	103,8	123,4	81,4	1862,0	155,2	370,8	22,2
1973	206,3	220,3	84,8	73,4	105,2	194,1	127,2	233,0	165,4	90,4	59,4	167,9	1727,4	144,0	233,0	59,4
1974	158,4	131,2	60,8	44,8	83,4	144,0	79,8	108,2	84,4	101,6	99,2	172,4	1268,2	105,7	172,4	44,8
1975	186,8	105,6	111,0	24,9	67,7	131,0	27,3	182,7	292,5	168,9	120,2	221,3	1639,9	136,7	292,5	24,9
1976	126,0	84,4	224,0	35,4	256,0	56,1	170,0	111,6	100,6	160,7	143,4	152,9	1621,1	135,1	256,0	35,4
1977	175,4	243,6	205,7	43,6	70,4	51,8	106,9	241,2	56,4	211,7	204,5	60,1	1671,3	139,3	243,6	43,6
1978	161,1	9,4	115,7	6,4	64,7	54,7	97,1	56,0	155,5	137,1	131,8	104,1	1093,6	91,1	161,1	6,4
1979	18,0	158,8	69,2	116,6	202,2	26,2	102,3	50,3	67,5	265,0	160,6	193,0	1429,7	119,1	265,0	18,0
1980	90,1	111,9	191,9	80,9	117,7	61,5	127,5	232,2	190,7	196,9	64,6	160,6	1626,5	135,5	232,2	61,5
1981	133,0	183,6	52,2	135,3	24,1	80,5	83,5	94,7	119,7	69,2	59,5	107,7	1143,0	95,3	183,6	24,1
1982	63,2	284,0	100,3	10,9	82,2	92,9	148,5	148,5	29,8	262,5	314,0	62,5	1599,3	133,3	314,0	10,9
1983	215,4	223,7	118,8	187,8	257,5	199,8	743,0	138,6	177,1	68,6	40,5	214,8	2585,6	215,5	743,0	40,5
1984	184,0	162,6	150,6	82,5	87,3	202,8	172,5	385,8	121,9	163,8	107,8			165,6	385,8	82,5
1985								53,1	18,9	76,5	40,0	46,4		47,0	76,5	18,9
1986																
1987																
1988																
1989																
1990	272,8															
1991																
1992																

Precipitação Total Mensal - E. P. Ponte Alta do Sul																
A\M	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total	Méd	Máx	Mín
1993																
1994							202,4	20,2	84,5	190,8	177,2	147,2		137,1	202,4	20,2
1995	257,9	164,5	45,0	84,7	17,0	165,2	64,7	74,7	161,3	198,5	58,5	147,1	1439,1	119,9	257,9	17,0
1996	326,2	134,0	163,6	56,5	1,9	154,1	107,9	175,7	169,8	148,8	30,9	213,1	1682,5	140,2	326,2	1,9
1997	276,4	257,5	46,9	19,9	85,4	146,7	168,4	148,5	138,9	325,9	348,6	174,7	2137,8	178,2	348,6	19,9
1998	182,5	204,3	282,4	287,0	96,7	87,9	171,0	197,4	261,9	110,7	66,0	172,7	2120,5	176,7	287,0	66,0
1999	199,9	162,0	27,8	146,5	98,5	71,2	226,2	40,2	88,0	155,7	88,0	66,9	1370,9	114,2	226,2	27,8
2000	153,4	122,9	173,0	135,8	92,1	132,7	106,3	75,3	301,1	277,0	123,0	266,7	1959,3	163,3	301,1	75,3
2001	326,5	202,9	168,5	141,8	159,3	115,4	105,7	115,3	115,8	265,6	138,2	144,2	1999,2	166,6	326,5	105,7
2002	139,7	120,1	99,5	131,6	95,9	117,1	106,0	145,3	138,6	323,3	285,7	136,7	1839,5	153,3	323,3	95,9
2003	88,1	253,7	170,8	80,5	68,1	94,5	65,0	28,3	59,7	173,7	92,8	326,4	1501,6	125,1	326,4	28,3
2004	147,2	77,9	57,6	106,5	108,0	33,2	214,2	48,3	202,3	206,2	128,9	108,6	1438,9	119,9	214,2	33,2
2005	134,9	67,5	72,3	140,8	284,8	134,7	123,9	181,7	252,5	231,6	87,5	62,3	1774,5	147,9	284,8	62,3
2006	152,3	94,6	137,7	22,0	9,4	55,2			110,2	92,6	194,2	155,4		102,4	194,2	9,4
2007	103,1		189,5	66,9	178,7	40,8			175,4		155,5	168,5		134,8	189,5	40,8
2008	186,7	119,3	150,9	178,5	44,0	162,0	50,7	79,6	166,8	366,7	116,8	133,8	1755,8	146,3	366,7	44,0
2009	171,1	97,3	116,9	25,6	108,2				344,8	121,6				140,8	344,8	25,6
2010			185,9	234,4	228,3	61,3	116,8	78,4	102,7	134,1	158,2	189,4		149,0	234,4	61,3
2011	239,9	193,2	155,4	62,4	144,1	120,2	240,0	339,5	236,4	187,9	103,4	70,2	2092,6	174,4	339,5	62,4
2012	116,0	197,9	24,5		49,7	132,2	170,7	13,3	75,8	225,2	12,2	186,2		109,4	225,2	12,2
2013	93,9	131,6	178,6	53,3	69,9	192,4	75,0	280,7	273,7	161,1	91,5	124,7	1726,4	143,9	280,7	53,3
2014	168,4	206,0	104,6	82,6	185,8	345,6	48,1	49,2	197,3	178,4	207,8	245,2	2019,0	168,3	345,6	48,1
2015	250,5	187,9	85,5	81,0	80,4	147,2	290,8	50,8	383,0	358,3	169,4	146,8	2231,6	186,0	383,0	50,8
2016	89,8	169,4	165,6	136,8	139,9	24,7	106,8	120,4	83,2	210,3	103,7	162,6	1513,2	126,1	210,3	24,7
2017	112,8		50,7	99,7	356,3	172,3	8,9	143,2	42,0	125,6	131,5	111,1		123,1	356,3	8,9
2018	278,3	66,8	166,9											170,7	278,3	66,8
Méd	166,2	151,5	123,7	94,3	106,8	112,7	122,9	132,0	153,7	164,9	120,9	135,3	1588,6	131,9	266,1	38,3
Máx	370,8	284,0	282,4	287,0	356,3	345,6	743,0	385,8	383,0	366,7	348,6	326,4	2585,6	215,5	743,0	105,7
Mín	18,0	9,4	24,5	5,3	1,9	15,7	8,9	13,3	18,9	39,2	12,2	36,2	901,5	47,0	76,5	1,9

Gráfico 8 - Precipitações Totais Mensais - Estação Pluviométrica Ponte Alta do Sul

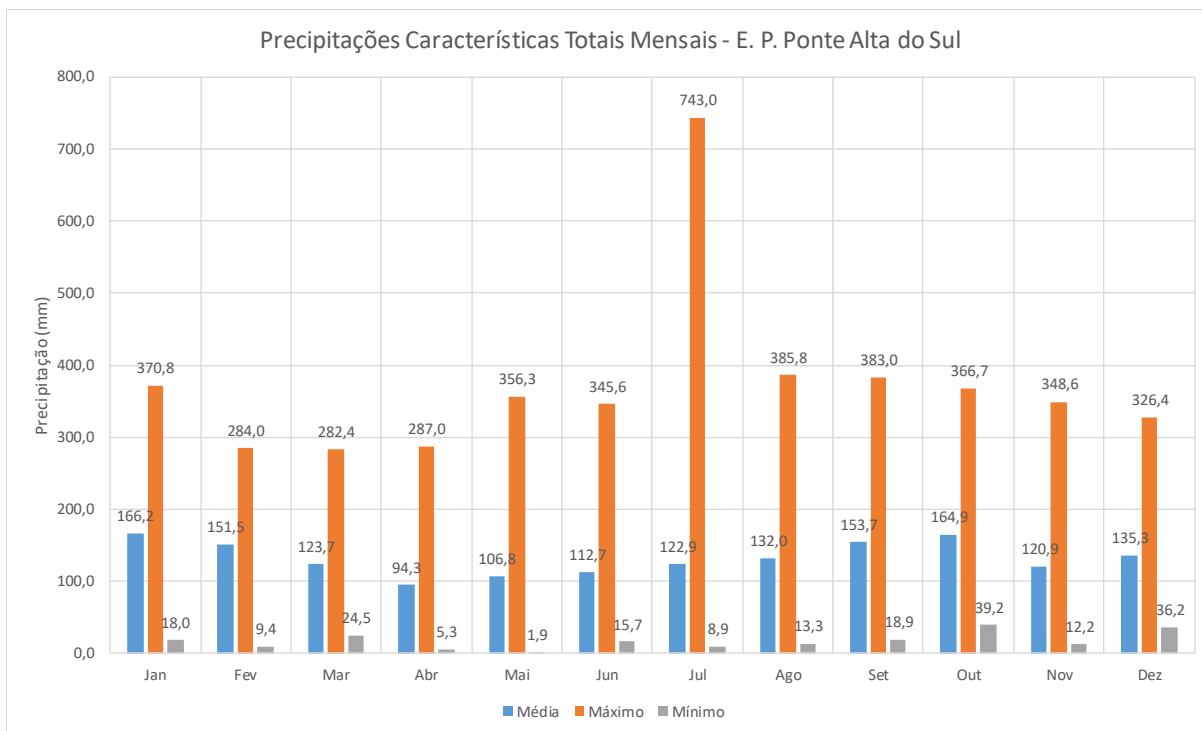
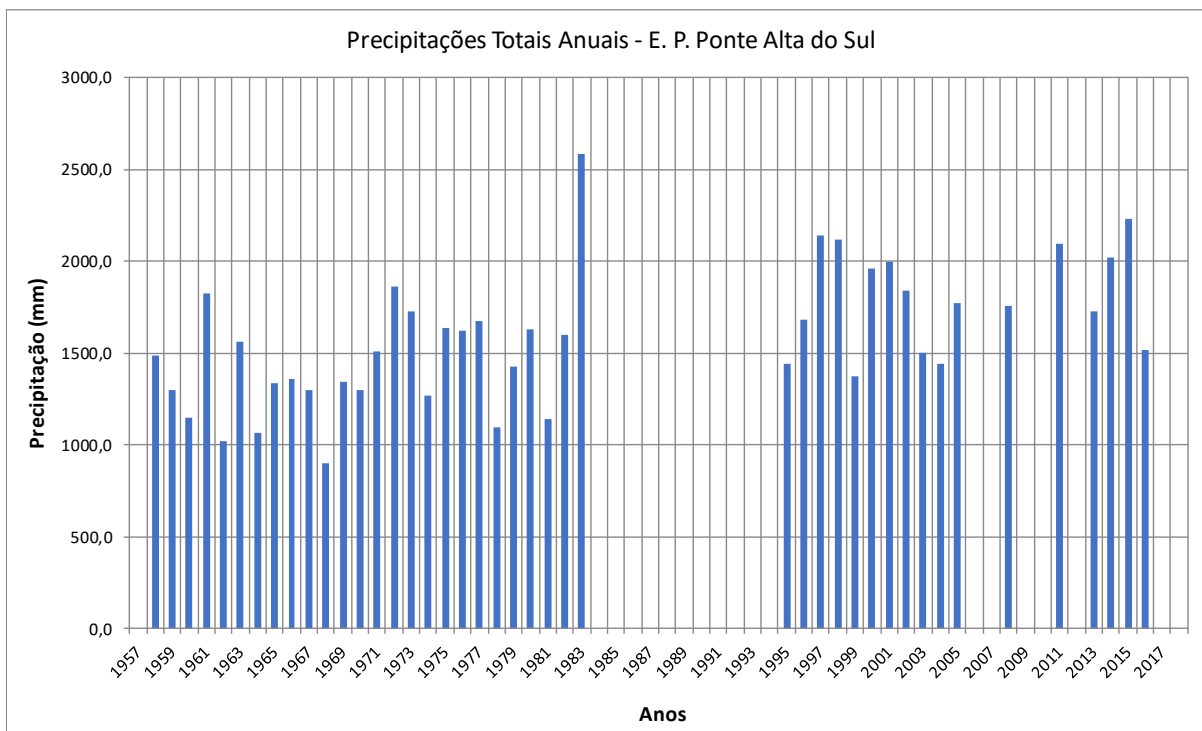


Gráfico 9 - Precipitações Totais Anuais - Estação Pluviométrica Ponte Alta do Sul

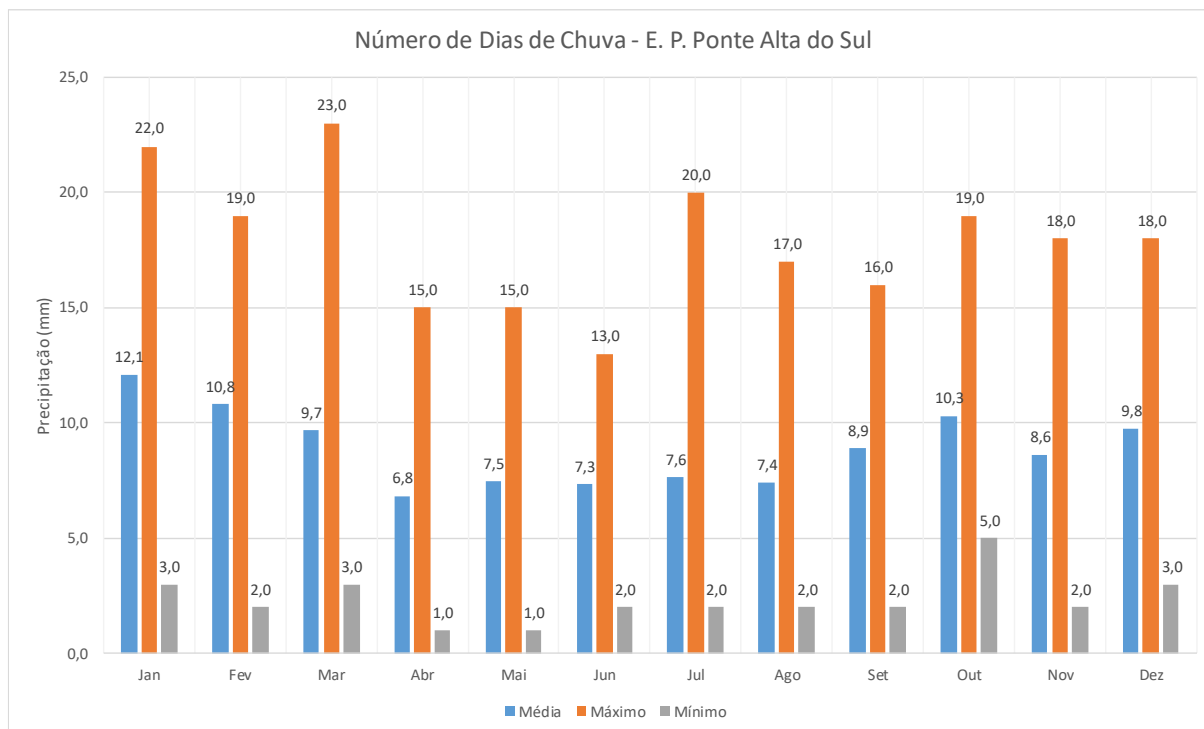




Quadro 27 - Número de Dias de Chuva - Estação Pluviométrica Ponte Alta do Sul

Número de Dias de Chuva - E. P. Ponte Alta do Sul															
A\M	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd	Máx	Mín
Méd	12,1	10,8	9,7	6,8	7,5	7,3	7,6	7,4	8,9	10,3	8,6	9,8	8,9	12,1	6,8
Máx	22,0	19,0	23,0	15,0	15,0	13,0	20,0	17,0	16,0	19,0	18,0	18,0	17,9	23,0	13,0
Mín	3,0	2,0	3,0	1,0	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	5,0	2,0	3,0	2,3	5,0	1,0

Gráfico 10 - Número de Dias de Chuva - Estação Pluviométrica Ponte Alta do Sul



### 5.1.3.3 Precipitações Máximas - Curvas PDF

A precipitação máxima é entendida como a ocorrência extrema, com duração, distribuição temporal e espacial crítica para uma área ou bacia hidrográfica (Tucci, 2004). A partir da série de dados de precipitações totais diárias da estação Ponte Alta do Sul foram determinadas as precipitações máximas diárias de cada mês e ano.

As curvas de precipitação x duração x frequência (PDF) foram determinadas considerando as precipitações máximas diárias anuais, sendo calculadas as estatísticas e parâmetros das distribuições de Gumbel, Exponencial (2 parâmetros) e Chow-Gumbel. Dentre as três distribuições consideradas, foi selecionada a que apresentou o menor erro padrão da estimativa.

Posteriormente estimou-se os valores de diferentes durações para os diferentes tempos de recorrência, através da correção apresentada no livro do Tucci (Hidrologia – Ciência e Aplicação – 3ª edição, pág. 208) por relações entre as durações definidas pelos estudos da CETESB (1979).

Quadro 28 - Relação Entre Alturas Pluviométricas Para Diferentes Durações a Partir de Chuvas de 1 dia

Relação entre alturas pluviométricas	Valores obtidos do estudo do DNOS (médios)
5min/30min	0,34
10min/30min	0,54
15min/30min	0,70
20min/30min	0,81
25min/30min	0,91
30min/1h	0,74
1h/24h	0,42
6h/24h	0,72
8h/24h	0,78
10h/24h	0,82
12h/24h	0,85
24h/1dia	1,14

Os gráficos e tabelas a seguir apresentam os valores encontrados das precipitações máximas totais diárias de cada mês e ano, precipitações de 1 dia calculadas para diferentes tempos de recorrência, gráfico de ajuste destas distribuições aos dados históricos e as curvas PDF da estação.

Quadro 29 - Precipitações Máximas Totais Diárias - Estação Pluviométrica Ponte Alta do Sul

Precipitação Máxima Total Diária de Cada Mês - E. P. Ponte Alta do Sul													
A\M	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Máx
1957							44,9	66,1	51,2	38,1	16,1	34,4	66,1
1958	38,2	29,3	62,6	2,7	25,2	28,4	47	58,1	44	47,3	29,2	38	62,6
1959	100	57	40,2	70,1	50,1	35	70,2	28	27,6	24,8	9,5	29,6	100,0
1960	40,1	40	36	24,8	16	25	25	24,2	13,2	25	25,4	22,1	40,1
1961	47,6	25,6	41,4	25,6				17,4	28,6	25,9	78,4	25	78,4
1962	25,1	21,3	22,4	22,3	50,6	22,4	25,4	23	25,2	28	25,8	25,2	50,6
1963	100	25,3	58,4	41,4	25,1	7	24,4	25,2	70,5	50,2	60,1	35	100,0
1964	23	75,2	41,1	42	60,2	35	29	30,2	19	16,6	30,5	20,6	75,2
1965	30,2	14,3	17,1	57,5	44	38	40,3	63	65	44,2	31,2	31,2	65,0
1966	51	82	51	21	21	52,2	35	60	75,8	68,4	28	70,2	82,0
1967	37,2	69,4	24,2	31,2	41	23,2	16,4	70,4	34,4	33,4	84,8	29,6	84,8
1968	61,2	12,4	20,6	37,8	15,8	25,2	17,2	10,5	75,6	39	33,2	54,4	75,6
1969	41,3	67,2	37,1	37,2	18,8	31,2	47,8	45,1	55,2	18,4	81,1	25,2	81,1
1970	18,2	37,8	75,4	41,8	50,4	50,4	35,3	68,8	22,2	47,8	13,2	52,6	75,4
1971	37,8	37,2	38,2	56,1	31,6	60,0	28,6	50,6	40,2	49,6	11,8	13,4	60,0
1972	43,6	46,2	25,2	38,6	12,8	45,2		86,4	65,8	22,2	31,4	27,8	86,4
1973	30,2	52,2	33,4	37,2	45,2	77,8	57,6	43,2	27,2	42,2	21,2	56,4	77,8
1974	69,8	33,4	20,8	16,2	43,2	33,8	29,8	66,4	30,2	36,6	30,6	35,8	69,8
1975	45,2	52,4	33,1	13,2	52,3	58,3	16,2	40,1	67,8	68,9	41,2	65,8	68,9
1976	37,6	28,2	48,8	13,2	67,4	16,2	47,2	37,6	50,2	50,2	40,6	42,1	67,4
1977	45,2	100,2	58,2	13,8	30,8	14,2	49,2	78,8	40,1	66,6	63,4	25,1	100,2
1978	26,4	6,2	39,6	6,4	27,1	44,1	34,8	42,2	56,8	60,2	46,2	36,1	60,2
1979	15,4	52,0	23,6	35,2	82,4	11,0	31,2	15,3	15,3	47,3	33,4	74,1	82,4
1980	25,8	30,2	36,1	26,2	39,1	20,2	29,3	65,2	71,0	38,1	23,0	42,4	71,0

Precipitação Máxima Total Diária de Cada Mês - E. P. Ponte Alta do Sul													
A\M	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Máx
1981	36,4	57,0	17,0	35,0	7,1	34,3	34,0	34,5	38,6	19,6	13,8	43,0	57,0
1982	32,6	98,1	45,6	7,8	39,0	37,2	32,8	32,8	9,2	72,0	59,6	19,6	98,1
1983	53,0	62,8	35,0	61,0	69,0	68,6	93,1	36,4	87,0	20,0	18,4	63,6	93,1
1984	37,0	70,0	43,4	33,1	26,4	97,0	59,6	120,2	63,1	66,2	66,2		120,2
1985								28,8	6,5	40,4	26,2	32,4	40,4
1986													
1987													
1988													
1989													
1990	35,7												
1991													
1992													
1993													
1994							60,2	13,2	22,4	36,4	44,0		60,2
1995	46,6				7,4	41,2	24,4	30,6	48,2	34,9	13,2	41,0	48,2
1996	82,3	27,7	37,2	26,9	1,9	39,2	34,9	55,5	34,7	34,1	10,0	64,1	82,3
1997	64,0	52,4	18,2	8,2	38,3	53,5	45,2	33,0	74,9	52,5	74,3	37,2	74,9
1998	53,4	28,3	69,9	123,6	45,7	37,5	37,6	46,8	45,5	30,0	33,7	45,5	123,6
1999	33,1	38,3	11,2	39,5	22,6	42,5	76,2	21,5	17,5	51,9	27,3	18,7	76,2
2000	28,4	21,5	33,6	53,9	37,6	31,1	34,3	24,7	57,2	57,5	47,3	56,4	57,5
2001	56,0	27,3	32,3	30,4	52,3	56,2	42,4	61,7	31,0	128,2	61,5	34,6	128,2
2002	28,4	20,0	50,5	36,9	36,4	20,2	31,7	34,7	33,0	80,0	45,1	36,2	80,0
2003	24,3	53,1	60,7	30,4	39,4	21,8	26,2	13,9	39,4		34,7	59,8	60,7
2004	34,7	25,7	22,9	35,8	27,3	17,8	40,0	30,0	61,1	42,7	41,9	21,8	61,1
2005	65,2	10,2	45,4	41,4	136,2	52,3	47,5	97,6	44,6	65,6	20,3	21,5	136,2
2006	45,6	34,1	37,8	15,7	5,1	26,3			30,6	27,0	49,8	40,2	49,8
2007	28,9		34,8	25,6	33,8	18,3			30,9		37,2	37,2	37,2
2008	44,2	41,2	44,7	39,3	15,6	37,7	22,0	25,4	53,8	74,1	45,4	47,1	74,1
2009	33,2	16,6	52,6	18,5	23,5				101,3	45,5			101,3
2010			69,7	67,6	86,4	16,4	28,7	43,9	40,3	48,2	30,7	57,7	86,4
2011	49,3	36,4	40,7	14,8	67,8	36,5	58,9	107,2	67,3	55,3	39,2	13,2	107,2
2012	35,1	57,5	9,9		37,1	43,9	34,0	10,7	21,6	138,3	4,4	48,6	138,3
2013	25,9	22,1	50,3	25,4	36,2	45,4	26,5	89,6	84,5	40,7	49,1	31,7	89,6
2014	29,3	55,9	31,5	19,7	78,8	64,8	22,8	12,5	44,9	48,2	69,2	82,1	82,1
2015	65,1	49,6	23,1	35,9	26,1	71,8	46,0	37,6	111,2	99,4	32,5	32,3	111,2
2016		37,2	58,3	39,2	39,3	16,5	39,3	31,3	45,3	41,9	47,1	37,2	58,3
2017	27,5		11,7	36,5	66,7	108,3	6,2	69,7	36,7	27,1		34,3	108,3
2018	69,7	32,8	49,4										69,7
Méd	41,1	41,5	38,7	33,3	41,7	42,4	39,0	47,0	46,7	52,8	36,8	41,3	81,2
Máx	82,3	100,2	75,4	123,6	136,2	108,3	93,1	120,2	111,2	138,3	74,3	82,1	138,3
Mín	15,4	6,2	9,9	6,4	1,9	11,0	6,2	10,7	6,5	19,6	4,4	13,2	37,2

Gráfico 11 - Precipitações Máximas Totais Diárias Mensal - Estação Pluviométrica Ponte Alta do Sul

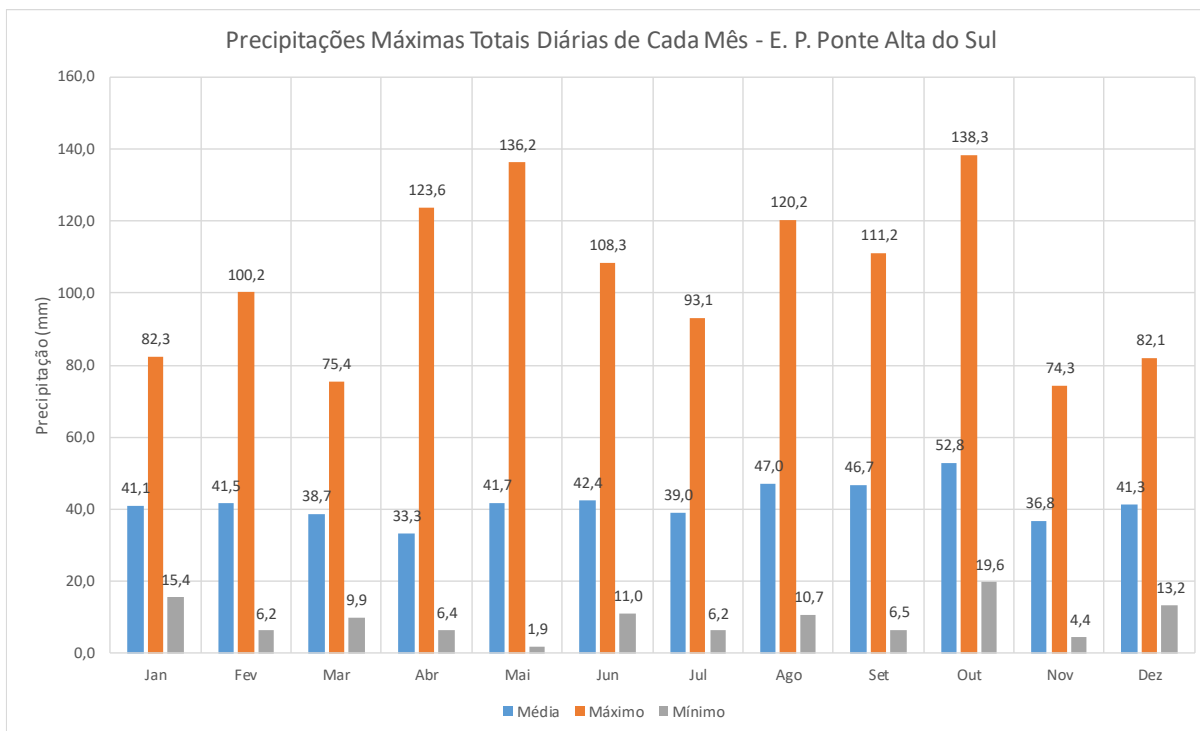


Gráfico 12 - Precipitações Máximas Totais Diárias de Cada Ano - Estação Pluviométrica Ponte Alta do Sul

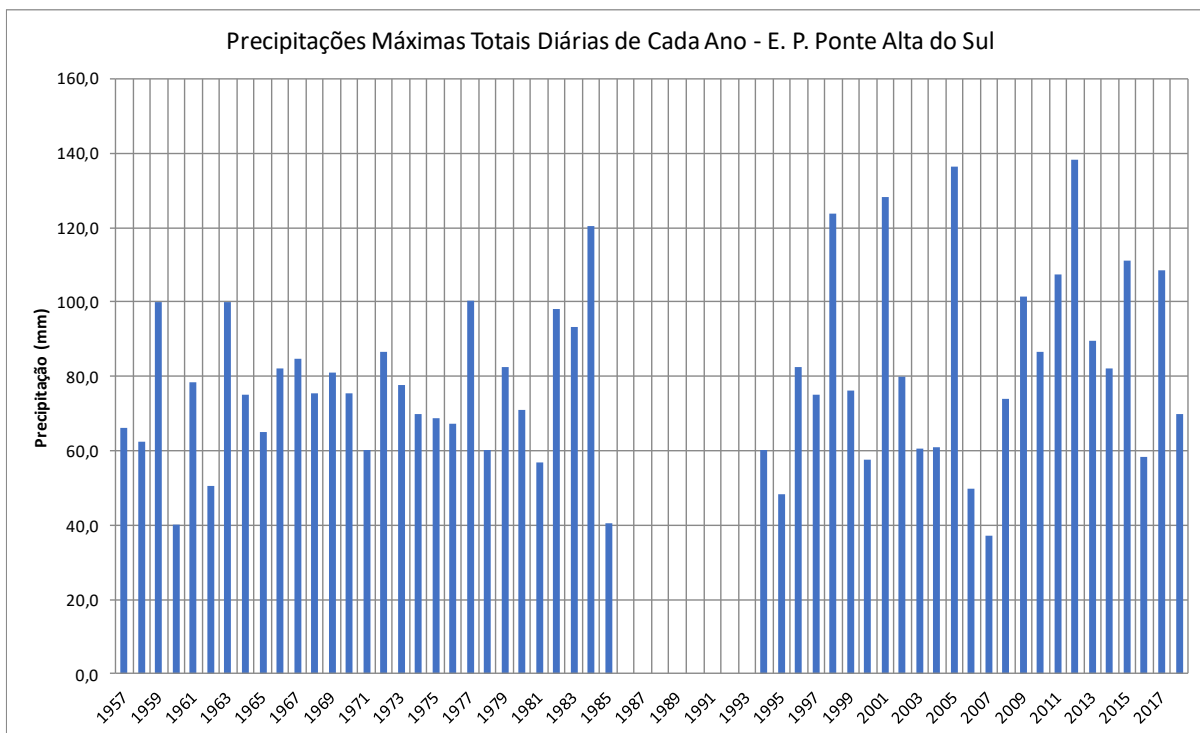
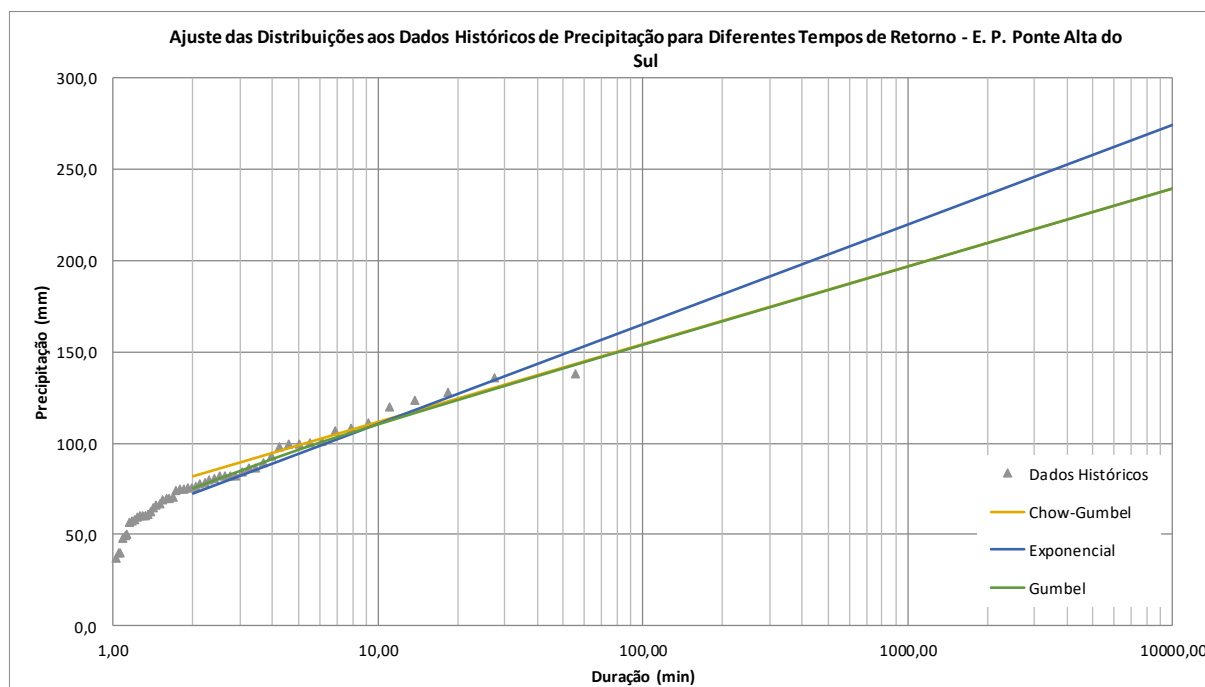


Gráfico 13 - Precipitações de 1 dia Para Diferentes Tempos de Recorrência

Tr (anos)	P (mm)		
	Gumbel	Exponencial	Chow-Gumbel
2	75,59	72,20	81,64
5	96,59	93,97	98,61
10	110,50	110,44	111,45
20	123,84	126,90	124,29
50	141,10	148,67	141,27
100	154,04	165,14	154,11
1000	196,80	219,85	196,76
10000	239,48	274,55	239,41
Erro Padrão	3,21	6,19	11,42

Gráfico 14 - Ajuste das Distribuições aos Dados Históricos

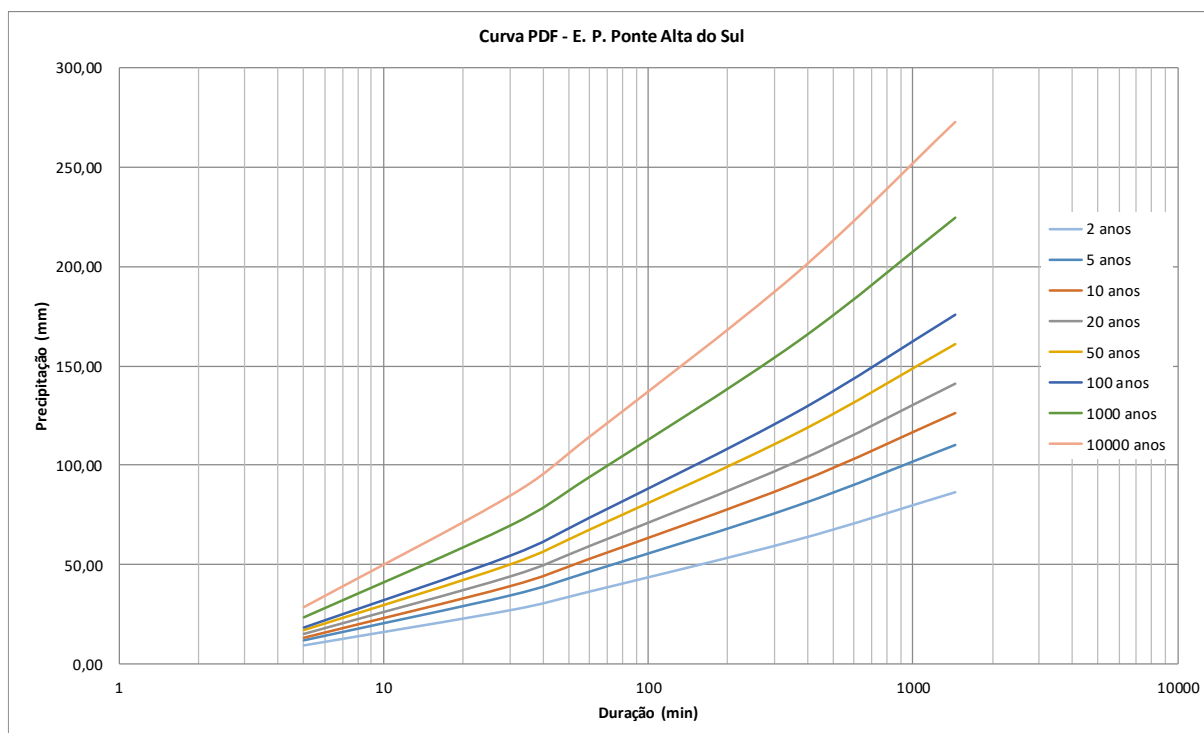


Quadro 30 - Curvas PDF - Estação Pluviométrica Abelardo Luz

Duração/Tr	P (mm)					
	2 anos	5 anos	10 anos	20 anos	50 anos	100 anos
5 min.	9,11	11,64	13,31	14,92	17,00	18,56
30 min.	26,78	34,22	39,15	43,88	50,00	54,58
1 h.	36,19	46,25	52,91	59,29	67,56	73,76
6 h.	62,04	79,28	90,70	101,65	115,82	126,44
24 h.	86,17	110,12	125,97	141,18	160,86	175,61
1 dia	75,59	96,59	110,50	123,84	141,10	154,04



Gráfico 15 - Curvas PDF - Estação Pluviométrica Ponte Alta do Sul



## 5.1.4 Fluviometria

### 5.1.4.1 Estações Fluviométricas Utilizadas

Para a determinação das séries de descargas médias mensais, assim como para a determinação das cheias de projeto e vazões mínimas, foram consideradas as estações fluviométricas do Banco de Dados da ANA - HIDROWEB (Agência Nacional de Águas).

Quadro 31 - Estações Fluviométricas Utilizadas

Código	71550000	71383000	71350000	71350001	71300000	71200000	71498000
Nome Estação	PASSO CARU	PONTE ALTA DO SUL	ENCRUZILHADA	ENCRUZILHADA II	RIO BONITO	VILA CANOAS	PASSO MAROMBAS
Bacia	7 - RIO URUGUAI	7 - RIO URUGUAI	7 - RIO URUGUAI	7 - RIO URUGUAI	7 - RIO URUGUAI	7 - RIO URUGUAI	7 - RIO URUGUAI
SubBacia	71 - RIO CANOAS	71 - RIO CANOAS	71 - RIO CANOAS	71 - RIO CANOAS	71 - RIO CANOAS	71 - RIO CANOAS	71 - RIO CANOAS
Rio	RIO CANOAS	RIO CANOAS	RIO CANOAS	RIO CANOAS	RIO CANOAS	RIO CANOAS	RIO DAS MAROMBAS
Estado	SANTA CATARINA	SANTA CATARINA	SANTA CATARINA	SANTA CATARINA	SANTA CATARINA	SANTA CATARINA	SANTA CATARINA
Município	VARGEM	PONTE ALTA	OTACÍLIO COSTA	OTACÍLIO COSTA	BOCAINA DO SUL	BOCAINA DO SUL	CURITIBANOS
Responsável	ANA	ANA	ANA	ANA	ANA	ANA	ANA
Operadora	ANA	ANA	ANA	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM
Latitude	S 27° 32' 16.08"	S 27° 29' 8.88"	S 27° 30' 0.00"	S 27° 30' 28.08"	S 27° 42' 7.92"	S 27° 48' 10.08"	S 27° 20' 2.04"
Longitude	W 50° 51' 7.92"	W 50° 23' 30.12"	W 50° 8' 0.00"	W 50° 6' 46.08"	W 49° 50' 24.00"	W 49° 46' 42.96"	W 50° 45' 14.04"
Altitude (m)	720,00	814,66	840,00	824,31	839,56	837,46	829,00
Área de Drenagem HIDROWEB-ANA (Km <sup>2</sup> )	10000,00	4610,00	3230,00	3230,00	2000,00	1010,00	3680,00
Área de Drenagem Calculada (km <sup>2</sup> )	10109,06	4712,76	3150,8	3139,02	1987,66	1007,87	3676,62
Diferença (%)	1,09%	2,23%	-2,45%	-2,82%	-0,62%	-0,21%	-0,09%

A grande maioria das estações apresentou área de drenagem muito próxima da publicada pela ANA no site HIDROWEB, endereço eletrônico de obtenção dos dados, porém foram utilizados os dados calculados para coerência do estudo.

#### 5.1.4.2 Metodologia do Estudo Para Determinação das Vazões Médias Mensais no Local da PCH Canoas

O rio Canoas apresenta um bom número de estações em sequência, abrangendo desde 1000 km<sup>2</sup> até praticamente, 10000 km<sup>2</sup>, englobando todo trecho de interesse, ou seja, onde está situada a usina, com 5647,59 km<sup>2</sup>.

Como estação base utilizou-se o posto fluviométrico Ponte Alta do Sul, por ter uma área de drenagem próxima ao local da usina (4712,76 km<sup>2</sup>), estar no mesmo rio e com um período de dados estatisticamente representativo (1956-2018), o qual foi estendido (1942-2018) por correlação entre as demais estações no mesmo rio, devido ao alto grau de correlação entre as mesmas.

#### 5.1.4.3 Análise de Consistência das Estações

A análise de consistência dos dados das estações fluviométricas foi realizada nas seguintes etapas:

- Análise das Curvas de Descarga;
- Análise dos Cotagramas e Fluviogramas;
- Análise dos Gráficos de Flutuação das Vazões Médias Mensais Específicas;
- Curvas de Permanência Adimensionais;
- Preenchimento de Falhas: Correlações de Vazões Médias Mensais entre as Estações.

#### 5.1.4.4 Curvas de Descarga

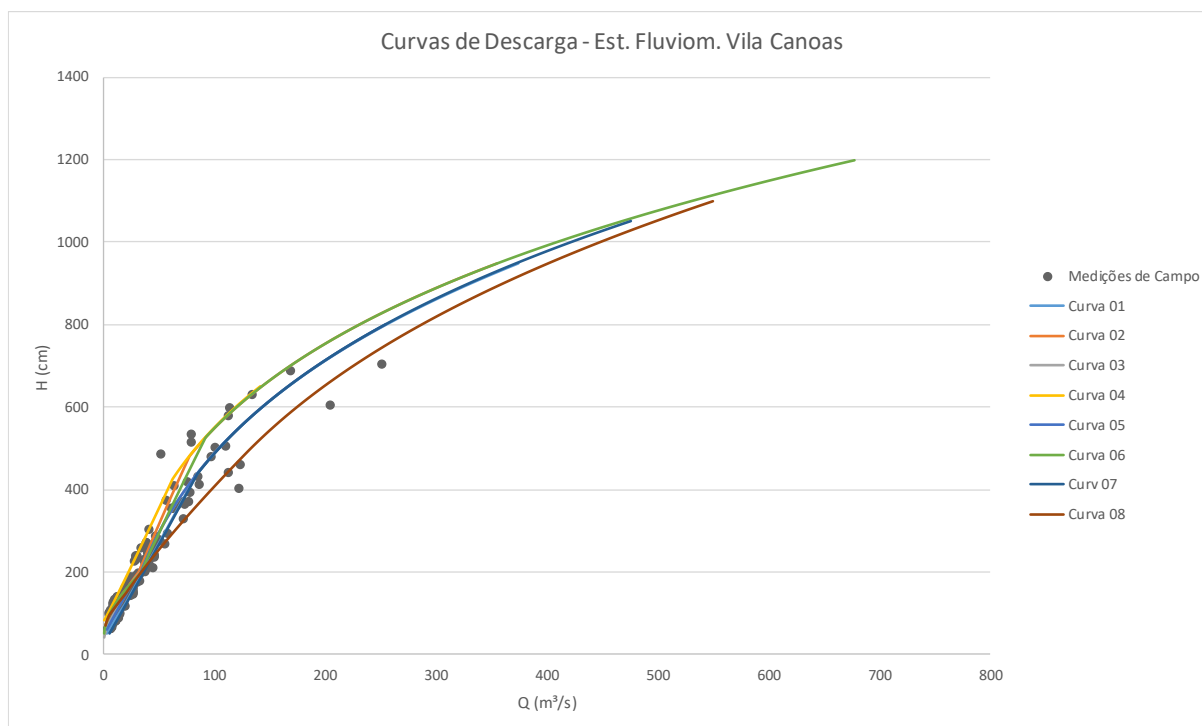
A análise das curvas de descarga de cada estação foi realizada através do ajuste das mesmas aos dados históricos de medição de campo. Levou-se ainda em consideração, as possíveis alterações nos locais das réguas, e/ou depósito/carreamento de sedimentos no fundo da seção, que possam alterar a relação cota x vazão. Foram verificadas as extrapolações de cheia pelos métodos logaritmo, Stevens e Manning, e realizados ajustes quando necessários.

A primeira estação analisada é Vila Canoas, percebe-se que 8 curvas de descarga foram determinadas ao longo do período de operação da estação. O comportamento das curvas ajustadas pela ANA é bem peculiar, com variações de inflexões não comuns. Por tal fato, decidiu-se não alterar as curvas, devido ao melhor conhecimento do comportamento da estação pelos responsáveis por sua operação. Sua análise foi feita pelos cotagramas, fluviogramas e flutuações de vazões médias mensais específicas entre as estações. Ressalta-se que esta estação foi utilizada para preenchimento de falha de apenas um mês.

Quadro 32 – Curvas de Descarga Est. Fluviom. Vila Canoas

N	Código da Estação	Nível de Consistência	Período de Validade Início	Período de Validade Final	Cota Máxima	Cota Mínima	Coef. (A)	Coef. (H0)	Coef. (N)
1	71200000	2	01/01/1957	17/08/1965	122	50	22,2	0,31	1,146
	71200000	2	01/01/1957	17/08/1965	437	122	21,166	0,28	0,98
	71200000	2	01/01/1957	17/08/1965	950	437	0,0013	-8,24	4,371
2	71200000	2	18/08/1965	15/02/1967	201	160	24,608	0,76	1,1
	71200000	2	18/08/1965	15/02/1967	160	70	17,0511	0,49	1,68
	71200000	2	18/08/1965	15/02/1967	482	201	11,65	-0,36	1,15
	71200000	2	18/08/1965	15/02/1967	950	482	0,001	-6,97	4,562
3	71200000	2	16/02/1967	03/11/1968	199	182	17,09	0,49	1,68
	71200000	2	16/02/1967	03/11/1968	123	40	17,0511	0,28	1,68
	71200000	2	16/02/1967	03/11/1968	182	123	19,8561	0,44	1,02
	71200000	2	16/02/1967	03/11/1968	800	199	0,0013	-8,24	4,371
4	71200000	2	04/11/1968	02/12/1968	426	80	19	0,83	0,961
	71200000	2	04/11/1968	02/12/1968	650	426	0,001	-7,05	4,55
5	71200000	2	03/12/1968	16/08/1969	197	166	28,3805	0,79	1,004
	71200000	2	03/12/1968	16/08/1969	166	60	20,1	0,44	1,02
	71200000	2	03/12/1968	16/08/1969	800	197	0,0013	-8,24	4,371
6	71200000	2	17/08/1969	20/06/1989	287	199	0,0013	-8,24	4,371
	71200000	2	17/08/1969	20/06/1989	199	50	17,09	0,49	1,68
	71200000	2	17/08/1969	20/06/1989	1200	527	0,001	-6,97	4,562
	71200000	2	17/08/1969	20/06/1989	527	287	12,56	-0,36	1,15
7	71200000	2	21/06/1989	05/10/1994	1050	437	0,0013	-8,24	4,371
	71200000	2	21/06/1989	05/10/1994	437	50	21,166	0,28	0,98
8	71200000	2	06/10/1994	31/12/2014	1100	495	0,0013	-10,08	4,25
	71200000	2	06/10/1994	31/12/2014	495	149	21,0533	0,54	1,23
	71200000	2	06/10/1994	31/12/2014	149	98	28,2719	0,77	1,083
	71200000	2	06/10/1994	31/12/2014	98	70	17,0511	0,4	2,2

Gráfico 16 – Curvas de Descarga Est. Fluviom. Vila Canoas

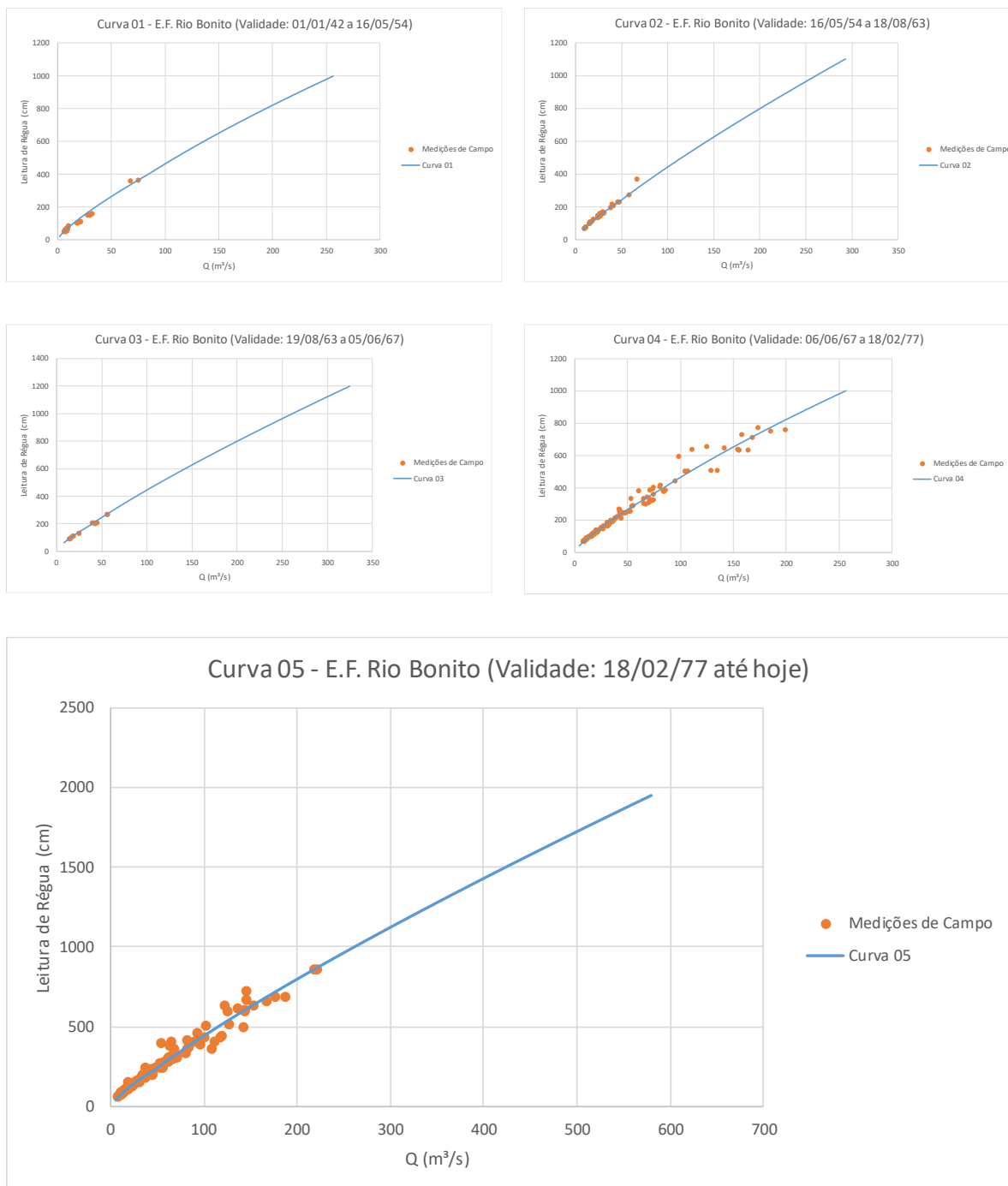


A segunda estação analisa é Rio Bonito, nesta estação 5 curvas de descargas foram ajustadas ao longo do período de operação. Observa-se pelo quadro a seguir que todas as curvas têm uma extrapolação das cheias muito próxima, mudando apenas levemente o ajuste nas vazões baixas e médias. Devido a se ter medições de vazões em trechos altos das curvas, e as mesmas serem muito semelhantes, e pelo ajuste aos dados de campo se mostrar coerente, não houve necessidade de alterações nas curvas de descarga ajustadas pela ANA.

Quadro 33 – Curvas de Descarga Est. Fluviom. Rio Bonito

N	Código da Estação	Nível de Consistência	Período de Validade Início	Período de Validade Final	Cota Máxima	Cota Mínima	Coef. (A)	Coef. (H0)	Coef. (N)
1	71300000	2	01/01/1942	16/05/1954	406	20	15	0,02	1,25
	71300000	2	01/01/1942	16/05/1954	1000	406	9	-0,95	1,4
2	71300000	2	17/05/1954	18/08/1963	1100	228	16	-0,13	1,206
	71300000	2	17/05/1954	18/08/1963	228	60	13	-0,12	1,45
3	71300000	2	19/08/1963	05/06/1967	781	183	16,2	-0,13	1,2
	71300000	2	19/08/1963	05/06/1967	183	60	17	0,02	1,28
	71300000	2	19/08/1963	05/06/1967	1200	781	16	-0,13	1,206
4	71300000	2	06/06/1967	18/02/1977	406	40	15	0,02	1,25
	71300000	2	06/06/1967	18/02/1977	1000	406	9	-0,95	1,4
5	71300000	2	19/02/1977	31/12/2014	1950	228	16	-0,13	1,206
	71300000	2	19/02/1977	31/12/2014	228	40	13	-0,12	1,45

Gráfico 17 – Curvas de Descarga Est. Fluviom. Rio Bonito

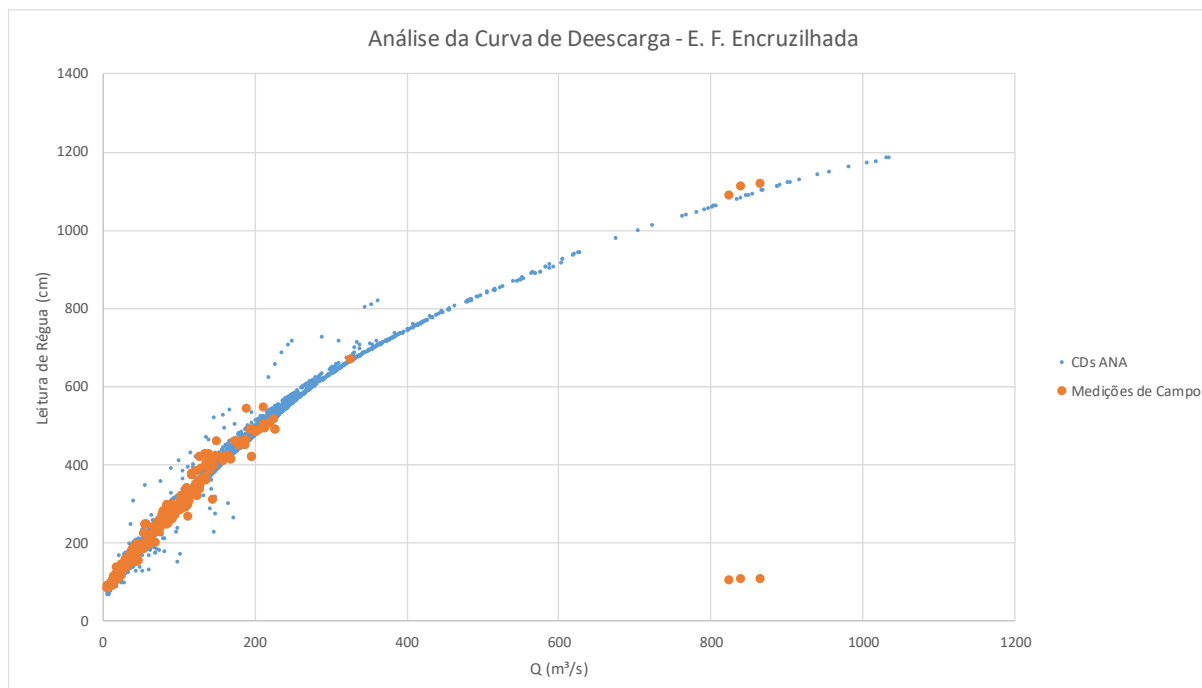


A terceira estação analisada é Encruzilhada, nesta estação a ANA não disponibilizou as equações das curvas de descarga, por se tratar de uma estação mais antiga, que está fora de operação, porém foi relocada um pouco mais para montante e renomeada de Encruzilhada II, devido a proximidade. Para a estação Encruzilhada temos algumas curvas de descargas definidas, todas bem próximas, com alterações apenas nos trechos médio e inferior das curvas, a extrapolação das cheias é a mesma para todas curvas. Percebe-se que há 3



medições no ramo alto da curva que certificam seu ajuste, por isso não foram alteradas as curvas.

Gráfico 18 – Curvas de Descarga Est. Fluviom. Encruzilhada



Para a estação fluviométrica Encruzilhada II a ANA determinou 5 curvas de descarga ao longo do período de medição, todas muito próximas, com leves ajustes, conforme pode ser observado nos quadros e gráficos a seguir. Devido a amplitude de dados de medição de campo, até vazões de cheia, certificou-se as curvas definidas pela ANA, não havendo necessidade alterações.

Quadro 34 – Curvas de Descarga Est. Fluviom. Encruzilhada II

N	Código da Estação	Nível de Consistência	Período de Validade Início	Período de Validade Final	Cota Máxima	Cota Mínima	Coef. (A)	Coef. (H0)	Coef. (N)
1	71350001	2	01/07/1984	08/11/1992	1100	150	51,836	0,75	1,05
	71350001	2	01/07/1984	08/11/1992	150	80	34,3641	0,42	1,41
2	71350001	2	09/11/1992	29/10/1994	1050	381	51,836	0,75	1,05
	71350001	2	09/11/1992	29/10/1994	381	100	47,5989	0,6	1,08
3	71350001	2	30/10/1994	22/04/2002	264	100	49,6649	0,8	1,066
	71350001	2	30/10/1994	22/04/2002	950	404	48	0,8	1,082
	71350001	2	30/10/1994	22/04/2002	404	264	48,8384	0,76	1,056
4	71350001	2	23/04/2002	19/01/2012	1200	90	51,836	0,75	1,05
5	71350001	2	20/01/2012	31/12/2014	1000	404	48	0,8	1,082
	71350001	2	20/01/2012	31/12/2014	404	90	48,8384	0,76	1,056

Gráfico 19 – Curvas de Descarga Est. Fluviom. Encruzilhada II

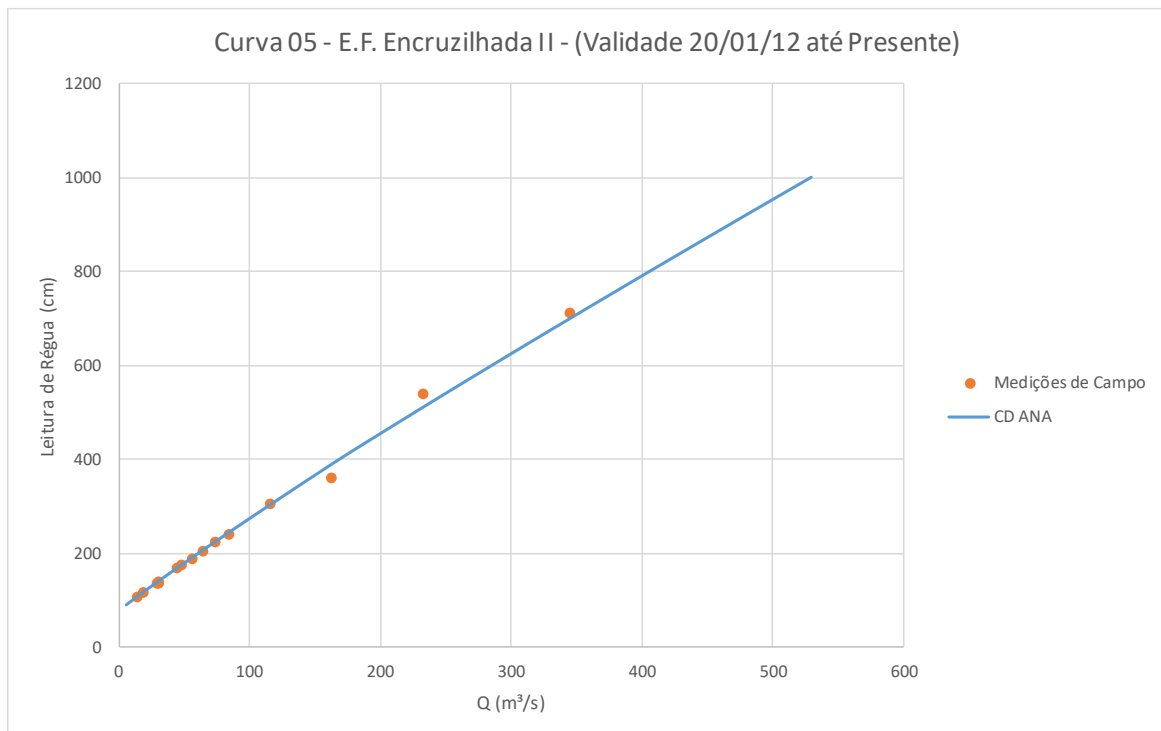
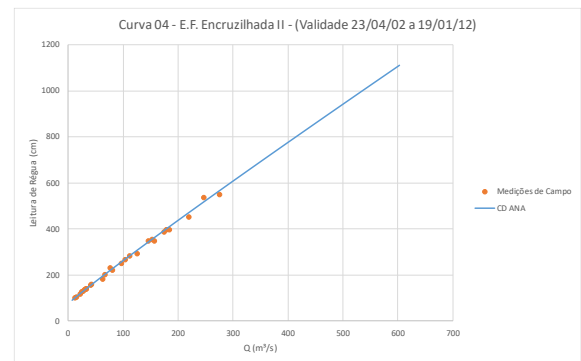
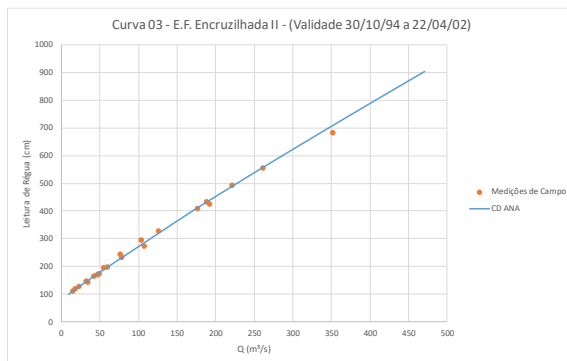
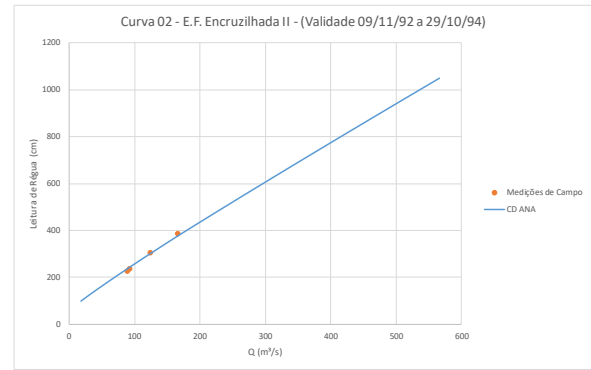
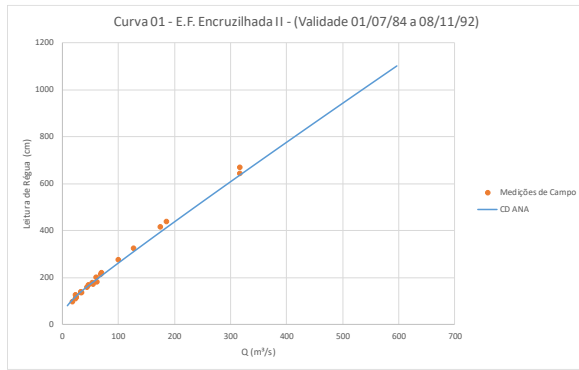
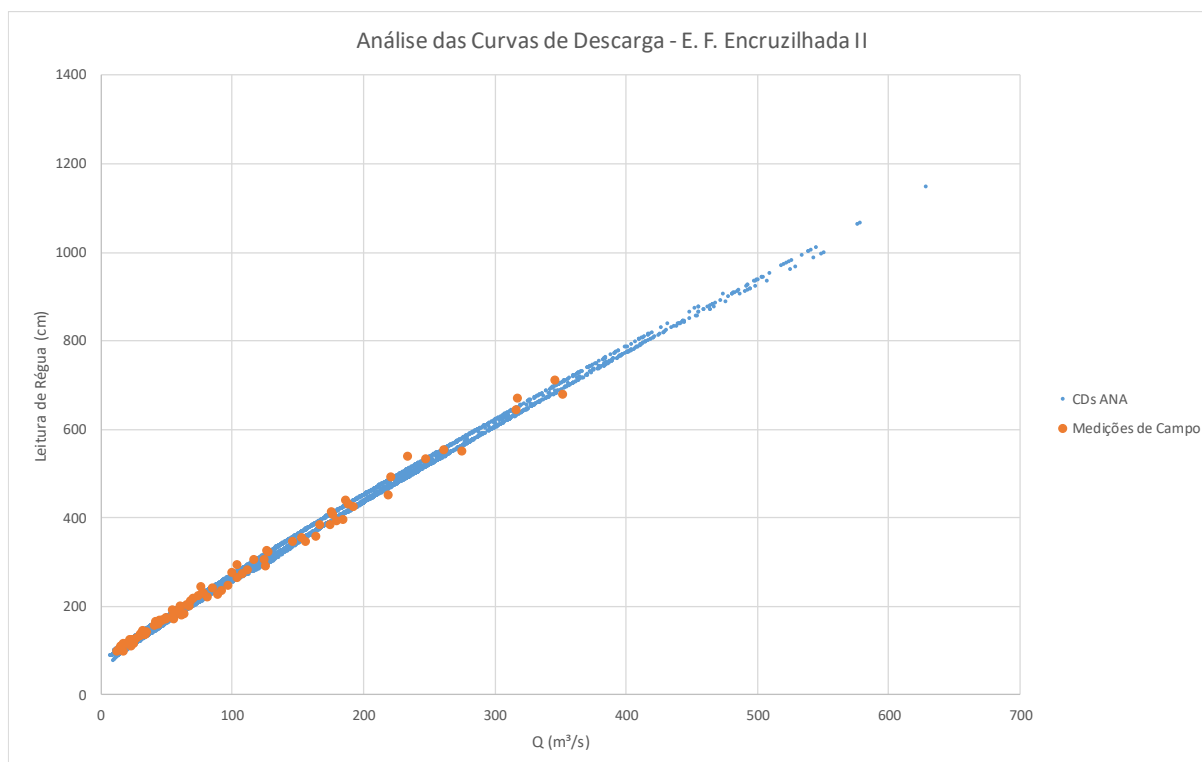


Gráfico 20 – Curvas de Descarga Est. Fluviom. Encruzilhada II



Para a estação fluviométrica Ponte Alta do Sul, a ANA determinou, no seu período de operação, 7 curvas de descarga, todas muito semelhantes em todos trechos. Certificou-se a extrapolação das cheias devido aos eventos de 1983 e 1984, onde o balanço entre os dados das estações Passo Caru e Passo Marombas resultaram em valores coerentes para a estação Ponte Alta do Sul.

Explicando melhor, a estação Passo Caru, no rio Canoas, recebe as águas do rio Marombas, onde está a estação Passo Marombas, logo a diferença de vazões entre o registrado em Passo Caru e Passo Marombas, deve resultar num valor próximo ao resultado de Ponte Alta do Sul somada a área incremental, e foi este o percebido (quadro a seguir). Para a cheia de julho de 1983, maior cheia da bacia, tivemos registrado pelas curvas de descargas definidas pela ANA uma vazão de 2310 m<sup>3</sup>/s em Ponte Alta do Sul, 2556 m<sup>3</sup>/s em Passo Marombas e 6349 m<sup>3</sup>/s em Passo Caru, já para a cheia de agosto de 1984 tivemos uma vazão de 2980 m<sup>3</sup>/s em Ponte Alta do Sul, 2098 m<sup>3</sup>/s em Passo Marombas e 5893 m<sup>3</sup>/s em Passo Caru.

Percebe-se pelo quadro a seguir que na cheia de 83 a vazão incremental ficou superior ao estimado pelas vazões específicas das estações Ponte Alta do Sul e Passo Marombas, quando comparas com Passo Caru, e em 84 ficou muito próxima. A questão da cheia de 83 ter apresentado uma diferença maior no trecho incremental pode estar atrelada a medição de 7 e 17 horas, onde a medição em dois pontos pode mascarar o real resultado dos hidrogramas. Sendo assim, certificou-se a extrapolação das cheias e não houveram necessidade de mudanças nas curvas de descarga

**Quadro 35 – Análise das Cheias**

Análise do Evento de Julho/1983						
	PAS	PSM	PSC	SOMA PAS+PSM	Diferença com PSC	Estimativa de Qinc
Q (m³/s)	2310	2556	6349	4866	1483	921
AD (km²)	4712,76	3786	10109	8498,76	1610,24	
q (l/s.km²)	490,17	675,12	628,05	572,56	920,94	
Análise do Evento de Agosto/1984						
	PAS	PSM	PSC	SOMA PAS+PSM	Diferença com PSC	Estimativa de Qinc
Q (m³/s)	2980	2098	5893	5078	815	962
AD (km²)	4712,76	3786	10109	8498,76	1610,24	
q (l/s.km²)	632,33	554,15	582,95	597,50	506,14	

**Quadro 36 – Curvas de Descarga Est. Fluviom. Ponte Alta do Sul**

N	Código da Estação	Nível de Consistência	Período de Validade Início	Período de Validade Final	Cota Máxima	Cota Mínima	Coef. (A)	Coef. (H0)	Coef. (N)
1	71383000	2	01/01/1956	13/06/1966	501	199	45	0,02	1,41
	71383000	2	01/01/1956	13/06/1966	750	501	44,4519	-0,2	1,38
	71383000	2	01/01/1956	13/06/1966	199	50	49,6712	0,12	1,371
2	71383000	2	14/06/1966	15/04/1971	550	50	44,4519	0,14	1,403
3	71383000	2	16/04/1971	20/10/1979	429	381	32,138	0,34	1,69
	71383000	2	16/04/1971	20/10/1979	700	429	44,4519	0,14	1,403
	71383000	2	16/04/1971	20/10/1979	381	126	16,9529	-0,56	1,86
	71383000	2	16/04/1971	20/10/1979	126	50	44,4519	0,15	1,403
4	71383000	2	21/10/1979	23/10/1984	2100	507	44,4519	-0,2	1,38
	71383000	2	21/10/1979	23/10/1984	451	60	44,4519	0,14	1,403
	71383000	2	21/10/1979	23/10/1984	507	451	45	0,83	1,58
5	71383000	2	24/10/1984	20/06/1992	700	501	44,4519	-0,2	1,38
	71383000	2	24/10/1984	20/06/1992	501	448	45	0,02	1,41
	71383000	2	24/10/1984	20/06/1992	448	50	50,0432	0,16	1,368
6	71383000	2	21/06/1992	19/11/2006	850	491	39	-0,66	1,409
	71383000	2	21/06/1992	19/11/2006	491	213	46	0,07	1,43
	71383000	2	21/06/1992	19/11/2006	213	35	49,6712	0,12	1,371
7	71383000	2	20/11/2006	31/12/2014	497	226	45	0,02	1,41
	71383000	2	20/11/2006	31/12/2014	226	50	50,0432	0,15	1,38
	71383000	2	20/11/2006	31/12/2014	850	497	44,4519	-0,2	1,38

Gráfico 21 – Curvas de Descarga Est. Fluviom. Ponte Alta do Sul

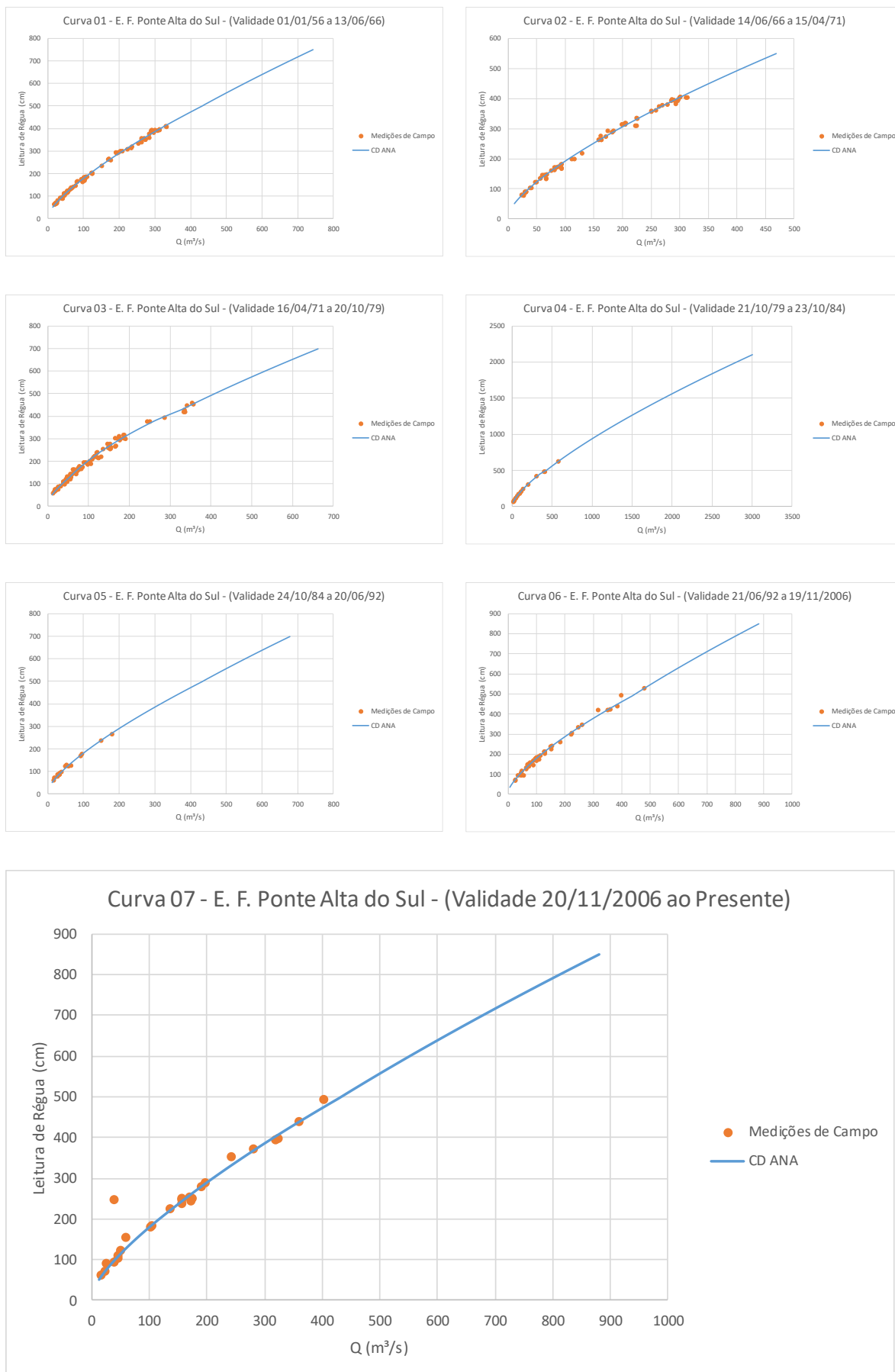
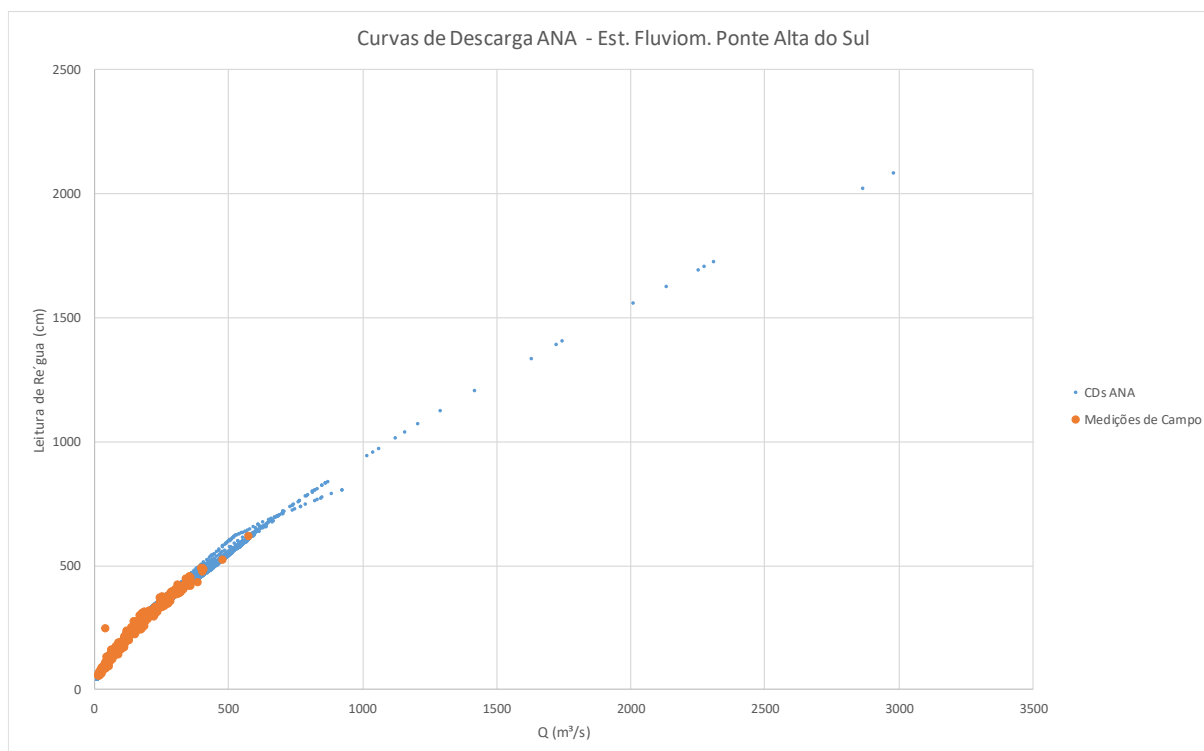


Gráfico 22 – Curvas de Descarga Est. Fluviom. Ponte Alta do Sul



Para a estação fluviométrica Passo Caru a ANA determinou 5 curvas de descarga ao longo do período de operação. Todas curvas com a extrapolação das cheias muito próxima e leves alterações nos trechos médio e inferior. Conforme explicado na análise da estação Ponte Alta do Sul, devido a coerência entre as cheias de Passo Caru e Passo Marombas e Ponte Alta do Sul, manteve-se as extrapolações de cheias definidas pela ANA.

Quadro 37 – Curvas de Descarga Est. Fluviom. Passo Caru

N	Código da Estação	Nível de Consistência	Período de Validade Início	Período de Validade Final	Cota Máxima	Cota Mínima	Coef. (A)	Coef. (H0)	Coef. (N)
1	71550000	2	01/12/1950	10/05/1979	330	100	330	0,98	1,79
	71550000	2	01/12/1950	10/05/1979	450	330	330	1,09	1,9
2	71550000	2	11/05/1979	03/08/1997	600	110	323,2597	0,91	1,841
3	71550000	2	04/08/1997	27/01/2002	180	130	409,3572	1,1	1,6
	71550000	2	04/08/1997	27/01/2002	450	330	330	1,09	1,9
	71550000	2	04/08/1997	27/01/2002	330	180	330	0,98	1,79
4	71550000	2	28/01/2002	04/10/2008	400	330	461,5519	0,95	1,55
	71550000	2	28/01/2002	04/10/2008	330	249	461,5519	1,12	1,7
	71550000	2	28/01/2002	04/10/2008	249	134	461,5519	1,06	1,496
	71550000	2	28/01/2002	04/10/2008	134	110	323,2597	0,91	1,841
5	71550000	2	05/10/2008	10/10/2012	500	454	323,2597	0,91	1,841
	71550000	2	05/10/2008	10/10/2012	330	110	330	0,98	1,79
	71550000	2	05/10/2008	10/10/2012	454	330	330	1,09	1,9



Gráfico 23 – Curvas de Descarga Est. Fluviom. Passo Caru

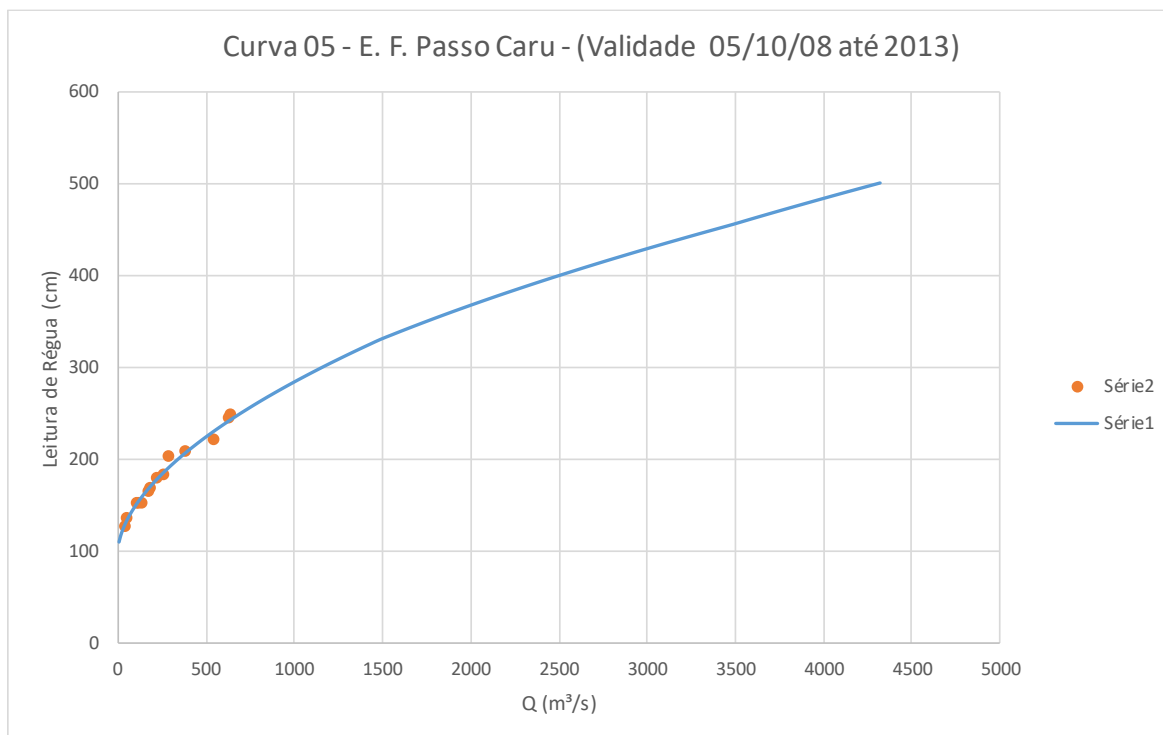
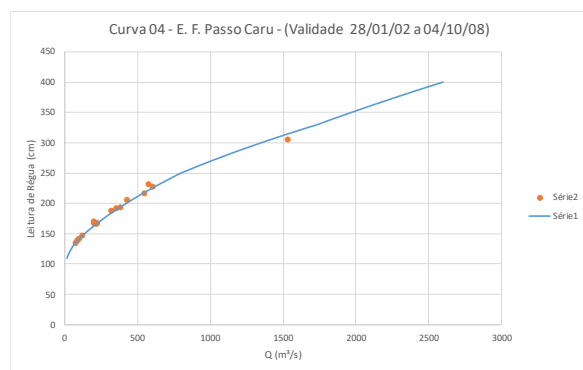
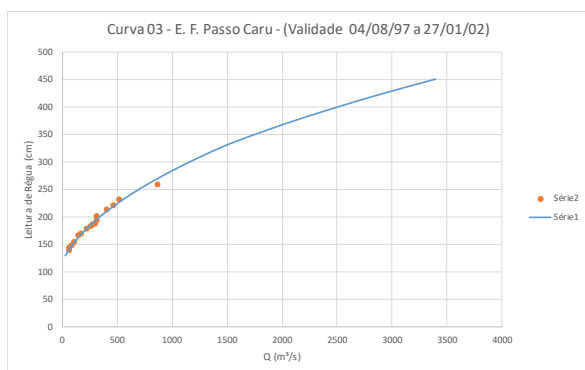
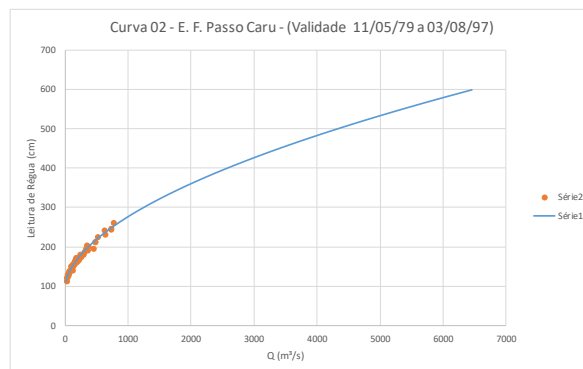
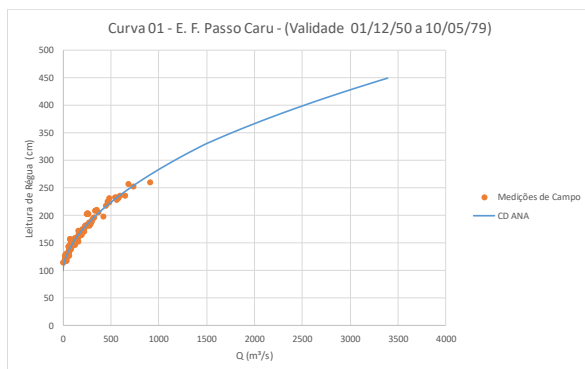
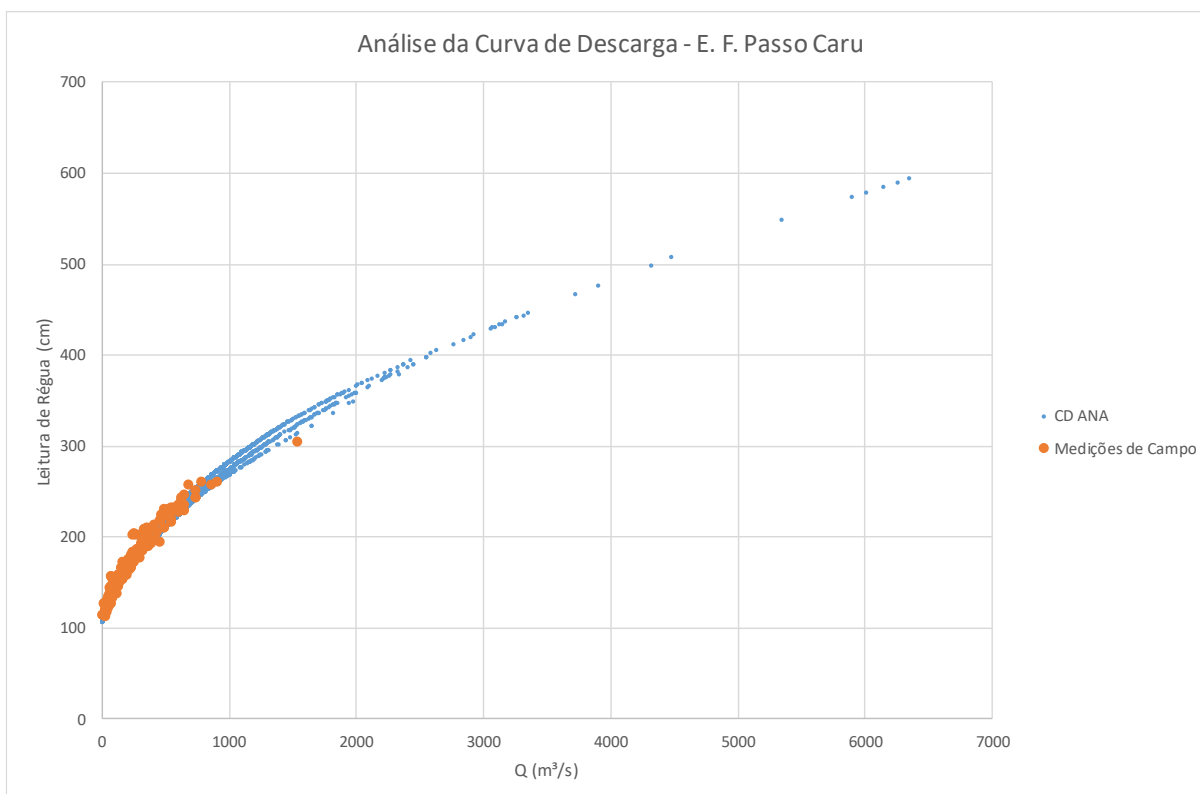


Gráfico 24 – Curvas de Descarga Est. Fluviom. Passo Caru



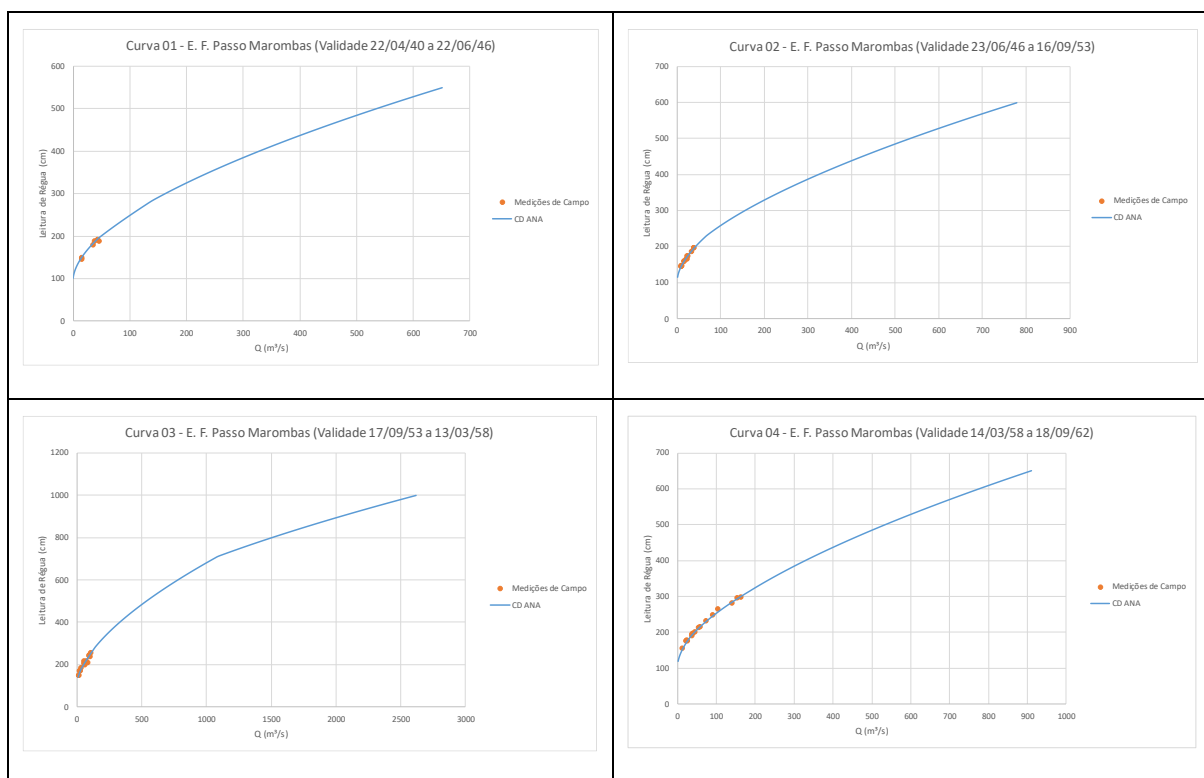
A última estação analisada, Passo Marombas, teve 9 curvas de descargas definidas pela ANA ao longo do seu período de operação. Todas curvas com a extrapolação das cheias muito próxima e leves alterações nos trechos médio e inferior. Conforme explicado na análise da estação Ponte Alta do Sul, devido a coerência entre as cheias de Passo Caru e Passo Marombas e Ponte Alta do Sul, manteve-se as extrapolações de cheias definidas pela ANA. Outra questão a ser ressaltada são as medições de vazão no trecho superior da curva, certificando o ajuste da extrapolação.

Quadro 38 – Curvas de Descarga Est. Fluviom. Passo Marombas

N	Código da Estação	Nível de Consistência	Período de Validade Início	Período de Validade Final	Cota Máxima	Cota Mínima	Coef. (A)	Coef. (H0)	Coef. (N)
1	71498000	2	22/04/1940	22/06/1946	550	283	60,0722	1,15	1,621
	71498000	2	22/04/1940	22/06/1946	196	100	45,9494	0,96	1,75
	71498000	2	22/04/1940	22/06/1946	283	196	88,8949	1,38	1,207
2	71498000	2	23/06/1946	16/09/1953	231	110	49,8307	1,11	1,635
	71498000	2	23/06/1946	16/09/1953	600	231	67,1698	1,31	1,585
3	71498000	2	17/09/1953	13/03/1958	712	283	60,0722	1,15	1,621
	71498000	2	17/09/1953	13/03/1958	177	140	60,0722	1,14	1,621
	71498000	2	17/09/1953	13/03/1958	283	177	88,8949	1,38	1,207
	71498000	2	17/09/1953	13/03/1958	1000	712	122,5075	3,19	1,596
4	71498000	2	14/03/1958	18/09/1962	650	315	60,0722	1,15	1,621
	71498000	2	14/03/1958	18/09/1962	189	120	49,8307	1,11	1,635
	71498000	2	14/03/1958	18/09/1962	315	189	63,6992	1,22	1,62
5	71498000	2	19/09/1962	27/10/1966	550	225	67,1698	1,31	1,585

N	Código da Estação	Nível de Consistência	Período de Validade Início	Período de Validade Final	Cota Máxima	Cota Mínima	Coef. (A)	Coef. (H0)	Coef. (N)
	71498000	2	19/09/1962	27/10/1966	225	140	54,3378	1,18	1,668
6	71498000	2	28/10/1966	20/06/1972	371	225	18,6914	0,75	2,48
	71498000	2	28/10/1966	20/06/1972	550	371	60,0722	1,15	1,621
	71498000	2	28/10/1966	20/06/1972	225	130	49,5612	1,23	1,508
7	71498000	2	21/06/1972	10/03/1975	177	160	49,5612	1,23	1,508
	71498000	2	21/06/1972	10/03/1975	715	177	67,1698	1,31	1,585
	71498000	2	21/06/1972	10/03/1975	800	715	122,5075	3,19	1,596
8	71498000	2	11/03/1975	25/02/2012	146	130	49,8307	1,11	1,635
	71498000	2	11/03/1975	25/02/2012	712	146	60,0722	1,15	1,621
	71498000	2	11/03/1975	25/02/2012	1000	712	122,5075	3,19	1,596
9	71498000	2	26/02/2012	31/12/2014	715	232	67,1698	1,31	1,585
	71498000	2	26/02/2012	31/12/2014	800	715	122,5075	3,19	1,596
	71498000	2	26/02/2012	31/12/2014	192	150	49,5612	1,23	1,508
	71498000	2	26/02/2012	31/12/2014	232	192	84,2957	1,46	1,4

Gráfico 25 – Curvas de Descarga Est. Fluviom. Passo Marombas



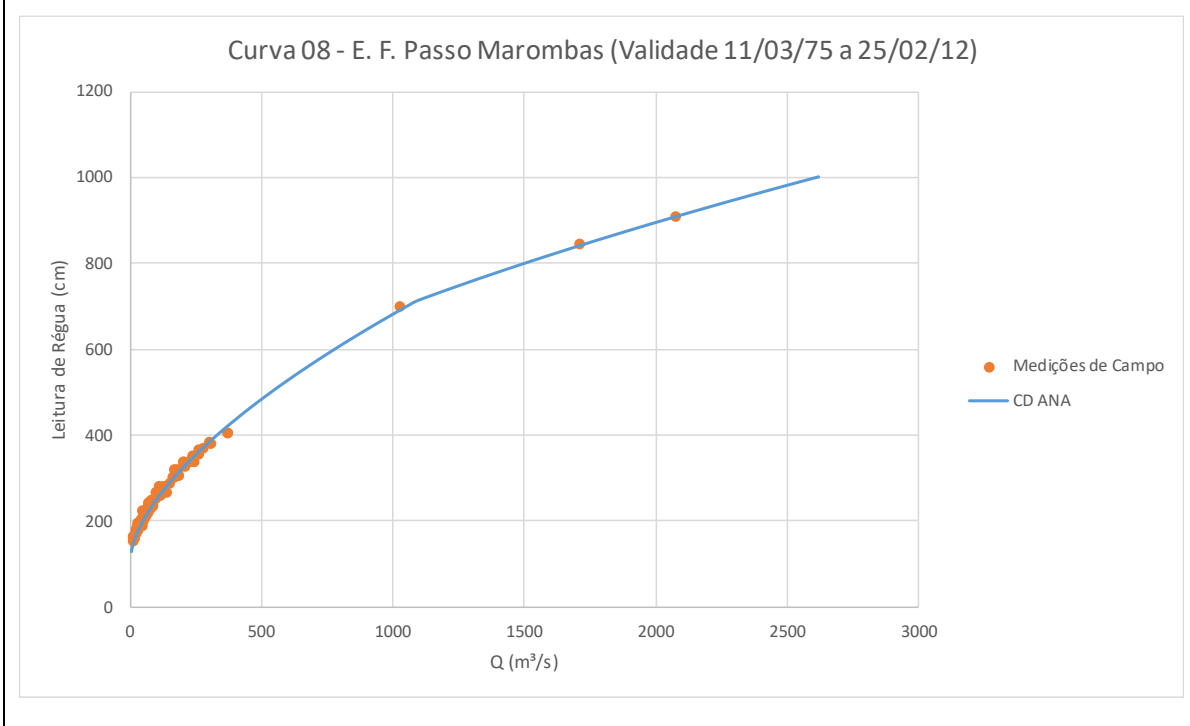
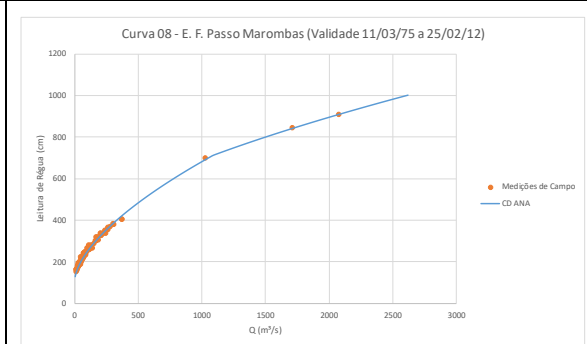
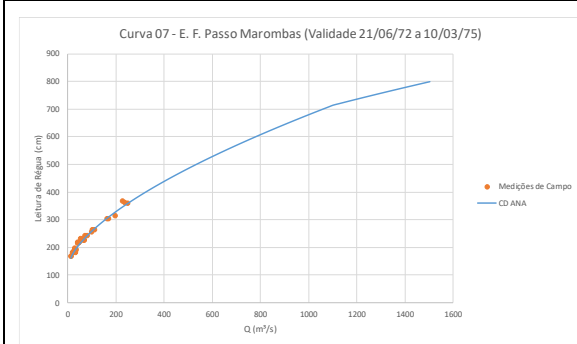
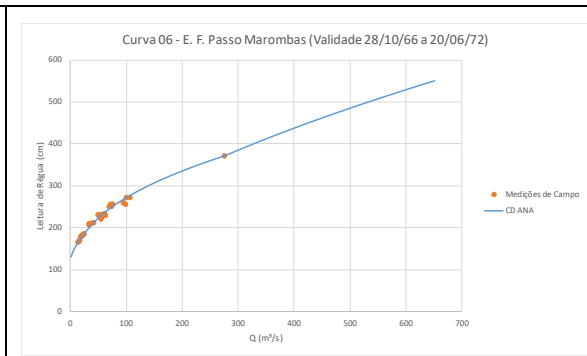
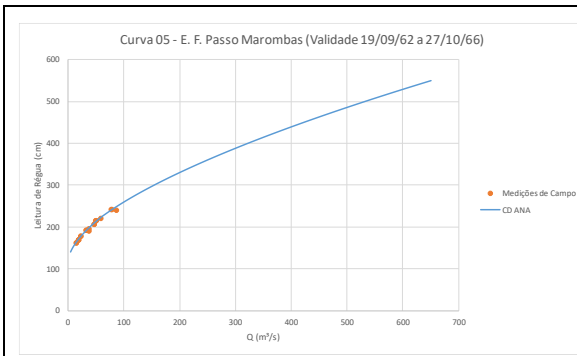
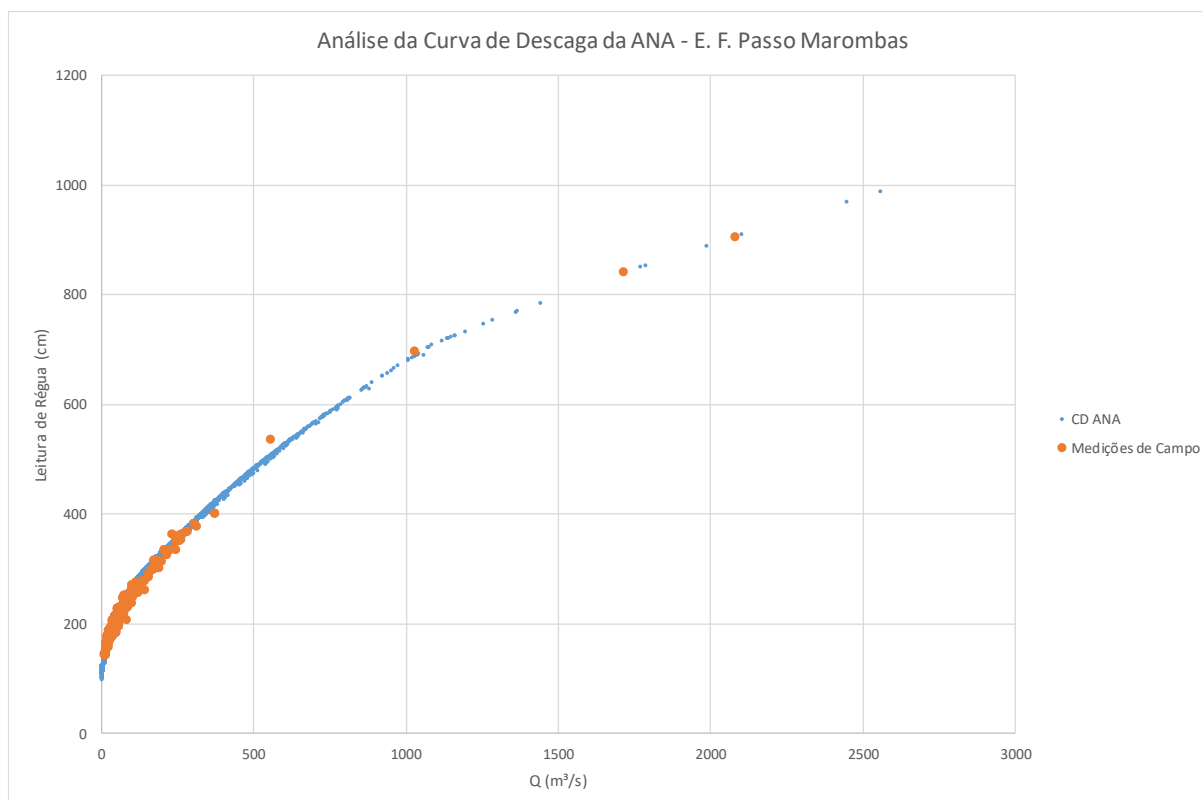


Gráfico 26 – Curvas de Descarga Est. Fluviom. Passo Marombas



#### 5.1.4.5 Cotagramas e Fluviogramas e Flutuações de Vazões Médias Mensais

Para a análise de consistência das estações plotou-se os cotagramas, fluviogramas e flutuações de vazões médias mensais, afim de reconhecer períodos com inconsistências. Como exemplo, são mostrados os gráficos a seguir de flutuação de vazões médias mensais, ressalta-se que foram muitos gráficos analisados, não cabendo demonstrar cada um deles. Percebe-se uma excelente coerência entre os dados das estações.

Gráfico 27 - Flutuação de Vazões Médias Mensais (Década de 50)

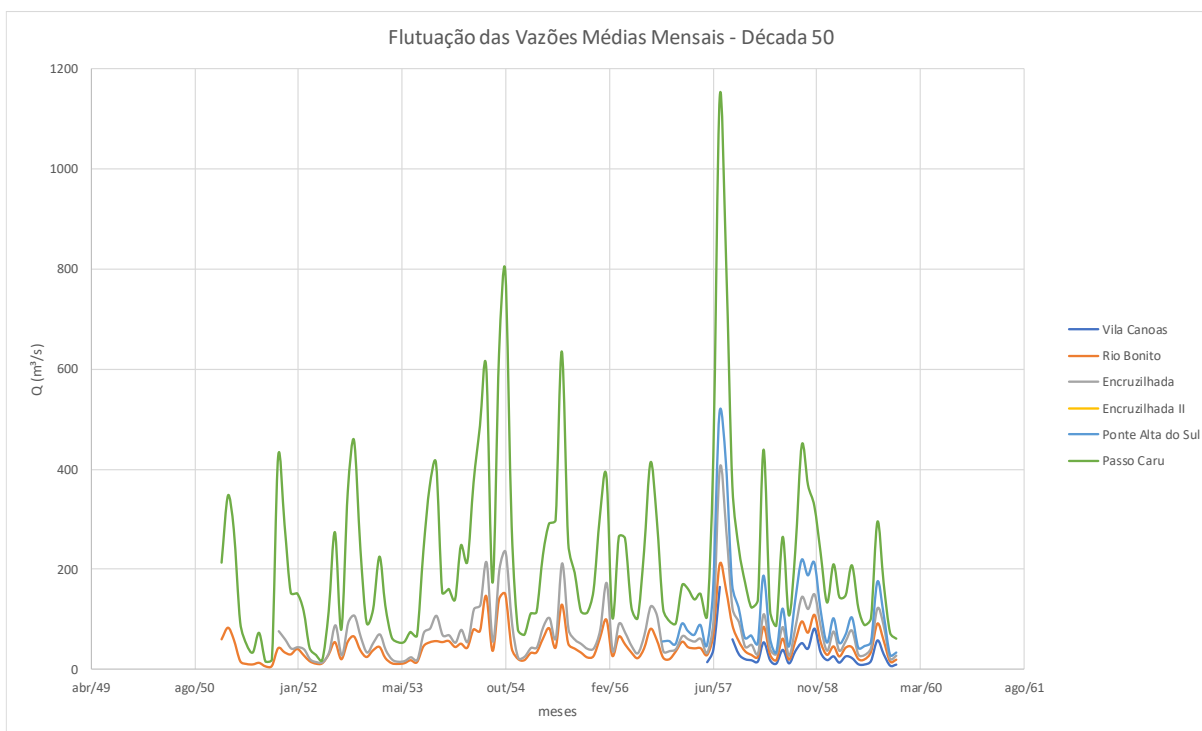


Gráfico 28 - Flutuação de Vazões Médias Mensais (Década de 60)

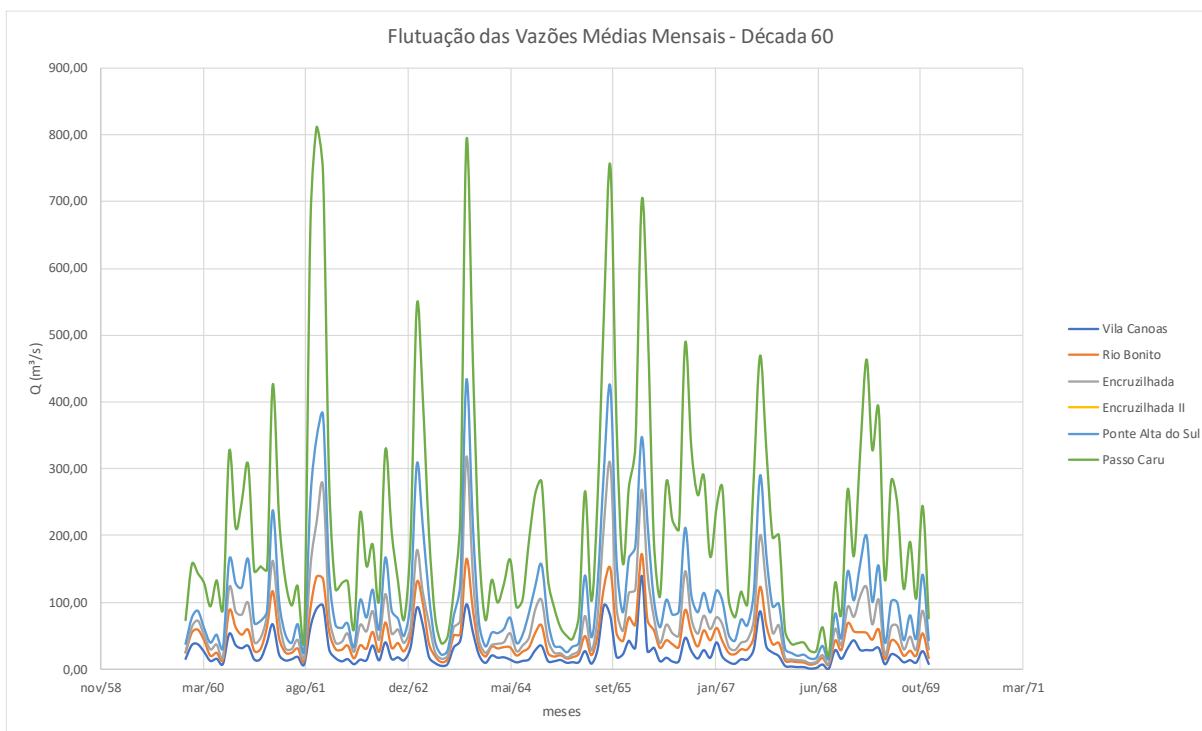




Gráfico 29 - Flutuação de Vazões Médias Mensais (Década de 70)

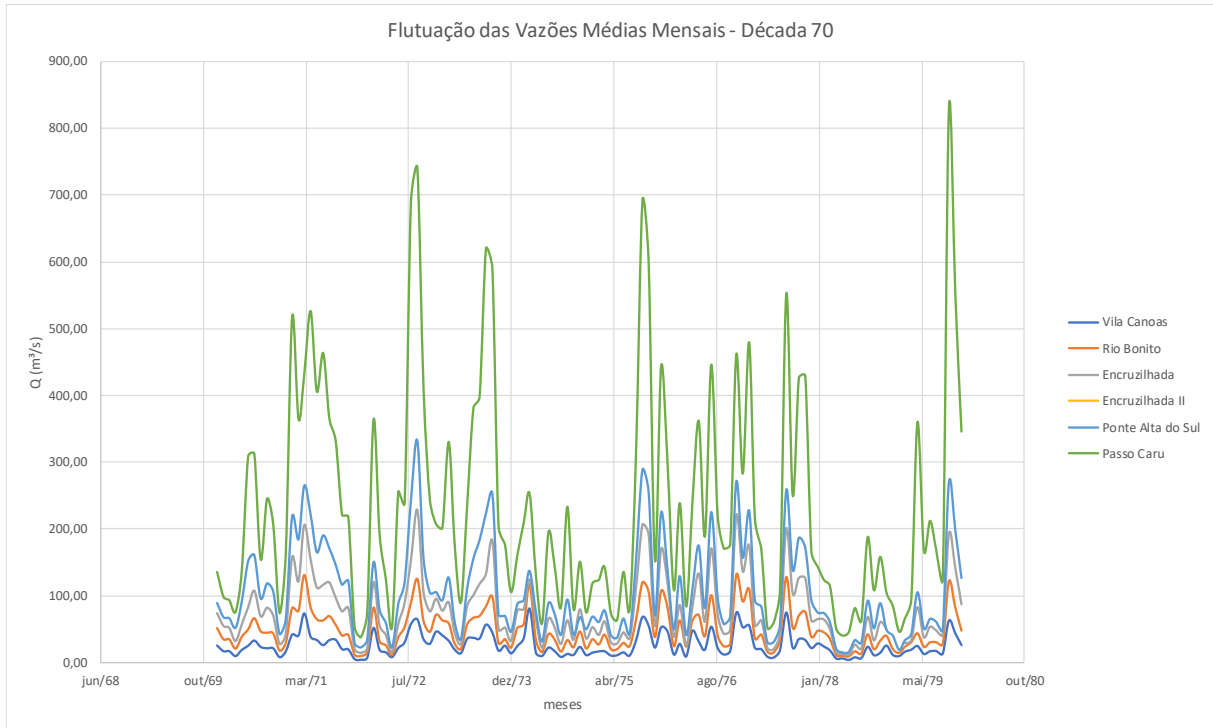


Gráfico 30 - Flutuação de Vazões Médias Mensais (Década de 80)

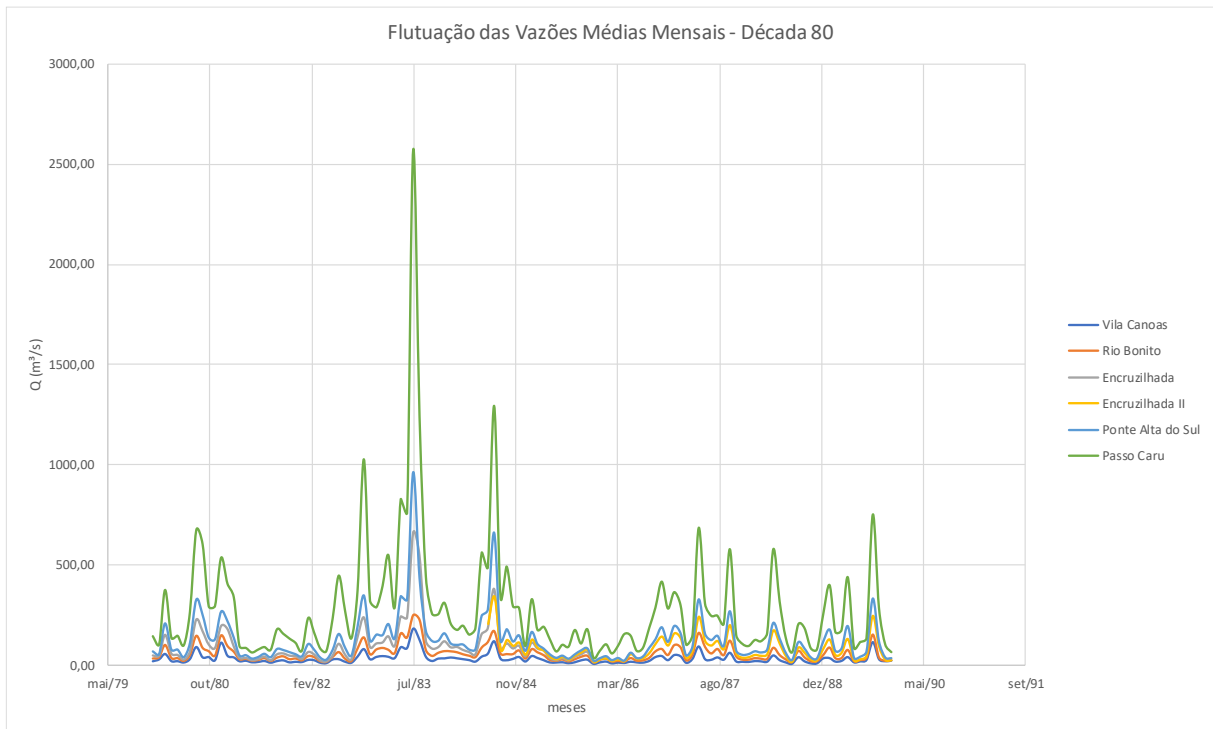


Gráfico 31 - Flutuação de Vazões Médias Mensais (Década de 90)

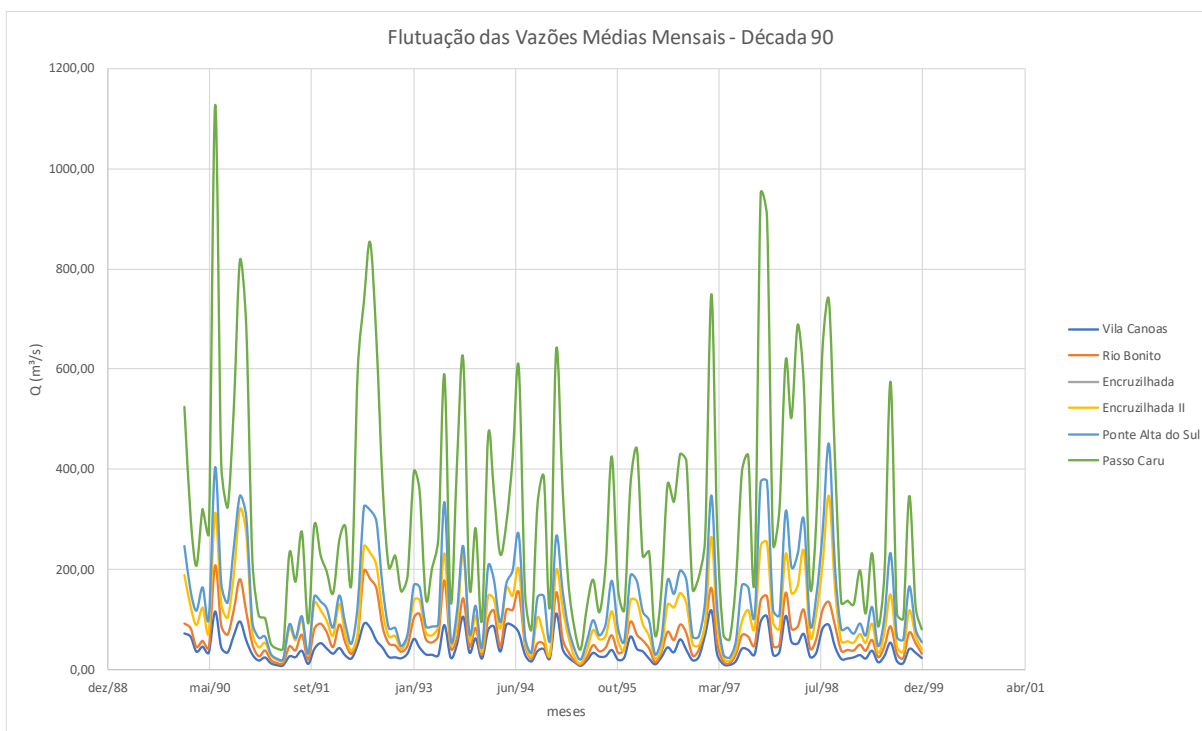


Gráfico 32 - Flutuação de Vazões Médias Mensais (Década de 00)

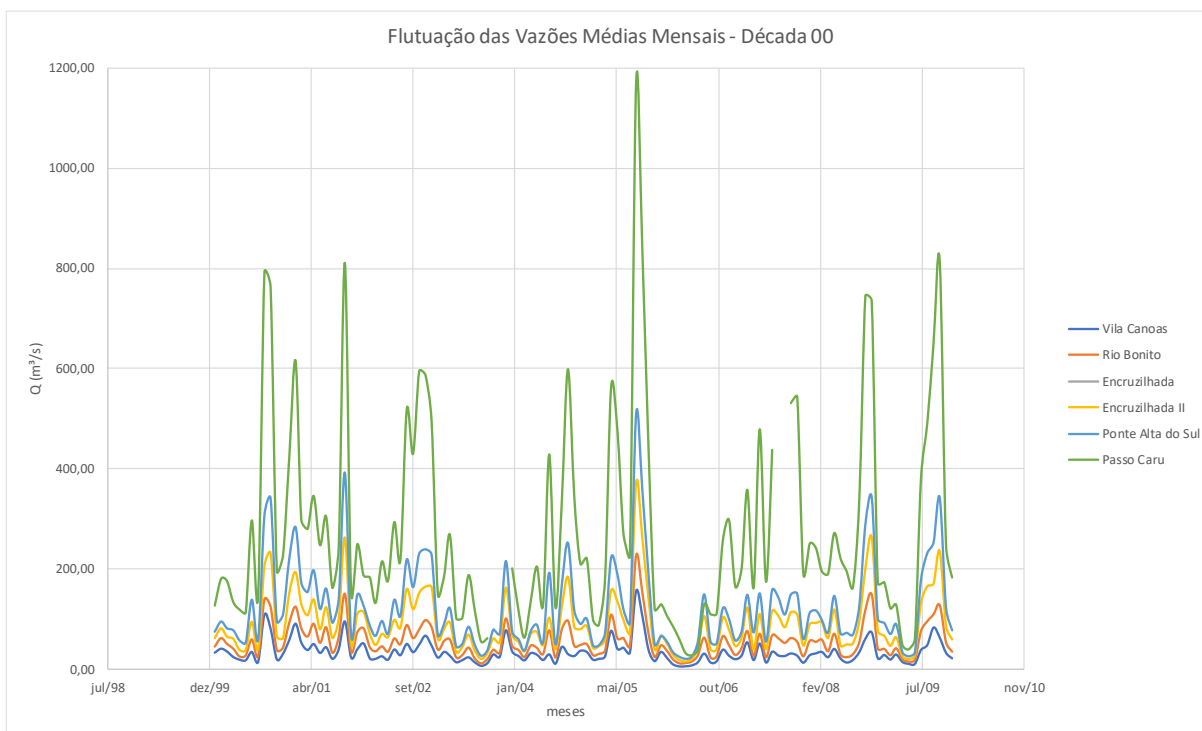
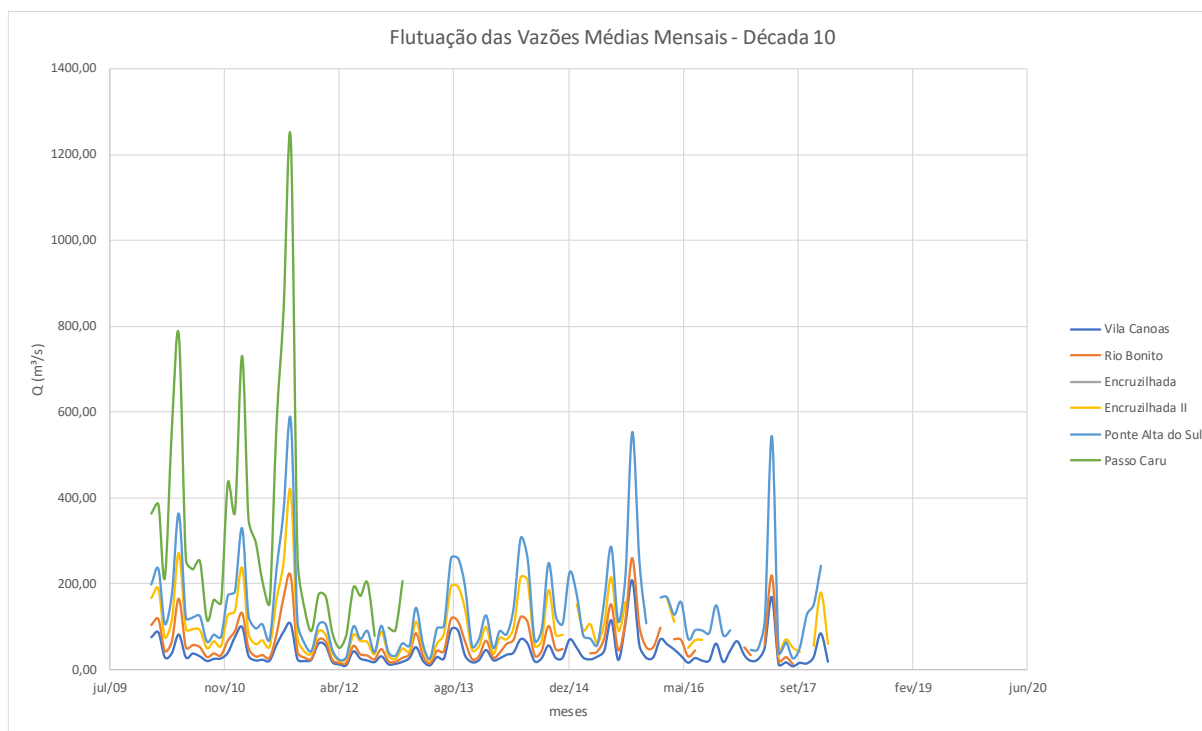


Gráfico 33 - Flutuação de Vazões Médias Mensais (Década de 10)



#### 5.1.4.6 Correlações

Foram realizadas as correlações de vazões médias mensais, afim de analisar inconsistências e posteriormente preencher as falhas na estação base. Os valores obtidos das correlações finais são apresentados no quadro a seguir. A maioria das estações apresenta um excelente coeficiente de correlação com a estação base Ponte Alta do Sul, facilitando o preenchimento de falhas e extensão da série.

Salienta-se que as falhas e extensões foram preenchidas na estação Ponte Alta do Sul com as mesmas cores do quadro a seguir.

Quadro 39 – Correlações

Eixo X	Eixo Y	AD X (km²)	AD Y (km²)	Relação AD	Equação	R²	R
Vila Canoas	Ponte Alta do Sul	1007,87	4510,17	4,47495	$Y = 3,52972 X$	0,82310	0,90725
Rio Bonito	Ponte Alta do Sul	1987,66	4510,17	2,26909	$Y = 2,23474 X$	0,89587	0,94650
Encruzilhada	Ponte Alta do Sul	3150,8	4510,17	1,43144	$Y = 1,38418 X$	0,94584	0,97254
Encruzilhada II	Ponte Alta do Sul	3139,02	4510,17	1,43681	$Y = 1,33913 X$	0,95989	0,97974
Passo Caru	Ponte Alta do Sul	10108,21	4510,17	0,44619	$Y = 0,43766 X$	0,93209	0,96545
Passo Marombas	Ponte Alta do Sul	3676,62	4510,17	1,22672	$Y = 1,31756 X$	0,81982	0,90544

### 5.1.4.7 Vazões Médias Mensais nos Locais das Estações

Após a análise de consistência, as falhas e extensão da estação base Ponte Alta do Sul foram preenchidas por correlação de vazões médias mensais entre as estações utilizadas no rio Canoas e seus afluentes. Ressalta-se que sempre foi priorizado o preenchimento entre as estações com maior coeficiente de correlação/determinação. Os quadros a seguir apresentam as séries finais de vazões médias mensais das estações estudadas.

Quadro 40 - Vazões Médias Mensais no Local da Estação Fluviométrica Ponte Alta do Sul

Vazões Médias Mensais - Est. Fluviom. Ponte Alta do Sul															
A/M	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd	Máx	Mín
1942			44,23	97,81	60,31	52,86	42,56	40,24	44,31	74,47	25,57	33,03	51,54	97,81	25,57
1943	30,03	46,44	31,86	25,23	45,24	140,02	107,30	270,61	136,33	74,94	56,72	33,51	83,19	270,61	25,23
1944	87,55	47,24	47,58	34,05	16,66	38,69	27,16	17,83	24,14	21,95	29,25	12,23	33,69	87,55	12,23
1945	10,73	75,99	37,62	24,99	14,85	20,93	22,00	28,95	89,57	54,35	27,68	40,81	37,37	89,57	10,73
1946	129,54	155,19	121,57	35,95	51,94	115,84	210,91	72,71	68,23	52,43	33,25	44,04	90,97	210,91	33,25
1947	61,54	104,19	95,07	29,14	62,33	66,76	82,71	67,96	183,22	127,82	97,21	59,90	86,49	183,22	29,14
1948	63,55	117,70	108,80	149,39	220,61	42,67	92,40	253,62	58,32	51,52	44,14	23,00	102,14	253,62	23,00
1949	45,57	37,46	123,47	109,11	62,53	114,01	74,98	126,30	105,54	67,35	32,95	24,51	76,98	126,30	24,51
1950	54,77	71,03	87,98	81,71	80,50	45,25	34,44	102,83	50,99	163,95	43,35	48,78	72,13	163,95	34,44
1951	93,23	151,96	122,19	40,99	21,92	14,68	31,81	6,65	8,73	104,54	81,68	56,34	61,23	151,96	6,65
1952	60,26	53,87	26,52	19,07	19,04	47,28	120,89	37,41	128,38	147,05	87,18	45,52	66,04	147,05	19,04
1953	73,41	95,41	52,44	26,02	20,16	22,26	32,49	25,69	100,20	111,76	146,94	93,20	66,66	146,94	20,16
1954	93,20	72,76	108,21	75,08	165,08	177,13	294,30	75,34	274,85	322,64	125,22	30,78	151,22	322,64	30,78
1955	34,23	58,39	59,72	116,41	140,69	86,71	291,96	108,89	80,91	69,30	55,58	57,02	96,65	291,96	34,23
1956	108,51	237,52	50,18	125,42	99,54	63,10	43,85	93,02	172,92	148,02	56,96	57,80	104,74	237,52	43,85
1957	51,69	92,41	78,16	70,03	89,85	48,63	158,47	512,33	413,76	170,70	124,77	64,30	156,26	512,33	48,63
1958	68,93	52,80	188,27	64,24	34,76	122,44	46,59	138,61	219,68	188,69	214,12	120,27	121,62	219,68	34,76
1959	54,67	103,24	54,23	71,10	104,80	44,40	47,86	56,09	176,27	110,71	30,15	34,82	74,03	176,27	30,15
1960	37,47	77,01	87,00	60,56	39,27	51,23	31,18	163,81	128,35	122,57	164,49	68,79	85,98	164,49	31,18
1961	72,07	86,73	237,70	101,21	51,94	38,91	67,05	27,68	257,31	346,64	380,24	141,11	150,72	380,24	27,68
1962	65,59	61,39	68,07	32,69	103,29	76,93	118,61	59,10	166,90	88,07	75,36	49,54	80,46	166,90	32,69
1963	98,97	306,33	218,07	110,38	41,00	21,33	27,68	81,10	128,80	433,43	216,92	70,29	146,19	433,43	21,33
1964	33,79	54,05	53,53	60,05	76,71	38,91	51,51	84,40	124,84	156,21	73,22	35,18	70,20	156,21	33,79
1965	32,88	24,95	33,54	39,40	140,06	47,35	126,58	297,57	423,29	164,91	84,68	166,34	131,80	423,29	24,95
1966	183,60	347,28	219,46	105,51	62,32	103,58	81,25	86,34	211,34	109,82	84,77	113,93	142,43	347,28	62,32
1967	84,42	117,60	102,12	51,04	42,13	74,10	65,32	113,20	289,78	172,02	93,54	97,77	108,59	289,78	42,13
1968	30,21	23,89	19,67	21,20	15,59	16,61	34,51	15,44	82,99	46,60	146,10	102,70	46,29	146,10	15,44
1969	157,03	199,22	100,72	154,36	39,57	100,75	99,01	43,12	80,36	45,86	141,27	43,10	100,36	199,22	39,57
1970	89,57	68,38	66,92	52,62	91,72	152,10	161,06	96,42	119,03	106,86	43,04	65,10	92,74	161,06	43,04
1971	218,64	184,69	264,94	221,64	165,44	190,71	171,33	146,44	116,95	122,71	29,75	23,25	154,71	264,94	23,25
1972	34,50	150,74	79,89	59,75	23,19	89,23	120,03	243,17	332,10	156,22	104,95	105,94	124,98	332,10	23,19
1973	93,66	127,56	62,23	35,91	110,74	156,04	183,98	223,56	252,83	72,32	70,44	46,68	119,66	252,83	35,91
1974	88,31	94,48	137,58	75,77	32,04	89,40	73,03	41,98	94,90	42,02	68,44	50,46	74,04	137,58	32,04
1975	69,16	61,12	78,45	41,46	37,92	66,50	44,53	153,80	288,71	255,80	71,03	225,01	116,12	288,71	37,92
1976	138,74	50,40	129,73	41,62	109,33	175,44	82,50	225,36	96,93	58,03	69,60	271,12	120,73	271,12	41,62
1977	157,53	227,62	93,10	84,54	31,03	31,56	56,56	258,76	138,91	186,91	172,31	93,72	127,71	258,76	31,03
1978	75,50	74,28	60,83	21,00	15,78	16,55	34,33	30,32	93,07	51,61	89,32	49,56	51,01	93,07	15,78
1979	40,95	19,53	34,01	43,45	105,74	51,69	65,74	61,19	48,81	269,83	198,39	126,96	88,86	269,83	19,53
1980	67,36	54,03	207,67	75,90	76,59	38,26	109,10	326,26	250,20	136,58	128,12	266,72	144,73	326,26	38,26
1981	218,57	135,90	47,05	48,58	31,36	39,38	55,30	37,89	79,31	74,33	63,63	53,34	73,72	218,57	31,36
1982	42,58	104,31	77,24	36,54	26,20	74,92	154,89	85,41	47,06	191,62	347,62	121,03	109,12	347,62	26,20
1983	151,13	149,13	204,58	131,54	343,56	326,19	964,83	435,35	169,64	119,79	120,56	157,86	272,85	964,83	119,79
1984	107,11	99,85	101,75	76,19	77,73	246,37	276,86	661,61	120,31	178,51	117,00	147,63	184,24	661,61	76,19
1985	70,29	164,66	104,72	81,05	52,74	35,02	45,86	30,91	52,78	72,18	82,72	21,01	67,83	164,66	21,01
1986	33,07	43,17	23,67	34,21	21,24	60,62	33,93	42,01	85,87	127,82	188,31	115,08	67,42	188,31	21,24
1987	194,64	158,62	46,60	93,12	327,59	155,83	124,19	145,53	94,74	268,67	71,80	50,16	144,29	327,59	46,60

Vazões Médias Mensais - Est. Fluiom. Ponte Alta do Sul															
A/M	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd	Máx	Mín
1988	53,80	68,02	62,11	76,37	210,28	131,92	60,36	24,65	113,97	81,67	37,72	32,13	79,42	210,28	24,65
1989	116,64	176,91	70,33	82,29	194,39	34,63	40,79	66,39	332,01	119,06	36,84	33,30	108,63	332,01	33,30
1990	247,04	155,96	117,54	164,35	102,20	404,68	172,09	133,65	246,09	347,90	304,82	94,14	207,54	404,68	94,14
1991	63,43	65,61	31,55	21,46	20,36	90,33	62,66	106,33	31,60	146,02	135,85	122,19	74,78	146,02	20,36
1992	83,82	148,00	91,67	51,71	127,69	326,08	319,11	296,46	162,80	82,63	83,14	46,57	151,64	326,08	46,57
1993	70,30	168,35	164,52	86,43	86,00	90,71	334,89	60,41	117,50	246,92	71,38	127,18	135,38	334,89	60,41
1994	43,95	207,14	179,32	94,32	172,03	198,11	269,91	64,95	33,66	144,12	146,51	57,48	134,29	269,91	33,66
1995	266,43	158,49	84,81	40,43	19,90	57,07	98,48	68,00	90,67	177,53	81,13	55,90	99,90	266,43	19,90
1996	188,27	176,89	115,87	97,79	29,72	62,98	178,53	151,28	198,14	179,19	66,18	65,82	125,89	198,14	29,72
1997	135,47	348,24	125,71	30,19	23,37	56,14	168,26	163,97	106,69	375,15	376,74	119,47	169,12	376,74	23,37
1998	108,07	316,80	205,72	231,78	299,95	89,33	146,25	273,16	451,80	204,43	80,24	83,88	207,62	451,80	80,24
1999	71,43	91,91	68,25	125,03	46,62	104,53	232,74	65,69	59,66	166,09	80,67	54,45	97,26	232,74	46,62
2000	73,86	94,20	80,65	76,64	56,77	51,77	138,08	58,85	307,31	341,26	94,28	107,56	123,44	341,26	51,77
2001	219,69	283,01	171,75	153,28	196,54	119,29	160,13	91,73	139,68	391,89	66,55	147,72	178,44	391,89	66,55
2002	125,50	85,88	65,48	95,31	69,67	137,80	105,44	218,39	163,04	229,88	238,66	228,23	146,94	238,66	65,48
2003	67,37	90,41	121,03	44,47	49,60	83,87	47,77	25,93	36,72	78,30	69,56	215,30	77,53	215,30	25,93
2004	74,21	59,12	36,03	75,02	87,96	53,36	191,92	48,34	168,41	251,56	116,06	89,31	104,27	251,56	36,03
2005	99,99	46,66	46,44	70,60	222,13	188,28	117,43	91,24	510,99	359,28	186,13	48,32	165,63	510,99	46,44
2006	65,94	52,79	32,63	23,73	19,62	24,04	53,59	148,61	53,85	50,02	120,95	99,24	62,08	148,61	19,62
2007	56,04	74,43	147,75	72,17	150,54	53,85	157,17	141,72	108,16	148,41	149,71	59,31	109,94	157,17	53,85
2008	111,03	116,21	97,51	72,49	145,57	70,08	71,84	68,10	125,29	288,57	342,80	99,55	134,09	342,80	68,10
2009	91,78	68,94	89,04	32,89	24,68	32,57	177,39	231,03	252,81	342,22	122,15	76,65	128,51	342,22	24,68
2010	198,89	234,91	107,03	177,51	364,03	120,57	122,28	125,03	65,67	82,11	76,71	173,09	153,99	364,03	65,67
2011	183,05	330,05	125,63	96,67	106,18	71,35	232,91	370,11	584,20	112,51	61,20	44,25	193,18	584,20	44,25
2012	105,97	105,84	46,24	23,14	29,73	101,28	71,95	90,66	41,05	102,74	40,68	32,75	66,00	105,97	23,14
2013	61,99	56,73	144,64	58,74	26,44	97,28	102,92	260,02	259,69	193,86	55,05	71,98	115,78	260,02	26,44
2014	126,85	50,91	90,38	83,22	144,23	307,06	259,23	68,97	94,91	248,85	124,94	107,05	142,22	307,06	50,91
2015	227,80	173,59	80,13	72,97	57,92	163,20	286,60	111,52	218,97	554,12	252,48	108,59	192,33	554,12	57,92
2016	115,71	168,43	168,73	128,56	157,89	72,39	92,24	91,83	86,02	150,46	80,46	92,01	117,06	168,73	72,39
2017	230,08	114,78	46,61	48,32	115,70	544,63	40,27	64,70	26,63	51,63	128,98	152,76	130,42	544,63	26,63
2018	242,51	79,00											160,76	242,51	79,00
Méd	101,79	121,17	97,55	74,93	91,58	102,22	128,11	132,03	156,58	164,32	113,67	86,91	114,24	279,84	37,91
Máx	266,43	348,24	264,94	231,78	364,03	544,63	964,83	661,61	584,20	554,12	380,24	271,12	272,85	964,83	119,79
Mín	10,73	19,53	19,67	19,07	14,85	14,68	22,00	6,65	8,73	21,95	25,57	12,23	33,69	87,55	6,65

Eixo X	Eixo Y	AD X (km²)	AD Y (km²)	Relação AD	Equação	R²	R
Vila Canoas	Ponte Alta do Sul	1007,87	4510,17	4,47495	Y = 3,52972 X	0,82310	0,90725
Rio Bonito	Ponte Alta do Sul	1987,66	4510,17	2,26909	Y = 2,23474 X	0,89587	0,94650
Encruzilhada	Ponte Alta do Sul	3150,8	4510,17	1,43144	Y = 1,38418 X	0,94584	0,97254
Encruzilhada II	Ponte Alta do Sul	3139,02	4510,17	1,43681	Y = 1,33913 X	0,95989	0,97974
Passo Caru	Ponte Alta do Sul	10108,21	4510,17	0,44619	Y = 0,43766 X	0,93209	0,96545
Passo Marombas	Ponte Alta do Sul	3676,62	4510,17	1,22672	Y = 1,31756 X	0,81982	0,90544

**Quadro 41 - Vazões Médias Mensais no Local da Estação Fluviométrica Vila Canoas**

Vazões Médias Mensais - E. F. Vila Canoas															
A/M	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd	Máx	Mín
1957						14,33	39,70	164,01		59,82	30,09	20,37	54,72	164,01	14,33
1958	18,14	15,84	53,86	18,12	11,55	38,81	11,97	36,46	52,25	41,40	81,08	33,53	34,42	81,08	11,55
1959	18,48	25,96	13,39	25,87	22,62	10,23	9,76	16,77	57,58	30,36	7,55	9,49	20,67	57,58	7,55
1960	15,61	36,31	37,24	25,75	12,62	15,82	7,95	52,92	36,01	31,48	35,00	14,77	26,79	52,92	7,95
1961	16,04	39,77	66,89	22,01	13,37	15,09	18,61	7,38	63,01	90,02	94,57	29,50	39,69	94,57	7,38
1962	16,78	11,99	15,29	7,73	14,49	13,80	35,57	13,39	40,21	15,66	17,91	13,67	18,04	40,21	7,73
1963	31,83	91,26	67,43	18,77	9,47	5,33	8,09	33,09	42,90	96,53	55,51	21,52	40,14	96,53	5,33
1964	9,67	20,67	17,33	18,01	14,51	10,50	12,68	14,90	28,70	35,01	12,54	12,09	17,22	35,01	9,67
1965	14,00	9,83	10,73	10,89	27,14	8,50	29,36	94,91	78,73	18,96	22,17	42,56	30,65	94,91	8,50
1966	32,21	138,66	27,07	32,45	12,14	17,29	11,72	12,17	46,84	27,23	16,13	28,67	33,55	138,66	11,72
1967	17,21	40,09	19,17	10,96	8,45	15,19	14,80	29,43	86,25	34,28	25,05	19,78	26,72	86,25	8,45
1968	5,23	4,37	3,50	3,47	1,24	2,26	7,29	1,32	28,66	15,63	31,56	43,12	12,30	43,12	1,24
1969	28,85	28,86	28,40	31,82	7,81	22,37	19,30	10,63	13,70	10,20	27,10	8,07	19,76	31,82	7,81
1970	25,99	17,54	17,54	10,23	19,47	25,62	33,41	23,97	21,87	21,86	8,72	17,17	20,28	33,41	8,72
1971	42,35	40,99	74,03	39,04	34,33	26,55	34,12	34,50	20,50	20,25	5,69	4,79	31,43	74,03	4,79
1972	7,58	52,37	19,73	15,91	8,63	22,54	30,52	58,02	65,04	35,44	28,63	46,74	32,60	65,04	7,58
1973	41,03	32,86	20,16	14,55	35,87	37,55	36,49	57,19	45,35	18,38	25,72	14,33	31,63	57,19	14,33
1974	25,47	37,21	81,20	15,16	10,40	22,91	17,60	8,91	13,48	12,00	23,98	11,73	23,34	81,20	8,91
1975	15,33	17,23	17,43	10,98	11,58	15,81	11,10	33,64	68,50	55,73	22,90	53,29	27,79	68,50	10,98
1976	47,11	12,50	28,56	9,68	48,13	31,97	19,82	54,16	22,32	12,54	17,95	75,23	31,66	75,23	9,68
1977	53,21	55,96	22,69	20,58	9,29	8,16	19,02	75,43	22,82	35,62	34,25	22,18	31,60	75,43	8,16
1978	29,13	24,31	18,80	6,59	6,71	4,46	8,46	7,12	24,14	11,56	15,26	25,98	15,21	29,13	4,46
1979	12,00	10,31	16,76	19,81	25,35	13,39	17,46	17,75	13,93	63,35	44,17	26,66	23,41	63,35	10,31
1980	19,53	29,03	56,24	20,07	19,95	13,40	30,77	91,17	39,38	40,61	24,44	113,07	41,47	113,07	13,40
1981	47,39	39,10	19,46	22,09	14,26	16,23	20,84	12,34	20,53	24,24	14,00	16,70	22,27	47,39	12,34
1982	15,54	26,45	25,04	12,05	10,11	28,50	29,72	17,03	12,04	43,00	80,68	29,79	27,49	80,68	10,11
1983	41,29	45,64	41,96	35,20	90,09	85,85	183,46	127,07	42,28	20,89	32,98	34,02	65,06	183,46	20,89
1984	38,41	34,40	30,06	25,19	17,75	42,88	57,69	120,26	32,94	24,71	31,44	40,98	41,39	120,26	17,75
1985	18,34	45,84	36,06	24,95	13,52	13,11	14,60	9,98	14,72	24,13	27,52	6,74	20,79	45,84	6,74
1986	13,95	17,91	9,02	12,78	10,81	17,20	13,78	12,61	21,41	40,70	45,84	25,10	20,09	45,84	9,02
1987	50,71	44,78	11,60	32,03	93,90	30,37	26,69	38,86	27,28	62,19	18,60	16,98	37,83	93,90	11,60
1988	16,04	20,60	19,08	17,17	48,87	25,16	13,78	6,99	39,74	19,25	9,03	9,01	20,39	48,87	6,99
1989	34,36	35,33	17,95	21,43	40,48	13,92	18,97	25,83	115,67	30,41	19,72	22,65	33,06	115,67	13,92
1990	72,02	65,09	35,38	45,39	33,61	116,04	44,00	33,59	68,11	96,02	57,70	29,54	58,04	116,04	29,54
1991	17,53	23,64	12,19	8,09	7,83	25,78	24,25	37,03	10,68	40,61	52,36	41,58	25,13	52,36	7,83
1992	31,32	42,64	27,60	21,81	49,29	91,39	83,62	57,42	42,90	24,61	23,97	22,07	43,22	91,39	21,81
1993	31,79	60,87	43,44	29,84	29,16	28,09	88,84	23,18	50,42	105,71	33,50	62,07	48,91	105,71	23,18
1994	21,33	79,43	85,69	35,56	89,39	87,83	73,66	29,15	15,56	36,22	40,54	22,10	51,37	89,39	15,56
1995	112,02	41,30	24,03	14,08	6,85	17,73	32,77	25,39	26,17	38,66	18,84	23,20	31,75	112,02	6,85
1996	65,69	40,99	35,74	21,43	9,86	24,32	43,96	34,09	60,08	38,81	17,86	24,57	34,78	65,69	9,86
1997	68,57	118,27	30,79	10,11	8,57	16,11	41,17	38,81	29,47	95,62	106,09	29,60	49,43	118,27	8,57
1998	34,52	107,28	55,23	51,71	70,74	24,88	32,87	81,93	88,93	45,43	20,69	21,45	52,97	107,28	20,69
1999	23,82	28,39	21,47	37,27	14,04	26,80	53,42	16,45	12,14	40,79	33,05	22,56	27,52	53,42	12,14
2000	33,05	40,87	35,33	24,51	19,21	17,97	34,62	14,85	108,04	80,67	19,85	30,77	38,31	108,04	14,85
2001	58,11	90,38	53,17	38,33	50,13	32,45	43,87	20,78	39,80	94,88	23,20	39,53	48,72	94,88	20,78
2002	51,32	21,58	20,80	25,90	19,06	39,38	27,96	50,32	34,09	48,83	66,64	46,92	37,73	66,64	19,06
2003	23,31	34,67	26,77	14,08	18,31	23,81	13,98	7,02	12,06	29,70	24,78	77,50	25,50	77,50	7,02
2004	35,39	26,46	17,84	32,04	29,13	18,52	29,66	11,20	44,56	30,33	26,38	36,76	28,19	44,56	11,20
2005	34,55	19,06	20,90	25,46	76,29	40,54	42,77	32,85	155,57	105,94	37,94	16,27	50,68	155,57	16,27
2006	34,57	21,79	9,86	5,80	6,13	7,76	13,95	31,23	13,68	15,85	38,98	27,03	18,89	38,98	5,80
2007	20,11	27,30	53,61	18,34	51,15	13,49	34,92	27,28	26,47	31,45	27,03	13,14	28,69	53,61	13,14
2008	27,77	31,64	34,45	24,09	40,44	21,35	13,49	18,64	33,91	60,65	73,29	21,98	33,47	73,29	13,49
2009	28,55	19,48	29,44	14,55	11,00	10,73	38,33	48,11	82,71	62,93	32,80	21,68	33,36	82,71	10,73
2010	74,57	85,95	27,47	37,69	81,12	27,30	36,20	29,62	18,76	23,85	24,95	38,40	42,16	85,95	18,76
2011	75,12	99,01	31,30	20,14	21,76	19,40	56,07	87,12	105,91	23,16	18,83	22,45	48,36	105,91	18,83
2012	59,73	54,74	16,62	10,90	8,92	41,46	24,71	20,02	16,14	29,78	11,21	12,06	25,52	59,73	8,92
2013	16,88	25,91	51,44	18,96	8,58	28,34	24,44	92,47	90,07	32,05	15,90	20,77	35,48	92,47	8,58



Vazões Médias Mensais - E. F. Vila Canoas															
A/M	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd	Máx	Mín
2014	44,57	20,77	24,86	33,75	38,59	70,16	59,78	18,19	25,77	55,43	26,12	26,30	37,02	70,16	18,19
2015	69,51	49,43	26,82	22,62	29,02	43,06	114,74	21,12	105,49	208,02	56,38	26,34	64,38	208,02	21,12
2016	27,56	69,89	57,93	45,91	31,00	14,76	25,71	19,70	19,98	59,69	16,32	42,68	35,93	69,89	14,76
2017	65,18	32,45	19,31	22,48	49,72	168,94	10,94	15,95	6,36	14,41	13,11	28,29	37,26	168,94	6,36
2018	83,62	17,10											50,36	83,62	17,10
Méd	35,42	40,99	31,22	22,04	27,23	29,24	33,28	37,11	43,38	44,16	31,90	28,82	33,75	83,65	11,95
Máx	112,02	138,66	85,69	51,71	93,90	168,94	183,46	164,01	155,57	208,02	106,09	113,07	65,06	208,02	29,54
Mín	5,23	4,37	3,50	3,47	1,24	2,26	7,29	1,32	6,36	10,20	5,69	4,79	12,30	29,13	1,24

Quadro 42 - Vazões Médias Mensais no Local da Estação Fluviométrica Rio Bonito

Vazões Médias Mensais - E. F. Rio Bonito															
A/M	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd	Máx	Mín
1942			19,79	43,77	26,99	23,65	19,04	18,01	19,83	33,33	11,44	14,78	23,06	43,77	11,44
1943	13,44	20,78	14,25	11,29	20,25	62,66	48,01	121,09	61,00	33,53	25,38	14,99	37,22	121,09	11,29
1944	39,18	21,14	21,29	15,24	7,46	17,31	12,16	7,98	10,80	9,82	13,09	5,47	15,08	39,18	5,47
1945	4,80	34,01	16,83	11,18	6,65	9,37	9,84	12,96	40,08	24,32	12,39	18,26	16,72	40,08	4,80
1946	57,96	69,45	54,40	16,09	23,24	51,84	94,38	32,54	30,53	23,46	14,88	19,70	40,71	94,38	14,88
1947	27,54	46,62	42,54	13,04	27,89	29,87	37,01	30,41	81,99	57,20	43,50	26,81	38,70	81,99	13,04
1948	28,44	52,67	48,68	66,85	98,72	19,09	41,35	113,49	26,10	23,05	19,75	10,29	45,71	113,49	10,29
1949	20,39	16,76	55,25	48,83	27,98	51,02	33,55	56,52	47,23	30,14	14,74	10,97	34,45	56,52	10,97
1950	24,51	31,78	39,37	36,56	36,02	20,25	15,41	46,01	22,82	73,36	19,40	21,83	32,28	73,36	15,41
1951	59,73	83,05	59,30	16,03	10,33	9,40	12,53	5,47	6,46	41,87	33,62	29,51	30,61	83,05	5,47
1952	40,48	28,03	15,92	10,86	11,74	29,33	54,04	19,77	54,87	65,45	37,56	24,27	32,69	65,45	10,86
1953	37,65	44,48	22,50	11,87	10,44	11,84	17,75	13,85	45,48	53,64	56,20	54,16	31,65	56,20	10,44
1954	56,36	44,36	51,02	43,01	79,66	76,45	146,77	36,47	139,72	150,61	42,13	20,58	73,93	150,61	20,58
1955	17,89	32,38	33,59	61,23	82,05	43,21	129,46	51,18	41,15	33,27	23,46	26,07	47,91	129,46	17,89
1956	62,06	99,29	26,39	65,26	49,71	33,10	21,94	41,48	80,75	58,71	23,01	19,88	48,46	99,29	19,88
1957	35,59	54,90	44,01	41,62	41,93	28,17	67,85	210,71	158,14	88,28	56,21	36,03	71,95	210,71	28,17
1958	28,48	24,57	84,88	28,93	17,96	61,12	18,94	56,59	95,61	73,10	108,92	54,23	54,44	108,92	17,96
1959	28,59	45,55	25,34	43,04	43,87	20,24	19,63	34,51	91,39	57,29	15,27	18,91	36,97	91,39	15,27
1960	24,38	54,74	59,03	42,52	19,76	24,32	13,28	88,23	62,65	51,58	59,04	27,13	43,89	88,23	13,28
1961	30,32	63,41	116,93	46,39	24,93	24,30	30,76	12,50	91,61	138,79	135,01	56,05	64,25	138,79	12,50
1962	29,96	29,06	35,25	15,91	35,62	30,56	55,64	25,60	69,88	31,84	38,94	26,53	35,40	69,88	15,91
1963	49,88	130,88	100,84	38,46	19,16	10,25	14,73	50,86	52,77	165,39	89,60	33,04	62,99	165,39	10,25
1964	18,70	33,54	30,85	32,85	32,44	20,23	26,15	32,54	54,69	65,52	24,31	18,67	32,54	65,52	18,67
1965	20,56	15,63	17,69	23,01	49,44	20,73	50,57	122,62	151,31	54,35	41,84	77,80	53,80	151,31	15,63
1966	66,82	173,02	74,01	58,64	31,59	43,12	37,19	33,20	88,74	55,18	33,79	58,07	62,78	173,02	31,59
1967	42,99	61,68	42,14	24,35	22,19	29,59	29,43	47,47	123,42	66,75	37,26	39,17	47,20	123,42	22,19
1968	12,53	11,49	10,28	9,65	6,43	8,70	16,38	6,65	42,83	28,45	68,81	56,56	23,23	68,81	6,43
1969	55,23	54,16	44,00	59,49	14,76	42,45	37,94	19,82	27,34	20,03	53,49	16,36	37,09	59,49	14,76
1970	51,43	34,70	34,60	20,48	38,41	49,60	66,52	46,68	44,52	43,55	17,56	29,15	39,77	66,52	17,56
1971	81,80	77,61	131,84	82,68	65,07	63,29	69,61	56,43	40,24	41,27	11,35	9,52	60,89	131,84	9,52
1972	14,90	82,47	31,87	25,61	10,64	38,01	53,26	89,83	125,78	62,41	45,84	71,76	54,36	125,78	10,64
1973	63,26	58,61	28,80	20,38	56,88	67,09	69,89	84,29	98,87	28,67	34,99	22,09	52,82	98,87	20,38
1974	52,05	57,68	117,56	33,03	15,35	42,65	34,14	16,15	33,39	22,57	46,46	20,77	40,98	117,56	15,35
1975	34,75	26,73	41,72	19,74	19,72	29,24	24,30	64,35	120,51	106,69	37,87	107,79	52,78	120,51	19,72
1976	82,58	24,15	63,17	23,58	62,56	71,41	39,22	101,40	40,38	23,98	28,02	132,34	57,73	132,34	23,58
1977	91,86	110,56	35,56	41,92	16,02	14,90	33,84	128,86	52,22	70,48	75,98	38,30	59,21	128,86	14,90
1978	47,46	44,78	35,34	10,97	9,50	8,82	16,45	13,32	42,04	19,55	32,43	39,90	26,71	47,46	8,82
1979	19,83	14,13	23,37	30,33	43,68	23,29	29,95	30,17	26,91	122,49	82,43	47,78	41,20	122,49	14,13
1980	31,43	38,55	99,87	33,84	33,33	19,35	49,62	145,85	85,14	68,39	46,21	148,18	66,65	148,18	19,35
1981	94,17	65,70	27,66	29,60	20,42	24,05	33,56	19,00	35,94	42,52	28,02	31,38	37,67	94,17	19,00
1982	22,10	43,85	39,14	17,68	14,34	39,52	63,60	29,96	18,64	81,49	137,72	52,99	46,75	137,72	14,34
1983	76,98	84,56	75,49	58,54	157,88	137,98	250,12	226,35	74,44	44,57	60,19	68,61	109,64	250,12	44,57
1984	67,56	62,83	52,67	45,21	38,20	86,77	114,30	169,80	56,35	53,74	53,59	72,15	72,76	169,80	38,20
1985	31,17	78,47	62,93	48,08	23,81	20,03	26,07	16,99	27,80	39,98	45,30	11,95	36,05	78,47	11,95

Vazões Médias Mensais - E. F. Rio Bonito															
A/M	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd	Máx	Mín
1986	24,41	30,36	15,76	19,57	15,72	33,49	20,26	22,22	34,87	67,46	79,37	48,85	34,36	79,37	15,72
1987	98,73	87,81	21,90	52,03	160,60	90,27	56,91	79,48	48,27	121,52	42,10	25,80	73,78	160,60	21,90
1988	25,57	33,17	30,46	29,66	85,51	48,81	26,92	13,52	69,65	37,55	17,49	18,00	36,36	85,51	13,52
1989	48,92	86,73	33,62	34,04	74,55	17,92	23,59	34,66	152,06	37,29	19,63	22,94	48,83	152,06	17,92
1990	90,98	81,35	44,27	56,50	42,52	206,68	86,74	68,85	118,66	179,48	113,85	49,88	94,98	206,68	42,52
1991	25,85	37,28	18,64	12,30	12,02	45,51	37,72	68,55	18,97	80,18	90,64	73,69	43,45	90,64	12,02
1992	43,97	89,18	52,73	30,76	64,40	195,82	179,86	160,70	82,85	51,23	47,51	34,82	86,15	195,82	30,76
1993	47,00	102,42	109,91	59,58	53,18	67,08	176,78	41,84	62,66	141,38	45,57	82,18	82,47	176,78	41,84
1994	28,75	101,19	116,69	45,06	118,03	117,67	153,68	47,99	20,89	51,42	49,80	26,28	73,12	153,68	20,89
1995	153,24	61,43	35,08	16,57	8,93	24,16	47,79	35,67	43,12	67,56	32,48	40,44	47,21	153,24	8,93
1996	94,77	68,82	57,25	41,36	14,15	34,49	74,62	58,24	88,96	71,45	27,02	38,61	55,81	94,77	14,15
1997	86,05	161,78	52,76	15,08	11,96	29,26	67,65	64,74	47,58	137,12	144,73	46,87	72,13	161,78	11,96
1998	49,09	152,43	81,14	84,90	118,23	41,38	60,25	118,08	133,87	87,09	36,58	38,43	83,46	152,43	36,58
1999	37,36	49,01	36,78	58,34	24,13	45,93	85,40	31,28	22,25	73,01	51,64	30,89	45,50	85,40	22,25
2000	45,25	62,06	50,55	40,72	25,52	27,43	59,56	25,92	139,35	124,65	38,15	42,95	56,84	139,35	25,52
2001	92,97	124,82	81,50	65,19	90,76	52,40	83,70	32,64	64,44	150,70	34,72	73,86	78,97	150,70	32,64
2002	81,68	43,49	35,63	45,58	34,84	61,21	49,67	88,10	61,91	79,03	98,01	84,08	63,60	98,01	34,84
2003	38,87	56,67	59,32	23,43	28,18	43,06	21,43	11,50	20,10	39,01	32,80	101,38	39,65	101,38	11,50
2004	46,58	38,35	24,12	46,97	42,69	30,28	77,64	22,93	79,81	96,57	46,29	48,36	50,05	96,57	22,93
2005	50,09	27,93	30,61	37,11	108,77	61,35	62,03	45,57	227,82	153,79	70,20	24,37	74,97	227,82	24,37
2006	47,58	35,57	19,55	11,62	12,12	15,24	27,46	63,02	23,48	25,57	66,07	47,77	32,92	66,07	11,62
2007	28,32	42,25	76,16	26,72	70,72	23,49	67,72	61,46	52,38	62,12	54,58	25,51	49,29	76,16	23,49
2008	56,26	54,56	58,94	35,73	70,82	29,18	24,04	30,14	53,71	118,33	148,96	40,94	60,13	148,96	24,04
2009	40,69	27,79	41,71	20,13	15,30	18,57	76,04	95,63	109,61	127,84	53,62	34,91	55,15	127,84	15,30
2010	103,02	116,71	42,31	65,97	164,32	50,45	56,59	51,48	28,62	36,90	32,61	66,95	67,99	164,32	28,62
2011	89,17	131,15	49,49	30,08	33,21	26,92	80,75	166,54	218,07	39,78	27,34	25,11	76,47	218,07	25,11
2012	68,83	64,04	22,29	15,29	14,87	54,60	35,12	32,11	23,36	47,07	19,00	17,61	34,52	68,83	14,87
2013	26,78	36,00	84,06	31,39	14,08	43,67	42,05	117,57	111,33	65,28	23,96	30,90	52,25	117,57	14,08
2014	66,71	27,47	38,45	59,38	68,70	121,73	110,32	32,50	43,40	100,74	46,81	47,33	63,63	121,73	27,47
2015				37,49	41,37	72,94	150,98	44,72	112,81	259,09	100,70	51,58	96,85	259,09	37,49
2016	51,78	96,93		70,14	68,42	30,18	44,12		39,11		31,80		54,06	96,93	30,18
2017		51,36	32,96		57,25	218,39	20,54	28,91	12,14		24,44		55,75	218,39	12,14
2018	124,28												124,28	124,28	124,28
Méd	50,15	60,31	48,14	35,95	43,04	46,94	56,24	58,46	67,22	70,42	48,49	41,65	53,20	120,84	20,24
Máx	153,24	173,02	131,84	84,90	164,32	218,39	250,12	226,35	227,82	259,09	148,96	148,18	124,28	259,09	124,28
Mín	4,80	11,49	10,28	9,65	6,43	8,70	9,84	5,47	6,46	9,82	11,35	5,47	15,08	39,18	4,80

Quadro 43 - Vazões Médias Mensais no Local da Estação Fluviométrica Encruzilhada

Vazões Médias Mensais - E. F. Encruzilhada															
A/M	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd	Máx	Mín
1951										75,68	59,13	40,78	58,53	75,68	40,78
1952	43,62	39,00	19,19	13,81	13,79	34,23	87,51	27,08	92,93	106,45	63,10	32,95	47,80	106,45	13,79
1953	53,14	69,06	37,96	18,83	14,59	16,11	23,52	18,60	72,53	80,90	106,37	67,46	48,26	106,37	14,59
1954	67,46	52,67	78,33	54,35	119,50	128,22	213,03	54,54	198,95	233,55	90,64	22,28	109,46	233,55	22,28
1955	24,78	42,27	43,23	84,27	101,84	62,77	211,34	78,82	58,57	50,16	40,23	41,27	69,96	211,34	24,78
1956	78,55	171,93	36,32	90,78	72,05	45,67	31,74	67,34	125,17	107,15	35,33	35,93	74,83	171,93	31,74
1957	40,08	65,76	59,45	54,88	60,20	32,08	96,19	402,32	275,40	121,08	93,96	44,68	112,18	402,32	32,08
1958	48,39	31,06	109,70	39,85	29,99	83,97	26,52	83,82	143,99	120,00	149,23	84,45	79,25	149,23	26,52
1959	36,61	75,03	36,54	56,00	76,92	28,74	27,97	42,44	121,33	86,77	20,77	26,71	52,98	121,33	20,77
1960	24,47	62,47	71,76	49,46	28,63	35,92	16,78	121,96	85,54	80,75	98,60	39,59	59,66	121,96	16,78
1961	45,96	79,92	161,52	72,78	30,35	29,13	42,91	16,95	154,00	219,71	273,97	79,73	100,58	273,97	16,95
1962	38,90	40,14	52,50	24,98	65,40	55,73	86,05	42,88	111,58	52,67	58,73	38,24	55,65	111,58	24,98
1963	60,92	176,82	116,42	68,67	24,47	14,64	19,31	62,54	72,90	317,45	141,07	42,95	93,18	317,45	14,64
1964	23,44	35,05	37,00	39,44	52,78	26,03	34,55	46,58	88,93	102,88	43,37	23,85	46,16	102,88	23,44
1965	22,88	16,62	21,30	27,79	78,78	26,92	76,85	215,65	306,73	91,39	56,11	113,72	87,90	306,73	16,62
1966	118,56	267,93	144,60	77,56	38,27	65,67	52,80	49,44	145,67	75,09	52,16	79,28	97,25	267,93	38,27

Vazões Médias Mensais - E. F. Encruzilhada															
A/M	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd	Máx	Mín
1967	58,96	76,87	66,33	32,56	27,65	38,76	42,97	71,64	199,42	125,07	53,48	64,88	71,55	199,42	27,65
1968	15,97	13,66	12,42	11,70	8,06	10,18	20,08	8,13	59,55	35,21	92,58	77,58	30,43	92,58	8,06
1969	108,62	121,80	66,19	103,33	20,68	62,50	63,55	28,64	47,86	28,43	86,70	28,44	63,89	121,80	20,68
1970	73,67	54,51	51,79	31,97	56,94	82,43	107,31	68,87	81,79	70,01	27,40	41,97	62,39	107,31	27,40
1971	157,19	121,15	205,45	153,65	112,00	116,10	119,40	96,63	76,24	81,75	19,84	14,57	106,16	205,45	14,57
1972	20,64	119,91	55,70	41,23	15,25	58,44	89,03	152,76	227,89	105,07	76,24	95,19	88,11	227,89	15,25
1973	77,39	89,76	45,44	28,23	84,19	100,65	117,54	132,29	181,70	48,81	52,49	32,44	82,58	181,70	28,23
1974	77,73	80,09	124,00	63,62	22,14	65,68	52,32	27,55	63,08	33,78	79,51	36,02	60,46	124,00	22,14
1975	52,80	41,17	61,32	29,83	28,38	45,05	36,10	111,50	205,68	191,83	54,14	169,39	85,60	205,68	28,38
1976	119,29	38,48	85,84	25,99	82,33	132,94	60,97	170,53	71,82	42,61	48,49	220,04	91,61	220,04	25,99
1977	135,78	174,43	55,60	63,38	21,55	20,10	43,51	200,21	103,21	126,37	125,92	62,59	94,39	200,21	20,10
1978	65,04	63,79	49,91	15,43	12,97	11,54	26,77	20,69	68,13	32,99	60,39	49,79	39,79	68,13	11,54
1979			28,99	33,02	82,67	37,80	53,35	47,62	41,24	192,19	140,93	86,96	74,48	192,19	28,99
1980	49,12	48,84	152,03	57,94	51,80	28,27	68,87	228,01	169,96	103,98	86,75	196,34	103,49	228,01	28,27
1981	181,12	94,29	37,30	36,93	25,69	30,89	43,72	25,01	54,80	59,23	48,21	45,75	56,91	181,12	25,01
1982	31,25	66,21	55,11	24,26	19,02	48,46	107,48	53,02	30,28	140,15	239,25	90,89	75,45	239,25	19,02
1983	108,89	114,14	144,81	95,51	243,54	237,87	662,29	546,55	123,13	83,67	90,52	119,90	214,24	662,29	83,67
1984	89,84	91,58	76,74	65,97	54,93	155,99	184,51	380,92	83,96	110,51	84,22	97,78	123,08	380,92	54,93
1985	44,91	112,72	83,84	73,48	36,19	25,84	35,95	24,58	42,43	54,50	66,88	15,29	51,38	112,72	15,29
Méd	66,54	83,31	73,08	51,81	53,34	58,69	87,73	109,59	117,25	102,51	83,33	67,42	79,61	200,90	25,26
Máx	181,12	267,93	205,45	153,65	243,54	237,87	662,29	546,55	306,73	317,45	273,97	220,04	214,24	662,29	83,67
Mín	15,97	13,66	12,42	11,70	8,06	10,18	16,78	8,13	30,28	28,43	19,84	14,57	30,43	68,13	8,06

Quadro 44 - Vazões Médias Mensais no Local da Estação Fluviométrica Encruzilhada II

Vazões Médias Mensais - E. F. Encruzilhada II															
A/M	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd	Máx	Mín
1984							207,55	344,12	78,02	127,51	97,59	114,21	161,50	344,12	78,02
1985	53,48	129,38	88,05	74,34	43,09	30,75	42,80	29,33	49,70	65,30	78,72	18,19	58,60	129,38	18,19
1986	31,42	35,37	22,71	30,23	21,63	57,09	33,61	36,87	63,23	108,53	144,45	99,82	57,08	144,45	21,63
1987	160,67	136,04	38,08	76,51	243,53	121,84	99,73	122,67	81,54	201,78	59,37	38,99	115,06	243,53	38,08
1988	41,69	52,77	48,67	56,36	175,40	109,16	47,78	18,88	89,95	63,62	29,72	26,25	63,35	175,40	18,88
1989	83,42	130,12	52,88	63,77	132,67	26,47	30,98	47,82	247,98	98,28	28,78	26,04	80,77	247,98	26,04
1990	189,08	125,77	89,33	124,05	75,15	312,92	132,11	104,02	190,62	321,04	271,54	73,23	167,40	321,04	73,23
1991	45,06	54,13	29,53	19,88	19,03	82,11	59,42	99,24	29,84	133,17	118,66	98,11	65,68	133,17	19,03
1992	68,44	131,61	69,83	38,13	72,65	245,88	233,50	208,40	114,08	66,87	67,63	41,38	113,20	245,88	38,13
1993	65,71	138,79	138,93	73,74	68,80	87,15	232,05	52,24	92,07	234,48	62,51	108,09	112,88	234,48	52,24
1994	35,79	147,67	141,15	82,17	164,07	147,90	201,46	56,07	26,72	104,75	68,47	30,87	100,59	201,46	26,72
1995	199,13	124,15	67,61	25,91	12,99	40,54	79,37	60,82	67,63	116,81	57,58	40,19	74,39	199,13	12,99
1996	139,06	137,30	91,31	67,50	22,72	43,19	130,18	124,21	152,92	132,88	51,35	48,47	95,09	152,92	22,72
1997	90,15	265,11	91,10	23,68	17,99	41,20	96,69	119,05	82,29	247,08	254,42	94,55	118,61	265,11	17,99
1998	82,37	231,37	153,58	168,19	237,12	67,12	112,37	210,33	347,13	162,21	56,79	57,08	157,14	347,13	56,79
1999	54,18	71,58	54,12	91,94	33,36	74,84	150,28	46,89	36,00	118,59	67,85	40,59	70,02	150,28	33,36
2000	61,35	80,41	63,96	59,57	37,61	37,20	93,73	39,30	205,74	231,17	64,78	60,78	86,30	231,17	37,20
2001	151,00	193,02	129,04	107,00	138,42	78,68	122,98	61,22	100,75	262,27	49,95	109,79	125,34	262,27	49,95
2002	113,73	69,72	47,32	69,50	63,03	97,63	81,62	159,65	118,83	151,54	164,10	163,25	108,33	164,10	47,32
2003	59,14	80,19	92,34	33,69	43,71	68,10	36,56	19,56	31,17	60,82	52,63	162,04	61,66	162,04	19,56
2004	67,90	53,35	34,70	68,89	73,44	46,67	102,28	38,88	124,04	183,69	83,51	78,81	79,68	183,69	34,70
2005	85,39	41,76	44,87	57,97	156,22	133,85	97,07	71,87	372,33	262,50	138,51	38,90	125,10	372,33	38,90
2006	64,17	49,05	28,09	17,42	14,32	19,16	41,26	105,15	39,24	38,52	102,34	78,03	49,73	105,15	14,32
2007	45,15	62,36	122,33	38,76	109,18	39,08	115,41	105,27	82,83	113,02	108,03	46,14	82,30	122,33	38,76
2008	88,66	91,30	92,96	61,40	118,51	46,45	48,72	50,56	94,77	200,59	262,48	75,59	102,67	262,48	46,45
2009	66,27	45,58	62,90	25,25	19,50	25,84	131,21	164,93	170,14	235,49	85,53	58,43	90,92	235,49	19,50
2010	165,57	187,25	74,00	116,12	270,27	92,74	93,37	90,77	48,57	64,79	53,92	126,13	115,29	270,27	48,57
2011	135,70	236,58	82,39	58,21	66,93	51,83	160,89	247,68	416,88	73,65	40,33	36,83	133,99	416,88	36,83
2012	88,17	79,61	37,64	19,66	23,56	79,86	65,59	62,92	35,03	87,74	32,02	23,43	52,94	88,17	19,66
2013	48,04	42,09	110,53	48,08	20,55	59,80	82,42	192,58	191,78	139,96	44,53	52,88	86,10	192,58	20,55

Vazões Médias Mensais - E. F. Encruzilhada II															
A/M	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd	Máx	Mín
2014	98,38	35,87	72,58	69,25	95,86	214,08	207,15	55,19	66,50	184,60	80,80	80,15	105,03	214,08	35,87
2015		151,02	90,88	104,77	61,30	107,66	213,89	89,72	156,25		228,86		133,81	228,86	61,30
2016			164,82	110,21		49,54	67,16	68,28		122,66			97,11	164,82	49,54
2017							30,26	69,03	50,03	40,26		53,88	48,69	69,03	30,26
2018	178,66	59,00											118,83	178,66	59,00
Méd	92,16	108,41	79,01	65,07	85,57	85,51	108,28	99,22	122,87	144,13	97,12	68,79	96,65	213,14	36,07
Máx	199,13	265,11	164,82	168,19	270,27	312,92	233,50	344,12	416,88	321,04	271,54	163,25	167,40	416,88	78,02
Mín	31,42	35,37	22,71	17,42	12,99	19,16	30,26	18,88	26,72	38,52	28,78	18,19	48,69	69,03	12,99

Quadro 45 - Vazões Médias Mensais no Local da Estação Fluviométrica Passo Caru

Vazões Médias Mensais - E. F. Passo Caru															
A/M	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd	Máx	Mín
1951	213,02	347,22	279,20	93,67	50,08	33,55	72,68	15,20	19,95	425,14	289,08	152,88	165,97	425,14	15,20
1952	151,58	116,51	42,65	28,41	18,38	115,66	273,90	79,22	354,22	458,00	240,78	93,04	164,36	458,00	18,38
1953	118,88	225,14	127,84	63,70	54,07	54,76	74,57	66,94	236,71	364,38	411,52	152,97	162,62	411,52	54,07
1954	160,52	139,67	247,43	214,87	372,76	486,59	604,20	172,95	630,02	795,76	285,87	79,34	349,17	795,76	79,34
1955	68,69	111,45	114,32	228,70	291,71	298,26	635,17	252,38	193,01	116,20	113,36	157,44	215,06	635,17	68,69
1956	306,80	386,38	102,68	264,52	261,47	123,05	102,41	236,35	413,43	301,33	120,24	96,24	226,24	413,43	96,24
1957	91,81	168,38	160,33	139,49	150,31	107,15	424,43	1143,8	814,12	366,48	241,88	173,89	331,84	1143,8	91,81
1958	123,17	138,51	438,95	116,96	87,37	264,62	107,41	238,32	448,19	368,07	325,29	232,38	240,77	448,19	87,37
1959	133,31	209,77	144,65	148,14	207,63	122,25	88,13	102,40	294,78	172,07	73,03	61,07	146,44	294,78	61,07
1960	73,72	157,56	143,57	128,51	94,23	133,25	90,70	326,50	212,31	250,69	306,65	147,07	172,06	326,50	73,72
1961	154,25	149,02	426,39	225,95	134,50	95,64	124,39	44,73	670,72	811,60	742,34	278,76	321,52	811,60	44,73
1962	119,79	129,23	131,58	60,71	234,27	154,46	186,85	103,23	328,98	207,46	132,73	74,53	155,32	328,98	60,71
1963	188,35	543,13	414,05	205,75	79,00	39,00	48,73	120,24	228,70	791,41	463,40	184,88	275,55	791,41	39,00
1964	74,08	133,86	100,07	128,31	164,32	93,37	105,08	193,35	263,94	280,69	136,18	93,07	147,19	280,69	74,08
1965	62,89	50,06	45,82	80,92	266,50	102,36	255,35	532,74	754,18	371,94	158,73	274,16	246,30	754,18	45,82
1966	334,01	700,26	528,08	195,29	108,91	279,92	222,84	209,65	488,59	331,57	261,00	289,37	329,12	700,26	108,91
1967	168,51	242,83	272,16	104,74	77,82	116,52	97,53	284,76	469,31	331,32	197,16	201,20	213,65	469,31	77,82
1968	57,79	38,14	39,14	40,00	27,84	27,76	63,14	21,43	129,70	83,31	269,34	169,43	80,58	269,34	21,43
1969	324,79	463,84	328,24	389,53	134,26	281,96	247,02	120,76	190,83	106,20	244,61	76,49	242,38	463,84	76,49
1970	136,02	98,71	93,79	76,24	137,22	309,17	313,14	154,79	245,69	207,10	74,33	163,39	167,47	313,14	74,33
1971	517,42	365,05	432,30	526,80	406,30	463,92	366,06	332,06	221,37	218,52	53,06	38,01	328,41	526,80	38,01
1972	74,38	364,20	194,04	125,28	54,32	256,85	238,23	690,95	741,59	412,36	244,57	207,84	300,38	741,59	54,32
1973	202,14	330,80	180,17	90,26	234,46	381,86	398,60	620,86	590,33	204,77	177,67	105,87	293,15	620,86	90,26
1974	161,90	210,15	253,47	130,57	59,43	195,65	144,47	83,50	233,80	80,07	151,47	75,55	148,33	253,47	59,43
1975	119,02	124,03	143,14	73,34	64,26	136,10	80,73	315,44	691,72	601,89	153,26	443,99	245,58	691,72	64,26
1976	300,05	108,71	239,10	83,99	238,31	362,25	189,37	446,61	220,67	171,00	176,94	462,25	249,94	462,25	83,99
1977	283,23	479,93	216,31	170,73	52,14	60,52	108,13	552,98	251,04	427,05	430,03	166,72	266,57	552,98	52,14
1978	143,75	123,52	115,12	50,71	40,71	45,92	82,01	62,76	188,28	108,66	158,68	105,48	102,13	188,28	40,71
1979	85,07	46,56	66,52	94,84	360,61	168,61	212,59	167,54	124,81	830,11	552,80	346,38	254,70	830,11	46,56
1980	145,32	104,71	376,33	136,54	147,74	100,31	266,79	674,75	605,21	294,63	296,26	537,70	307,19	674,75	100,31
1981	407,49	340,31	95,14	87,04	63,99	78,81	91,12	77,28	179,85	158,04	133,57	111,96	152,05	407,49	63,99
1982	72,83	236,36	166,16	83,77	71,28	234,09	448,16	270,56	134,52	373,10	1029,0	324,17	287,00	1029,0	71,28
1983	289,22	397,39	550,72	288,47	830,72	762,89	2575,7	1242,9	444,69	258,38	255,01	312,19	684,02	2575,7	255,01
1984	207,79	176,66	197,64	152,96	184,90	562,72	491,07	1295,4	341,02	493,43	295,39	286,36	390,44	1295,4	152,96
1985	96,11	329,59	177,77	192,44	130,16	69,28	102,17	93,34	176,49	108,67	180,17	38,83	141,25	329,59	38,83
1986	71,99	104,85	59,10	98,30	155,74	148,29	72,12	87,63	188,23	288,17	417,92	283,64	164,66	417,92	59,10
1987	365,44	300,81	102,41	153,30	685,98	308,40	247,64	247,88	207,53	580,05	151,39	107,40	288,19	685,98	102,41
1988	96,57	126,53	119,97	161,07	579,78	319,37	137,96	64,15	205,29	185,64	84,65	79,34	180,03	579,78	64,15
1989	255,66	400,63	166,97	177,15	440,39	86,09	116,56	135,31	752,99	288,67	103,81	65,66	249,16	752,99	65,66
1990	523,98	301,48	206,67	319,92	272,04	1126,2	410,05	322,94	524,29	817,13	682,32	218,97	477,17	1126,2	206,67
1991	107,50	102,06	51,70	41,27	41,75	232,60	175,28	274,37	91,57	287,79	227,52	195,06	152,37	287,79	41,27
1992	151,72	258,30	286,01	174,11	594,40	735,20	852,77	658,22	363,20	203,44	227,13	155,29	388,32	852,77	151,72
1993	186,13	394,45	356,51	140,55	201,82	261,45	588,39	133,31	413,50	620,54	164,76	281,58	311,92	620,54	133,31
1994	97,31	468,02	354,12	229,69	291,56	421,10	603,57	151,50	79,11	328,87	384,55	125,69	294,59	603,57	79,11

Vazões Médias Mensais - E. F. Passo Caru															
A/M	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd	Máx	Mín
1995	638,22	364,96	176,28	81,06	39,89	125,42	178,93	114,06	209,00	424,85	158,91	118,87	219,20	638,22	39,89
1996	370,80	440,15	225,57	235,19	67,05	160,96	369,48	334,70	430,20	415,50	159,51	184,08	282,77	440,15	67,05
1997	259,34	748,96	286,70	69,10	59,24	172,88	394,94	425,70	179,59	948,49	904,23	252,12	391,77	948,49	59,24
1998	317,82	617,27	502,08	688,20	566,78	163,96	294,49	641,34	737,69	418,41	132,36	137,27	434,81	737,69	132,36
1999	129,74	197,65	111,68	231,77	85,35	192,39	573,78	110,82	100,51	346,02	124,88	79,84	190,37	573,78	79,84
2000	127,05	180,43	176,20	133,82	119,39	113,02	297,03	147,18	792,38	764,18	196,34	225,87	272,74	792,38	113,02
2001	423,06	615,58	298,21	279,78	345,79	247,59	304,88	162,35	243,90	810,84	151,80	249,54	344,44	810,84	151,80
2002	187,28	182,64	132,24	214,99	176,54	293,60	218,44	518,38	430,16	594,79	587,07	495,67	335,98	594,79	132,24
2003	148,84	187,03	268,25	102,13	102,32	187,93	117,96	55,41	61,87				136,86	268,25	55,41
2004	201,33	117,38	62,98	134,95	205,05	129,07	428,87	122,68	337,43	599,06	343,69	210,34	241,07	599,06	62,98
2005	221,32	98,94	87,92	178,94	563,67	475,63	268,10	226,84	1173,3	840,57	436,71	119,10	390,92	1173,3	87,92
2006	129,86	105,01	85,44	59,75	32,47	27,75	38,41	129,23	110,02	110,79	257,52	298,16	115,37	298,16	27,75
2007	164,61	201,18	358,04	162,59	479,00	174,47	437,84			531,20	543,82	191,04	324,38	543,82	162,59
2008	250,25	241,80	195,37	190,73	271,72	220,86	195,42	164,36	337,91	745,53	735,48	170,93	310,03	745,53	164,36
2009	174,09	121,31	128,79	48,33	39,32	60,63	379,83	490,45	652,04	815,21	248,60	183,13	278,48	815,21	39,32
2010	362,48	383,41	213,16	564,95	778,25	253,30	232,64	251,79	114,95	162,45	154,46	434,90	325,56	778,25	114,95
2011	366,86	729,85	350,20	297,45	204,11	155,47	567,62	836,75	1235,7	258,65	140,45	89,44	436,04	1235,7	89,44
2012	174,67	169,03	84,51	49,79	81,28	191,14	170,94	201,66	77,75		97,16	91,18	126,28	201,66	49,79
2013	205,50												205,50	205,50	205,50
Méd	204,40	265,28	210,19	168,40	215,69	227,48	300,11	300,91	370,21	404,47	281,84	192,77	261,22	635,61	82,86
Máx	638,22	748,96	550,72	688,20	830,72	1126,2	2575,7	1295,4	1235,7	948,49	1029,0	537,70	684,02	2575,7	255,01
Mín	57,79	38,14	39,14	28,41	18,38	27,75	38,41	15,20	19,95	80,07	53,06	38,01	80,58	188,28	15,20

**Quadro 46 - Vazões Médias Mensais no Local da Estação Fluviométrica Passo Marombas**

Vazões Médias Mensais - E. F. Passo Marombas															
A/M	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd	Máx	Mín
1940					48,77	26,58	35,30	79,78	32,91	64,96	33,16	59,59	47,63	79,78	26,58
1941	50,14	131,74	132,62	57,05	70,94	81,92	50,13	139,38	74,62	68,58	87,23	66,05	84,20	139,38	50,13
1942	30,32	86,53	82,48	88,69	78,78	48,16	52,10	63,96	53,83	45,23	20,31	19,10	55,79	88,69	19,10
1943	14,12	34,01	12,47	10,17	58,06	170,34	100,53	165,60	123,21	80,21	43,78	27,66	70,01	170,34	10,17
1944	111,16	37,12	54,59	25,82	12,99	14,32	18,01	9,87	17,33	15,59	28,64	12,60	29,84	111,16	9,87
1945	3,66	19,49	9,53	3,84	3,15	10,73	22,42	13,84	38,82	34,97	19,35	17,14	16,41	38,82	3,15
1946	53,08	126,80	95,72	55,80	37,35	97,56	136,53	55,52	32,13	83,10	35,16	47,21	71,33	136,53	32,13
1947	28,52	69,67	36,75	14,08	19,29	45,80	35,19	62,13	132,28	102,15	43,85	37,75	52,29	132,28	14,08
1948	23,11	44,28	47,51	42,36	108,78	39,86	55,06	152,76	31,01	45,24	36,44	13,95	53,36	152,76	13,95
1949	17,62	10,53	30,94	37,45	26,89	60,86	26,91	43,09	52,22	47,81	22,04	11,39	32,31	60,86	10,53
1950	53,66	34,86	47,64	30,94	26,51	20,88	21,09	66,02	61,77	153,35	50,74	30,59	49,84	153,35	20,88
1951	47,76	105,40	75,01	27,24	14,31	12,49	26,13	5,83	5,74	168,82	109,76	45,61	53,67	168,82	5,74
1952	32,09	22,94	11,91	7,65	4,87	35,40	65,62	20,64	115,04	138,68	84,58	32,89	47,69	138,68	4,87
1953	40,63	70,82	37,48	26,21	23,17	21,18	26,38	29,66	71,11	148,62	141,42	57,17	57,82	148,62	21,18
1954	53,89	43,57	75,66	76,46	126,81	160,01	210,06	58,60	200,65	204,38	55,27	36,04	108,45	210,06	36,04
1955	20,95	26,62	39,00	53,16	76,07	125,94	197,87	89,79	76,45	41,80	44,64	54,20	70,54	197,87	20,95
1956	114,00	77,81	34,97	85,62	102,24	50,88	43,36	82,51	159,65	95,31	44,50	29,76	76,72	159,65	29,76
1957	21,71	44,37	64,61	48,15	43,61	46,34	157,77	382,20	270,63	93,15	75,13	63,11	109,23	382,20	21,71
1958	31,65	60,30	165,09	40,55	25,56	53,95	30,02	71,03	151,99	116,50	93,76	91,84	77,68	165,09	25,56
1959	44,80	67,84	38,53	53,02	53,65	35,13	26,02	31,31	80,71	37,27	17,42	14,72	41,70	80,71	14,72
1960	24,62	43,15	39,48	30,66	36,05	33,75	18,97	64,41	65,01	103,06	119,96	57,54	53,05	119,96	18,97
1961	67,49	49,14	128,74	76,19	45,62	38,75	34,02	20,33	253,83	212,30	206,03	84,97	101,45	253,83	20,33
1962	53,04	46,85	39,71	23,76	76,06	49,56	64,18	32,98	99,95	90,01	45,89	23,40	53,78	99,95	23,40
1963	68,83	150,58	138,13	63,19	31,23	18,14	16,24	23,30	62,47	180,13	167,04	77,09	83,03	180,13	16,24
1964	30,48	45,97	37,04	49,67	60,75	36,39	45,60	84,39	86,82	73,49	32,77	27,42	50,90	86,82	27,42
1965	22,95	15,92	18,90	24,25	70,71	34,15	78,21	137,02	156,81	139,39	55,24	126,31	73,32	156,81	15,92
1966	117,54	236,35	140,03	47,64	28,34	94,65	75,42	71,08	172,38	166,58	76,91	93,33	110,02	236,35	28,34
1967	53,37	92,27	73,04	28,96	24,12	31,47	27,31	73,95	142,31	100,02	66,76	70,67	65,36	142,31	24,12
1968	25,84	13,88	14,19	19,21	14,27	14,68	24,72	7,24	35,15	31,60	74,60	49,90	27,11	74,60	7,24
1969	70,41	137,32	75,03	156,51	47,05	116,62	79,28	44,38	53,51	36,23	63,01	26,90	75,52	156,51	26,90



Vazões Médias Mensais - E. F. Passo Marombas															
A/M	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd	Máx	Mín
1970	25,67	21,16	20,51	16,74	29,60	94,57	91,96	45,71	62,19	60,55	24,08	68,46	46,77	94,57	16,74
1971	160,51	80,87	96,31	139,14	121,51	164,17	113,58	89,80	60,68	52,13	18,53	14,33	92,63	164,17	14,33
1972	31,11	156,48	69,13	41,64	20,52	91,63	63,46	243,89	252,90	166,38	92,30	71,05	108,37	252,90	20,52
1973	68,77	101,90	71,59	33,54	76,82	130,10	124,08	239,02	212,01	89,56	76,42	39,99	105,32	239,02	33,54
1974	47,19	72,46	80,72	38,24	28,67	66,80	52,47	34,10	99,25	37,64	33,10	18,58	50,77	99,25	18,58
1975	37,12	45,52	54,51	33,62	31,14	62,92	39,80	99,96	246,04	229,59	70,10	152,11	91,87	246,04	31,14
1976	123,01	65,94	98,31	42,36	103,93	141,13	84,14	137,23	96,33	95,09	93,41	103,58	98,71	141,13	42,36
1977	93,72	131,55	116,71	66,03	31,56	33,94	45,54	150,44	73,66	179,91	156,96	66,46	95,54	179,91	31,56
1978	60,77	47,49	49,87	21,51	16,68	20,25	52,37	39,31	90,91	43,27	62,41	70,77	47,97	90,91	16,68
1979	31,98	23,39	35,26	54,10	173,01	79,26	77,79	56,99	56,80	286,65	196,01	112,65	98,66	286,65	23,39
1980	52,39	33,89	121,97	45,20	60,50	49,45	112,06	207,11	199,35	119,72	115,31	181,61	108,21	207,11	33,89
1981	110,80	91,22	37,05	28,95	23,34	30,12	28,67	28,01	61,87	53,94	53,93	44,15	49,34	110,80	23,34
1982	24,41	94,33	61,55	34,51	37,92	107,70	177,70	118,43	64,51	148,46	327,34	124,87	110,14	327,34	24,41
1983	104,05	134,49	182,00	97,13	247,50	243,78	744,13	222,15	151,52	89,79	89,37	74,76	198,39	744,13	74,76
1984	68,67	49,24	65,76	57,41	79,08	142,10	103,82	340,37	100,71	120,90	112,46	104,96	112,12	340,37	49,24
1985	35,01	87,78	41,20	61,02	46,30	24,93	32,88	20,43	41,72	33,33	62,86	13,45	41,74	87,78	13,45
1986	26,14	37,24	30,64	58,37	44,03	53,61	29,27	40,84	71,93	91,24	103,42	96,27	56,92	103,42	26,14
1987	115,29	80,04	33,60	35,49	211,84	102,48	86,98	88,97	55,24	152,88	58,91	42,42	88,68	211,84	33,60
1988	35,19	45,60	40,67	53,65	232,27	133,52	61,39	33,06	56,38	63,84	40,51	43,12	69,93	232,27	33,06
1989	93,79	113,08	67,70	68,15	122,13	45,63	56,77	61,24	197,47	105,34	53,39	32,45	84,76	197,47	32,45
1990	161,35	111,97	66,95	94,26	105,88	339,66	152,34	123,06	148,82	233,81	190,85	85,23	151,18	339,66	66,95
1991	43,02	30,82	23,40	23,97	24,48	88,98	73,70	111,87	40,78	84,87	50,12	61,11	54,76	111,87	23,40
1992	49,37	81,77	90,80	52,06	226,15	192,12	285,13	169,57	107,01	61,70	71,36	44,54	119,30	285,13	44,54
1993	53,33	135,29	93,65	60,97	111,52	111,44	207,09	72,29	156,95	204,41	87,45	123,26	118,14	207,09	53,33
1994	39,59	174,51	94,78	84,25	103,34	149,16	198,84	88,56	50,66	104,89	162,28	61,67	109,38	198,84	39,59
1995	201,79	135,43	61,85	36,54	25,22	54,94	57,16	34,43	77,37	152,96	59,16	46,02	78,57	201,79	25,22
1996	99,38	125,80	132,03	90,82	32,97	72,43	115,99	104,47	138,21	146,60	70,18	92,11	101,75	146,60	32,97
1997	86,48	190,63	89,69	31,19	33,21	89,34	128,79	172,71	64,14	313,43	309,37	105,77	134,56	313,43	31,19
1998	155,52	222,89	206,32	271,41	153,28	71,15	118,09	247,78	266,30	163,23	55,01	60,48	165,95	271,41	55,01
1999	62,25	90,62	47,03	79,66	39,03	69,97	206,04	48,58	49,50	133,47	47,81	35,52	75,79	206,04	35,52
2000	55,44	84,88	82,71	54,25	61,50	61,01	109,94	86,70	274,35	233,30	80,20	115,19	108,29	274,35	54,25
2001	129,93	204,38	99,02	81,81	105,60	103,01	111,14	65,55	98,52	229,11	100,73	87,23	118,00	229,11	65,55
2002	56,09	55,89	42,78	70,72	64,03	69,61	56,82	154,32	144,27	182,18	173,04	120,14	99,16	182,18	42,78
2003	48,17	58,48	79,40	39,12	36,27	63,44	47,39	26,65	21,45				46,71	79,40	21,45
2004	74,58	37,39	20,27	34,38	70,19	51,76	128,22	51,00	84,02	167,80	133,71	76,20	77,46	167,80	20,27
2005	80,57	37,92	25,01	62,84	145,48	134,45	81,48	70,87	288,96	233,06	131,93	50,21	111,90	288,96	25,01
2006	40,52	38,04	41,25	28,09	14,51	12,47			41,21	42,35	69,98	87,20	41,56	87,20	12,47
2007	59,50	77,93	103,09	72,59	178,12	70,40	136,29			164,15	191,21	81,44	113,47	191,21	59,50
2008	84,41	88,25	59,45	80,97	69,61	93,89	65,39	61,15	121,16	272,34	241,48	61,06	108,26	272,34	59,45
2009	79,18	57,86	41,44	22,16	22,79	30,32	135,62	162,20	228,03		97,56	90,83	88,00	228,03	22,16
2010	111,42	91,35	92,16	246,46	232,22	106,52	91,88	99,24	43,68	73,60	66,72	185,05	120,02	246,46	43,68
2011	136,04	236,89	142,82	136,81	70,39	71,66	214,84	258,05	307,03	101,68	68,32	38,37	148,58	307,03	38,37
2012	63,42	60,52	28,31	28,23	29,48	77,78	75,58	73,22	23,94	54,47	24,28	33,46	47,72	77,78	23,94
2013	75,78	39,26	57,77	35,90	19,04	115,43	97,63	167,20	216,73	105,79	42,62	48,86	85,17	216,73	19,04
2014	120,94	49,37	73,66	40,16	96,50	321,64	134,33	59,37	110,64	169,81	92,61	72,35	111,78	321,64	40,16
2015	168,96	147,18	72,45	55,19	47,13	123,31	254,69	70,45		444,35	232,69	157,68	161,28	444,35	47,13
2016	87,26	107,23	164,65	91,60	129,37	84,58	70,63	130,20	81,91	128,02	70,77	83,49	102,48	164,65	70,63
2017	112,97	51,89	61,05	34,85	120,34	263,32	45,64	49,63	24,97	86,08	86,55	37,22	81,21	263,32	24,97
2018	78,60	44,76											61,68	78,60	44,76
Méd	67,81	81,14	69,68	56,78	70,54	83,83	95,84	95,25	110,16	124,03	88,89	65,24	83,98	192,19	29,58
Máx	201,79	236,89	206,32	271,41	247,50	339,66	744,13	382,20	307,03	444,35	327,34	185,05	198,39	744,13	74,76
Mín	3,66	10,53	9,53	3,84	3,15	10,73	16,24	5,83	5,74	15,59	17,42	11,39	16,41	38,82	3,15



### 5.1.4.8 Vazões Médias Mensais – PCH Canoas

Para determinar a série de vazões médias mensais no local da PCH Canoas valeu-se da transferência direta por relação de área de drenagem com o posto fluviométrico base Ponte Alta do Sul, conforme a equação de transferência a seguir.

$$Q_{PCH(i)} = Q_{PAS(i)} * \left( \frac{AD_{PCH}}{AD_{PAS}} \right) = Q_{PAS(i)} * \left( \frac{5647,59}{4712,76} \right)$$

Onde:

$Q_{PCH(i)}$  - Vazão média mensal no mês (i) no local da PCH Canoas (m³/s)

$AD_{PCH}$  - Área de drenagem no local da PCH Canoas (km²)

$Q_{PAS(i)}$  - Vazão média mensal no mês (i) no local da estação fluviométrica base Ponte Alta do Sul (m³/s)

$AD_{PAS}$  - Área de drenagem no local da estação fluviométrica base Ponte Alta do Sul (km²)

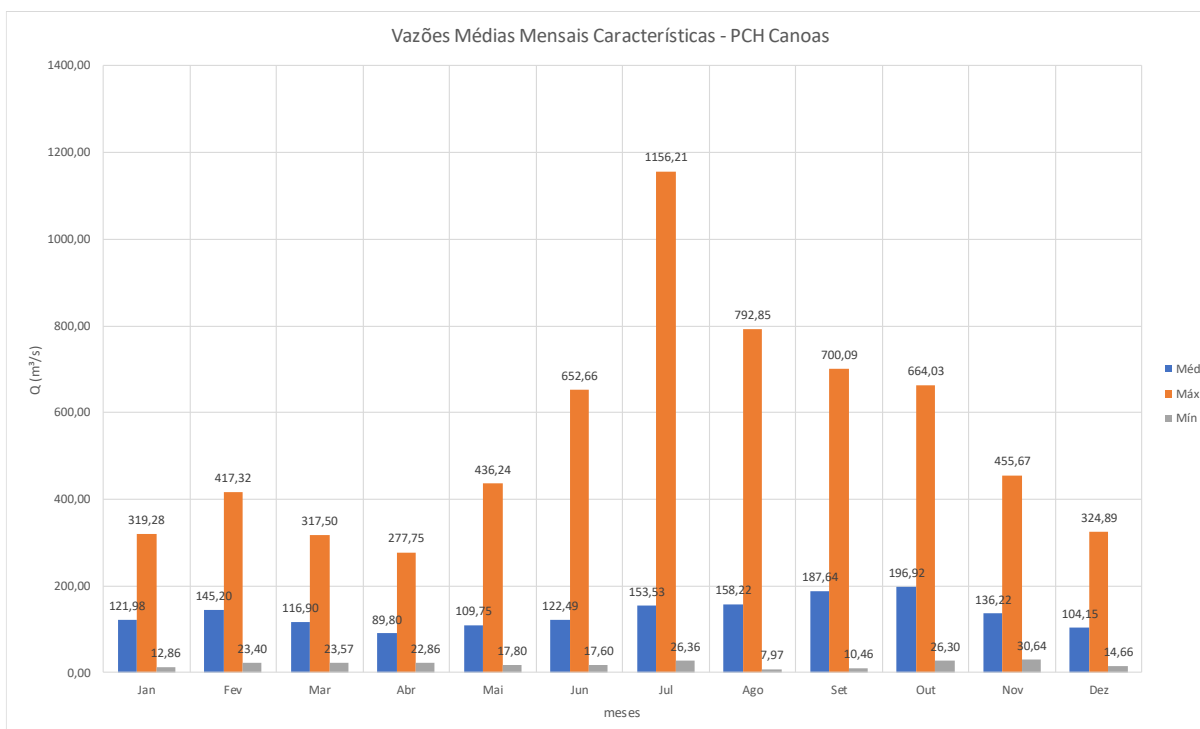
A seguir, é apresentado o quadro de vazões médias mensais, assim como suas respectivas vazões mensais características.

Quadro 47 - Vazões Médias Mensais no Local do PCH Canoas

Vazões Médias Mensais - PCH Canoas															
A/M	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd	Máx	Mín
1942			53,00	117,22	72,27	63,35	51,00	48,22	53,09	89,25	30,64	39,58	61,76	117,22	30,64
1943	35,99	55,66	38,17	30,24	54,22	167,80	128,58	324,28	163,37	89,81	67,97	40,15	99,69	324,28	30,24
1944	104,92	56,62	57,02	40,80	19,97	46,36	32,55	21,37	28,93	26,30	35,05	14,66	40,38	104,92	14,66
1945	12,86	91,07	45,08	29,95	17,80	25,08	26,36	34,69	107,34	65,13	33,17	48,91	44,79	107,34	12,86
1946	155,23	185,98	145,68	43,08	62,25	138,82	252,75	87,14	81,77	62,83	39,85	52,77	109,01	252,75	39,85
1947	73,74	124,86	113,93	34,92	74,69	80,00	99,12	81,44	219,57	153,18	116,49	71,79	103,64	219,57	34,92
1948	76,16	141,05	130,38	179,02	264,37	51,13	110,73	303,93	69,89	61,74	52,89	27,56	122,40	303,93	27,56
1949	54,62	44,89	147,97	130,76	74,93	136,62	89,85	151,35	126,47	80,71	39,48	29,37	92,25	151,35	29,37
1950	65,64	85,12	105,44	97,92	96,46	54,22	41,28	123,22	61,10	196,47	51,94	58,45	86,44	196,47	41,28
1951	111,73	182,11	146,43	49,13	26,26	17,60	38,12	7,97	10,46	125,28	97,88	67,51	73,37	182,11	7,97
1952	72,22	64,56	31,78	22,86	22,82	56,66	144,87	44,83	153,84	176,22	104,47	54,55	79,14	176,22	22,82
1953	87,98	114,33	62,84	31,18	24,15	26,68	38,94	30,79	120,07	133,93	176,09	111,68	79,89	176,09	24,15
1954	111,69	87,19	129,68	89,97	197,83	212,27	352,68	90,29	329,37	386,64	150,06	36,89	181,21	386,64	36,89
1955	41,02	69,97	71,56	139,50	168,60	103,91	349,87	130,49	96,96	83,04	66,60	68,33	115,82	349,87	41,02
1956	130,04	284,64	60,13	150,29	119,28	75,61	52,55	111,47	207,22	177,38	68,26	69,27	125,51	284,64	52,55
1957	61,94	110,74	93,66	83,92	107,68	58,28	189,91	613,96	495,83	204,56	149,52	77,05	187,25	613,96	58,28
1958	82,61	63,28	225,61	76,99	41,66	146,73	55,83	166,10	263,26	226,12	256,60	144,12	145,74	263,26	41,66
1959	65,52	123,72	64,98	85,21	125,58	53,21	57,36	67,21	211,23	132,67	36,13	41,72	88,71	211,23	36,13
1960	44,90	92,29	104,26	72,58	47,06	61,40	37,37	196,30	153,81	146,88	197,12	82,44	103,03	197,12	37,37
1961	86,37	103,93	284,85	121,29	62,24	46,62	80,35	33,17	308,35	415,40	455,67	169,10	180,61	455,67	33,17
1962	78,60	73,56	81,58	39,17	123,78	92,19	142,14	70,83	200,01	105,54	90,30	59,36	96,42	200,01	39,17
1963	118,60	367,09	261,32	132,27	49,13	25,56	33,17	97,19	154,34	519,40	259,95	84,23	175,19	519,40	25,56
1964	40,49	64,77	64,15	71,97	91,92	46,63	61,72	101,15	149,61	187,20	87,75	42,15	84,13	187,20	40,49
1965	39,41	29,90	40,19	47,21	167,84	56,75	151,69	356,60	507,25	197,62	101,47	199,34	157,94	507,25	29,90
1966	220,02	416,17	263,00	126,43	74,68	124,13	97,36	103,47	253,26	131,60	101,58	136,53	170,69	416,17	74,68
1967	101,17	140,92	122,38	61,17	50,48	88,80	78,28	135,66	347,26	206,15	112,09	117,16	130,13	347,26	50,48
1968	36,20	28,63	23,57	25,40	18,68	19,90	41,35	18,50	99,45	55,85	175,08	123,07	55,47	175,08	18,50
1969	188,17	238,74	120,70	184,98	47,42	120,73	118,66	51,67	96,30	54,95	169,29	51,65	120,27	238,74	47,42
1970	107,34	81,94	80,19	63,05	109,92	182,27	193,01	115,55	142,64	128,06	51,58	78,01	111,13	193,01	51,58
1971	262,01	221,32	317,50	265,60	198,26	228,55	205,31	175,49	140,15	147,05	35,65	27,86	185,40	317,50	27,86
1972	41,34	180,64	95,73	71,60	27,79	106,93	143,84	291,41	397,97	187,20	125,77	126,96	149,77	397,97	27,79
1973	112,24	152,86	74,58	43,03	132,71	187,00	220,47	267,91	302,99	86,67	84,41	55,94	143,40	302,99	43,03
1974	105,82	113,22	164,88	90,80	38,40	107,13	87,52	50,31	113,73	50,36	82,01	60,47	88,72	164,88	38,40

Vazões Médias Mensais - PCH Canoas															
A/M	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd	Máx	Mín
1975	82,88	73,24	94,01	49,68	45,45	79,69	53,36	184,31	345,98	306,54	85,12	269,64	139,16	345,98	45,45
1976	166,26	60,40	155,46	49,87	131,01	210,24	98,87	270,06	116,16	69,54	83,41	324,89	144,68	324,89	49,87
1977	188,77	272,77	111,56	101,31	37,18	37,82	67,78	310,09	166,46	223,99	206,48	112,31	153,05	310,09	37,18
1978	90,47	89,01	72,90	25,17	18,91	19,83	41,14	36,34	111,53	61,85	107,03	59,39	61,13	111,53	18,91
1979	49,07	23,40	40,76	52,07	126,71	61,95	78,78	73,32	58,50	323,36	237,74	152,14	106,48	323,36	23,40
1980	80,72	64,75	248,87	90,95	91,78	45,85	130,74	390,98	299,84	163,67	153,54	319,63	173,44	390,98	45,85
1981	261,93	162,85	56,38	58,21	37,59	47,19	66,27	45,41	95,05	89,08	76,25	63,92	88,34	261,93	37,59
1982	51,03	125,00	92,56	43,79	31,40	89,78	185,62	102,35	56,40	229,63	416,58	145,04	130,76	416,58	31,40
1983	181,11	178,71	245,16	157,63	411,71	390,90	1156,2	521,70	203,29	143,55	144,48	189,17	326,97	1156,2	143,55
1984	128,36	119,66	121,93	91,30	93,15	295,24	331,78	792,85	144,17	213,92	140,21	176,91	220,79	792,85	91,30
1985	84,23	197,33	125,49	97,13	63,20	41,97	54,96	37,04	63,24	86,50	99,13	25,18	81,28	197,33	25,18
1986	39,63	51,74	28,37	41,00	25,45	72,64	40,66	50,35	102,90	153,18	225,66	137,90	80,79	225,66	25,45
1987	233,25	190,08	55,84	111,59	392,57	186,74	148,82	174,39	113,53	321,96	86,04	60,11	172,91	392,57	55,84
1988	64,47	81,51	74,43	91,51	251,99	158,09	72,34	29,54	136,57	97,87	45,20	38,50	95,17	251,99	29,54
1989	139,78	212,00	84,28	98,61	232,95	41,50	48,88	79,56	397,86	142,68	44,15	39,91	130,18	397,86	39,91
1990	296,05	186,89	140,85	196,95	122,47	484,96	206,22	160,16	294,90	416,90	365,29	112,81	248,70	484,96	112,81
1991	76,01	78,62	37,81	25,72	24,40	108,25	75,09	127,42	37,87	174,98	162,80	146,42	89,62	174,98	24,40
1992	100,45	177,35	109,85	61,97	153,02	390,76	382,41	355,27	195,09	99,02	99,64	55,80	181,72	390,76	55,80
1993	84,24	201,74	197,16	103,58	103,06	108,70	401,32	72,39	140,81	295,90	85,54	152,41	162,24	401,32	72,39
1994	52,67	248,22	214,89	113,03	206,15	237,41	323,45	77,84	40,33	172,71	175,57	68,88	160,93	323,45	40,33
1995	319,28	189,93	101,63	48,45	23,84	68,39	118,02	81,49	108,65	212,74	97,23	66,99	119,72	319,28	23,84
1996	225,61	211,97	138,85	117,19	35,62	75,48	213,94	181,29	237,44	214,74	79,31	78,88	150,86	237,44	35,62
1997	162,34	417,32	150,65	36,18	28,01	67,28	201,64	196,49	127,85	449,57	451,47	143,16	202,66	451,47	28,01
1998	129,50	379,64	246,53	277,75	359,45	107,05	175,26	327,34	541,42	244,98	96,16	100,52	248,80	541,42	96,16
1999	85,60	110,14	81,79	149,83	55,87	125,26	278,90	78,72	71,49	199,03	96,67	65,25	116,55	278,90	55,87
2000	88,51	112,88	96,65	91,84	68,03	62,04	165,47	70,53	368,26	408,96	112,98	128,89	147,92	408,96	62,04
2001	263,26	339,14	205,81	183,69	235,53	142,95	191,90	109,92	167,39	469,63	79,75	177,02	213,83	469,63	79,75
2002	150,40	102,92	78,47	114,21	83,49	165,13	126,35	261,71	195,38	275,48	286,00	273,51	176,09	286,00	78,47
2003	80,73	108,34	145,04	53,29	59,44	100,51	57,24	31,08	44,00	93,83	83,36	258,01	92,91	258,01	31,08
2004	88,93	70,85	43,18	89,90	105,41	63,95	229,99	57,93	201,82	301,46	139,08	107,02	124,96	301,46	43,18
2005	119,83	55,92	55,66	84,60	266,20	225,63	140,72	109,33	612,35	430,55	223,06	57,91	198,48	612,35	55,66
2006	79,02	63,26	39,11	28,43	23,52	28,81	64,22	178,09	64,53	59,94	144,94	118,93	74,40	178,09	23,52
2007	67,16	89,19	177,06	86,48	180,41	64,54	188,34	169,83	129,62	177,84	179,41	71,07	131,75	188,34	64,54
2008	133,06	139,26	116,86	86,86	174,44	83,98	86,09	81,61	150,15	345,81	410,80	119,30	160,69	410,80	81,61
2009	109,99	82,61	106,71	39,42	29,58	39,03	212,58	276,86	302,96	410,10	146,38	91,85	154,01	410,10	29,58
2010	238,34	281,51	128,27	212,72	436,24	144,49	146,54	149,83	78,69	98,40	91,93	207,43	184,53	436,24	78,69
2011	219,36	395,52	150,55	115,84	127,24	85,50	279,11	443,53	700,09	134,83	73,34	53,03	231,50	700,09	53,03
2012	127,00	126,84	55,41	27,73	35,63	121,37	86,23	108,65	49,20	123,12	48,75	39,25	79,10	127,00	27,73
2013	74,29	67,98	173,33	70,39	31,68	116,57	123,33	311,60	311,21	232,32	65,97	86,25	138,74	311,60	31,68
2014	152,01	61,01	108,31	99,72	172,84	367,97	310,65	82,65	113,74	298,21	149,72	128,28	170,43	367,97	61,01
2015	272,99	208,03	96,02	87,44	69,41	195,57	343,45	133,65	262,41	664,03	302,56	130,13	230,48	664,03	69,41
2016	138,66	201,84	202,20	154,06	189,21	86,75	110,54	110,04	103,08	180,30	96,42	110,26	140,28	202,20	86,75
2017	275,71	137,55	55,86	57,90	138,65	652,66	48,26	77,54	31,91	61,87	154,56	183,06	156,29	652,66	31,91
2018	290,62	94,67											192,64	290,62	94,67
Méd	121,98	145,20	116,90	89,80	109,75	122,49	153,53	158,22	187,64	196,92	136,22	104,15	136,90	335,35	45,43
Máx	319,28	417,32	317,50	277,75	436,24	652,66	1156,2	792,85	700,09	664,03	455,67	324,89	326,97	1156,2	143,55
Mín	12,86	23,40	23,57	22,86	17,80	17,60	26,36	7,97	10,46	26,30	30,64	14,66	40,38	104,92	7,97

Gráfico 34 - Vazões Médias Mensais Características no Local do PCH Canoas



#### 5.1.4.9 Curva de Permanência

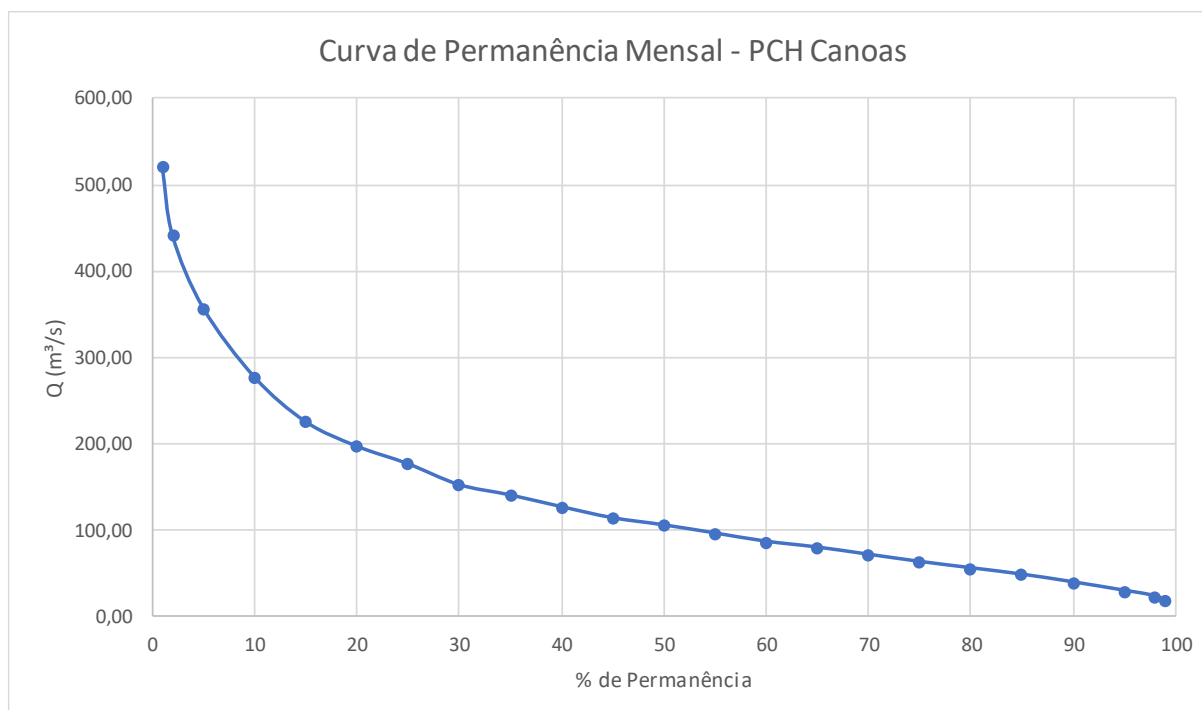
Com base na série de descargas médias mensais, determinou-se a curva de permanência de descargas para o local da barragem, com o objetivo de subsidiar os estudos energéticos. Esta curva foi obtida considerando o critério de Kimball, que determina a ordenação, em ordem decrescente, das descargas médias mensais do período histórico, atribuindo-se a cada valor uma porcentagem calculada pela relação entre o seu número de ordem e o número total de valores da série acrescido de 1. Desta forma, uma curva de permanência representa a porcentagem do tempo em que uma determinada descarga é superada no histórico.

O quadro e o gráfico a seguir apresentam os valores da curva de permanência de descargas médias mensais para o local da PCH Canoas, para o período compreendido entre 1942 e 2018.

Quadro 48 - Curva de Permanência Mensal – PCH Canoas

Curva de Permanência Mensal – PCH Canoas	
% de Permanência	Q (m <sup>3</sup> /s)
1	521,40
2	441,64
5	357,60
10	277,48
15	225,63
20	197,13
25	176,74
30	152,45
35	140,44
40	126,81
45	113,98
50	105,68
55	96,28
60	86,68
65	79,89
70	71,55
75	63,25
80	55,85
85	48,44
90	39,51
95	29,79
98	23,64
99	19,03

Gráfico 35 - Curva de Permanência Mensal – PCH Canoas



#### 5.1.4.10 Vazões Máximas

O estudo de frequência de cheias para a PCH Canoas foi definido através de transferência direta por relação de área de drenagem a partir do posto fluviométrico base Ponte Alta do Sul.

Cabe salientar que, é usualmente considerado para região sul do Brasil como período úmido ou anual de maio a abril do ano seguinte (ano hidrológico), e período seco, de novembro a abril do ano seguinte, sendo assim feito neste estudo.

Inicialmente determinou-se as cheias máximas médias diárias de cada mês para a estação fluviométrica base. Como encontrou-se uma boa correlação de cheias com as estações encruilhada e Passo Caru, a série foi estendida até 1951 por relação de área de drenagem com essas estações.

O quadro a seguir apresenta as cheias máximas médias diárias de cada ano e suas respectivas estatísticas e parâmetros da Distribuição de Gumbel e Exponencial.

Quadro 49 - Vazões Máximas Médias Diárias de Cada Ano - Período Úmido ou Anual

Cheias em E. F. Ponte Alta do Sul			
Ano i	Ano f	Úmido	Seco
1951	1952	644,40	256,88
1952	1953	422,76	267,26
1953	1954	623,95	623,95
1954	1955	927,86	318,11
1955	1956	598,80	376,89
1956	1957	489,01	186,40
1957	1958	680,25	398,91
1958	1959	333,57	266,42
1959	1960	250,60	167,51
1960	1961	359,99	359,99
1961	1962	639,00	639,00
1962	1963	551,30	551,30
1963	1964	600,98	336,98
1964	1965	271,76	238,15
1965	1966	703,77	548,85
1966	1967	307,61	263,98
1967	1968	366,73	243,41
1968	1969	456,49	456,49
1969	1970	257,76	233,31
1970	1971	375,91	375,91
1971	1972	389,80	326,14
1972	1973	613,01	213,12
1973	1974	484,74	225,48
1974	1975	228,62	150,96
1975	1976	433,53	361,03
1976	1977	444,36	444,36
1977	1978	567,14	397,97
1978	1979	194,21	150,96
1979	1980	419,84	419,84
1980	1981	548,85	423,07
1981	1982	224,32	224,32
1982	1983	484,97	484,97
1983	1984	2310,07	294,64
1984	1985	2980,32	346,00
1985	1986	211,70	211,70

Cheias em E. F. Ponte Alta do Sul			
Ano i	Ano f	Úmido	Seco
1986	1987	376,36	376,36
1987	1988	603,50	245,69
1988	1989	410,93	410,93
1989	1990	510,02	388,18
1990	1991	647,97	502,83
1991	1992	284,27	229,04
1992	1993	618,64	270,30
1993	1994	482,38	439,61
1994	1995	424,43	397,75
1995	1996	318,56	318,56
1996	1997	511,13	511,13
1997	1998	628,34	628,34
1998	1999	552,18	249,26
1999	2000	472,15	169,56
2000	2001	541,54	382,73
2001	2002	668,10	251,45
2002	2003	412,93	412,93
2003	2004	639,45	639,45
2004	2005	466,49	210,86
2005	2006	588,09	393,98
2006	2007	831,29	269,62
2007	2008	449,80	349,58
2008	2009	486,16	486,16
2009	2010	540,29	540,29
2010	2011	454,45	401,30
2011	2012	859,02	223,86
2012	2013	273,90	211,81
2013	2014	603,50	242,28
2014	2015	575,99	275,27
2015	2016	848,70	495,97
2016	2017	298,13	265,67
2017	2018	922,59	354,12
Média		562,68	348,20
Máximo		2980,32	639,45
Mínimo		194,21	150,96
Desv Pad		409,48	126,55
Ass		4,37	0,58
Kurt		22,63	-0,35
AD		4712,76	
Fuller		1,2103	
$\alpha$ - Dist. Gumbel		319,39	98,71
$\mu$ - Dist. Gumbel		378,32	291,22
X0 - Dist. Exponencial		153,20	221,65

A seleção da distribuição de probabilidade, para determinação da curva frequência de cheias foi realizada com base nos estudos elaborados pela Eletrobrás, que recomendam a utilização da Distribuição Gumbel ou Exponencial 2. Estas distribuições de probabilidade são consideradas mais “robustas”, ou seja, aquelas que produzem resultados mais confiáveis e fisicamente mais aceitáveis. Também se recomenda que seja utilizada a Distribuição Exponencial 2 sempre que a assimetria da amostra for superior a 1,5. Para assimetrias amostrais inferiores a 1,5, deve ser utilizada a Distribuição Gumbel. Como para o período



úmido a assimetria foi superior a 1,5 utilizou-se a distribuição Exponencial, já para o período seco a assimetria foi inferior a 1,5, logo foi utilizada a Distribuição de Gumbel.

Quadro 50 - Curva de Frequência de Cheias no local da Est. Fluviom. Ponte Alta do Sul - Período Úmido e Seco  
 – Vazão Média Diária

Cheias em E.F. Ponte Alta do Sul		
TR (anos)	Anual (m <sup>3</sup> /s)	Seco (m <sup>3</sup> /s)
2	437,03	327,40
2,33	499,56	348,33
5	812,23	439,28
10	1096,05	513,35
15	1262,08	555,14
25	1471,25	606,94
50	1755,08	676,37
100	2038,91	745,28
250	2414,11	836,03
500	2697,94	904,54
1000	2981,77	973,01
2500	3356,97	1063,48
5000	3640,80	1131,91
10000	3924,62	1200,33

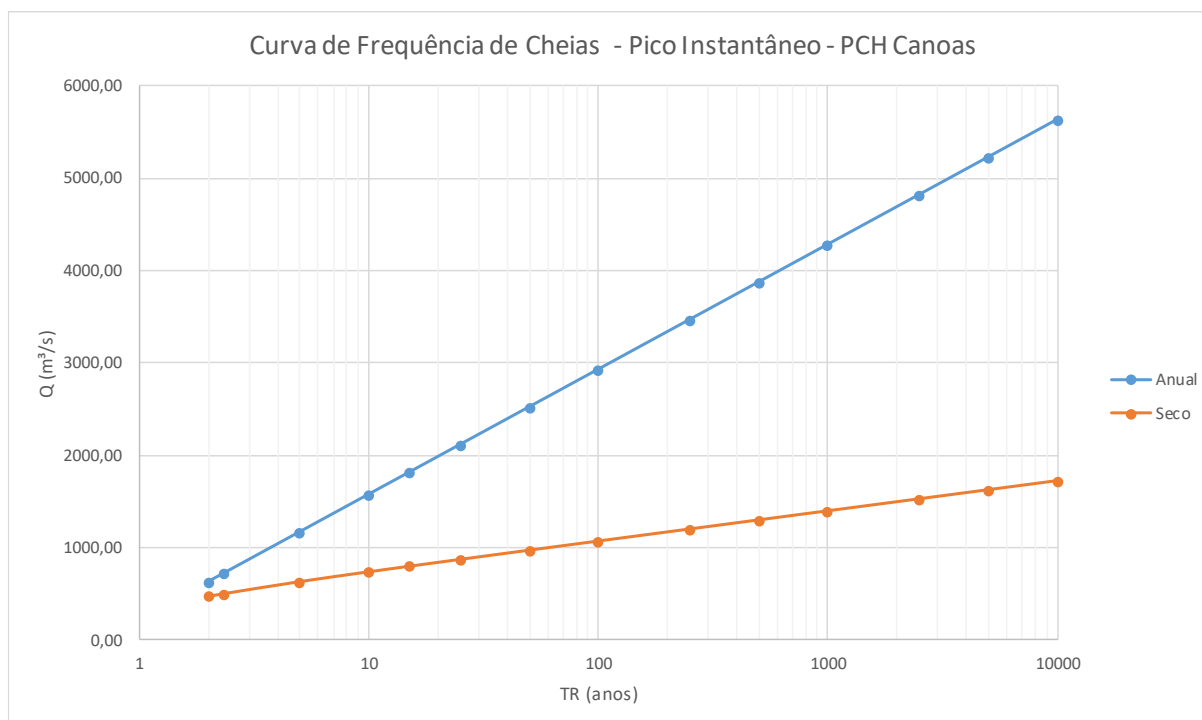
Ressalta-se que para determinação da vazão de pico instantâneo foi utilizada a equação de Fuller.

$$Fuller = 1 + \left( \frac{2,66}{AD(km^2)^{0,3}} \right) = 1 + \left( \frac{2,66}{5647,59^{0,3}} \right) = 1,1992$$

Quadro 51 – PCH Canoas - Curva de Frequência de Cheias - Período Úmido e Seco – Barragem

Curva de Frequência de Cheias em PCH Canoas (m <sup>3</sup> /s)				
TR (anos)	Anual		Seco	
	Q média diária	Pico Instantâneo	Q média diária	Pico Instantâneo
2	523,72	628,05	392,34	470,50
2,33	598,66	717,92	417,43	500,59
5	973,34	1167,25	526,41	631,28
10	1313,47	1575,13	615,18	737,73
15	1512,43	1813,73	665,26	797,79
25	1763,10	2114,33	727,33	872,23
50	2103,22	2522,22	810,53	972,00
100	2443,35	2930,11	893,12	1071,04
250	2892,98	3469,30	1001,86	1201,45
500	3233,11	3877,19	1083,97	1299,91
1000	3573,23	4285,08	1166,02	1398,31
2500	4022,86	4824,28	1274,44	1528,32
5000	4362,99	5232,16	1356,44	1626,66
10000	4703,12	5640,05	1438,43	1724,99

Gráfico 36 – PCH Canoas - Curva de Frequência de Cheias - Período Úmido e Seco – Barragem



#### 5.1.4.11 Vazões Mínimas

As características do escoamento de vazão mínima são dependentes da topografia, geologia, clima e usos do solo, sendo difícil apenas um desses fatores explicar a sua variabilidade.

A análise de probabilidade de vazões mínimas é estabelecida para os menores valores médios de um período de “d” dias, no caso deste estudo 7 dias, por recomendação do IBAMA. O importante na análise de probabilidade de vazões mínimas é o entendimento de que o escoamento durante a estiagem depende fundamentalmente do aquífero e lençol freático no qual a bacia está inserida.

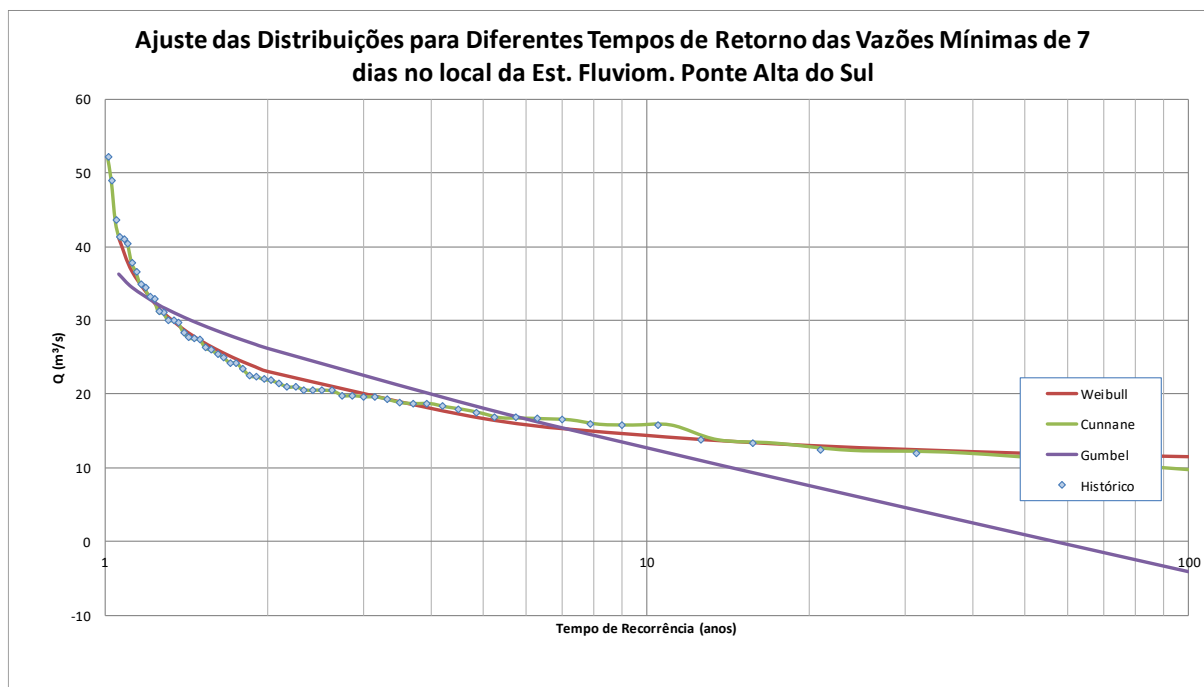
Para a determinação da  $Q_{7,10}$  foram analisados por primeiro os dados das vazões mínimas médias de 7 dias de duração de cada ano no local na Est. Fluviométrica Ponte Alta do Sul, para o período de 1956 a 2017. O quadro a seguir apresenta as vazões mínimas médias anuais para o período de sete dias consecutivos no local na Est. Fluviom. Ponte Alta do Sul.

Quadro 52 - Vazões Mínimas de 7 dias de cada Ano no Local da Est. Fluviom. Ponte Alta do Sul

Ano	Q min med 7 dias	Ano	Q min med 7 dias	Ano	Q min med 7 dias
1956	31,17	1979	13,86	2002	40,40
1957	27,53	1980	27,66	2003	19,66
1958	21,42	1981	20,60	2004	25,96
1959	19,68	1982	17,49	2005	24,26
1960	19,28	1983	52,20	2006	9,72
1961	18,75	1984	43,53	2007	29,67
1962	19,83	1985	15,85	2008	37,83
1963	16,85	1986	13,39	2009	19,84
1964	24,99	1987	23,37	2010	33,13
1965	16,70	1988	16,79	2011	34,47
1966	25,48	1989	22,49	2012	17,97
1967	24,24	1990	41,24	2013	20,45
1968	12,04	1991	15,85	2014	29,99
1969	22,00	1992	31,00	2015	36,59
1970	21,00	1993	32,97	2016	34,90
1971	15,95	1994	27,37	2017	20,57
1972	18,87	1995	16,55	Média	24,73
1973	30,04	1996	20,57	Máximo	52,20
1974	22,37	1997	18,76	Mínimo	9,72
1975	20,99	1998	41,05	DP	9,16
1976	21,86	1999	28,38	Var	83,8607
1977	18,32	2000	26,30	Ass	1,0006
1978	12,41	2001	48,91	Kurt	0,7203

Por seguinte calculou-se as vazões mínimas médias de 7 dias de duração para diferentes períodos de retorno através das distribuições de Weibull e Gumbel. Pelo ajuste mostrado no gráfico a seguir foi definida a distribuição de Weibull para este estudo.

Gráfico 37 – Ajuste das Distribuições as Vazões Mínimas de 7 dias para Diferentes Tempos de Recorrência



Quadro 53 - Vazões Mínimas - Q<sub>7,10</sub>

Parâmetros de Q (m <sup>3</sup> /s)	Estação Ponte Alta do Sul	PCH Canoas
10% QMLT	11,42	13,69
Q mínima média mensal	6,65	7,97
80% Q mínima média mensal	5,32	6,38
50% Q98%,mensal	9,86	11,82
Q7,10 Cunnane	15,85	18,99
Q7,10 Gumbel	12,79	15,33
Q7,10 Weibull	14,42	17,28

Cabe ressaltar que, como a casa de força será acoplada ao barramento, não haverá trecho de vazão reduzida, sendo assim, não seria necessária a determinação da vazão mínima definida pelo órgão ambiental licenciador a ser mantida, neste caso o IBAMA, por se tratar de um rio nacional.

## 5.1.5 Estudos do Reservatório

### 5.1.5.1 Curva Cota X Área X Volume

Para os estudos do reservatório foi dimensionada a curva cota x área x volume, conforme dados do quadro a seguir. Esta curva foi calculada com auxílio da restituição aerofotogramétrica, planialtimetria e com as seções topobatimétricas levantadas em campo no local do futuro reservatório da alternativa selecionada.

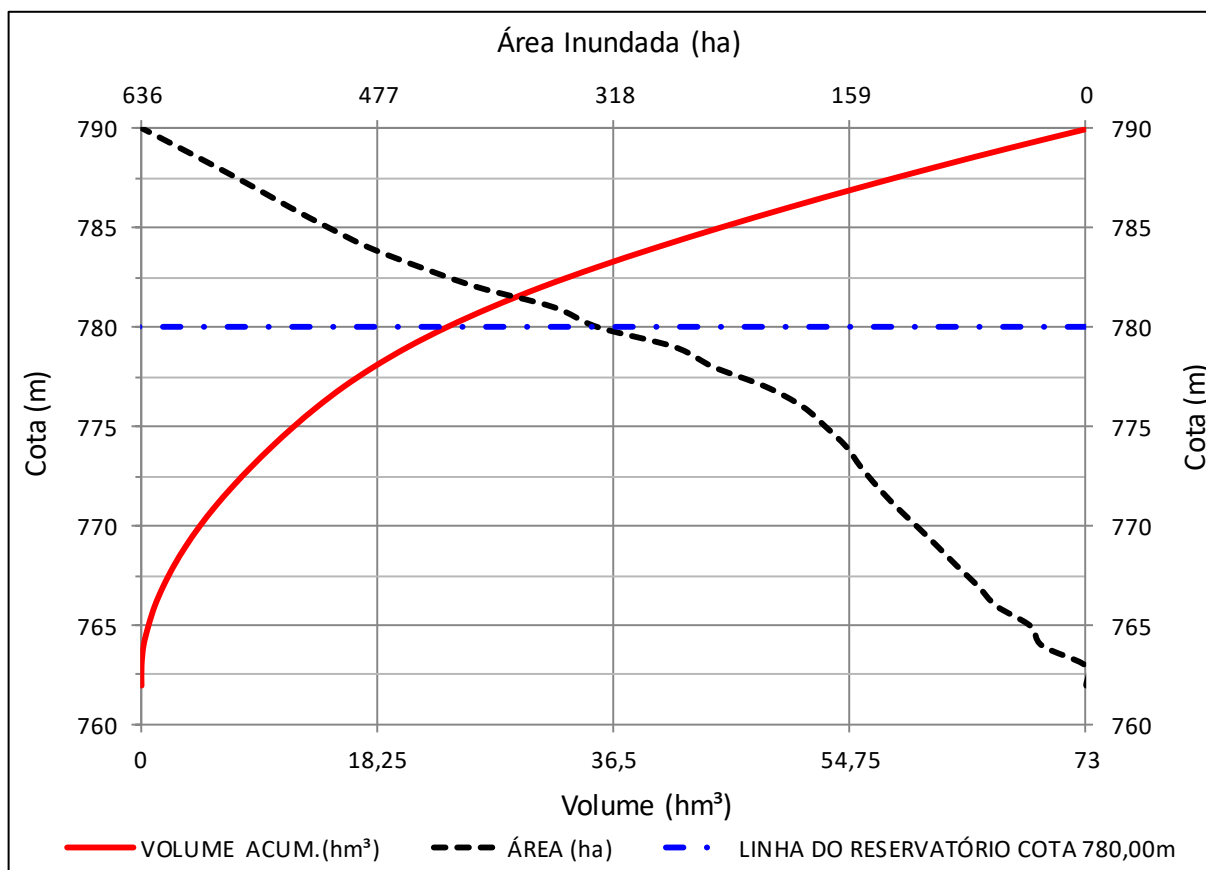
Quadro 54 - Curva Cota X Área X Volume

COTA (m)	ÁREA TOTAL	ÁREA (ha)	VOLUME (m <sup>3</sup> )	VOLUME ACUM.(m <sup>3</sup> )	VOLUME (hm <sup>3</sup> )	VOLUME ACUM.(hm <sup>3</sup> )
762	0	0				0
763	3.860	0,39	1930	1930	0,002	0,002
764	296.116	29,61	149988	151919	0,150	0,152
765	376.355	37,64	380215	382146	0,380	0,532
766	604.889	60,49	490622	872767	0,491	1,023
767	728.768	72,88	666828	1539596	0,667	1,690
768	869.557	86,96	799162	2338758	0,799	2,489
769	1.002.415	100,24	935986	3274744	0,936	3,425
770	1.140.423	114,04	1071419	4346163	1,071	4,496
771	1.281.395	128,14	1210909	5557072	1,211	5,707
772	1.407.311	140,73	1344353	6901425	1,344	7,051
773	1.519.629	151,96	1463470	8364895	1,463	8,515
774	1.615.859	161,59	1567744	9932639	1,568	10,083
775	1.754.687	175,47	1685273	11617912	1,685	11,768
776	1.907.406	190,74	1831047	13448959	1,831	13,599
777	2.155.283	215,53	2031344	15480303	2,031	15,630
778	2.510.064	251,01	2332673	17812977	2,333	17,963
779	2.771.014	277,10	2640539	20453516	2,641	20,604
<b>780</b>	<b>3.289.230</b>	<b>328,92</b>	<b>3030122</b>	<b>23483638</b>	<b>3,030</b>	<b>23,634</b>
781	3.584.940	358,49	3437085	26920723	3,437	27,071
782	4.095.152	409,52	3840046	30760769	3,840	30,911
783	4.480.353	448,04	4287753	35048521	4,288	35,199
784	4.829.588	482,96	4654970	39703492	4,655	39,853
785	5.101.609	510,16	4965599	44669090	4,966	44,819
786	5.356.633	535,66	5229121	49898211	5,229	50,048
787	5.597.213	559,72	5476923	55375135	5,477	55,525
788	5.845.352	584,54	5721283	61096418	5,721	61,246
789	6.101.994	610,20	5973673	67070090	5,974	67,220
790	6.360.491	636,05	6231242	73301333	6,231	73,451

Quadro 55 - Características do Reservatório

REFERENTE	ÁREA (ha)			
	MARGEM DIREITA	MARGEM ESQUERDA	CALHA	TOTAL
INUNDADA	65,30	140,27	123,35	328,92
FX. PRESERVAÇÃO	119,47	229,89		349,36
TOTAL	184,78	370,16	123,35	678,28
ÁREA INUNDADA SEM A CALHA (ha)				205,57
EXTENSÃO DO RESERVATÓRIO (km)				10,74
ÁREA A DESAPROPRIAR (ha)				554,93
PERIMETRO DO RESERVATÓRIO (km)				39,29

Gráfico 38 - Curva Cota X Área X Volume



#### 5.1.5.2 Tempo de Residência Hidráulica

É importante conhecer o tempo de residência, ou tempo de retenção hidráulica – intervalo de tempo durante o qual uma determinada massa d’água permanece no reservatório desde a chegada até a saída, a fim de se ter noção do impacto em relação a qualidade da água na região do futuro reservatório. Conforme o uso do reservatório, controla-se o tempo de residência, o que afeta: a reciclagem e acúmulo de nutrientes, crescimento do fitoplâncton (requer tempo de residência de 2 a 3 semanas), desenvolvimento de macrófitas aquáticas, depósito de detritos químicos e estado trófico do reservatório.

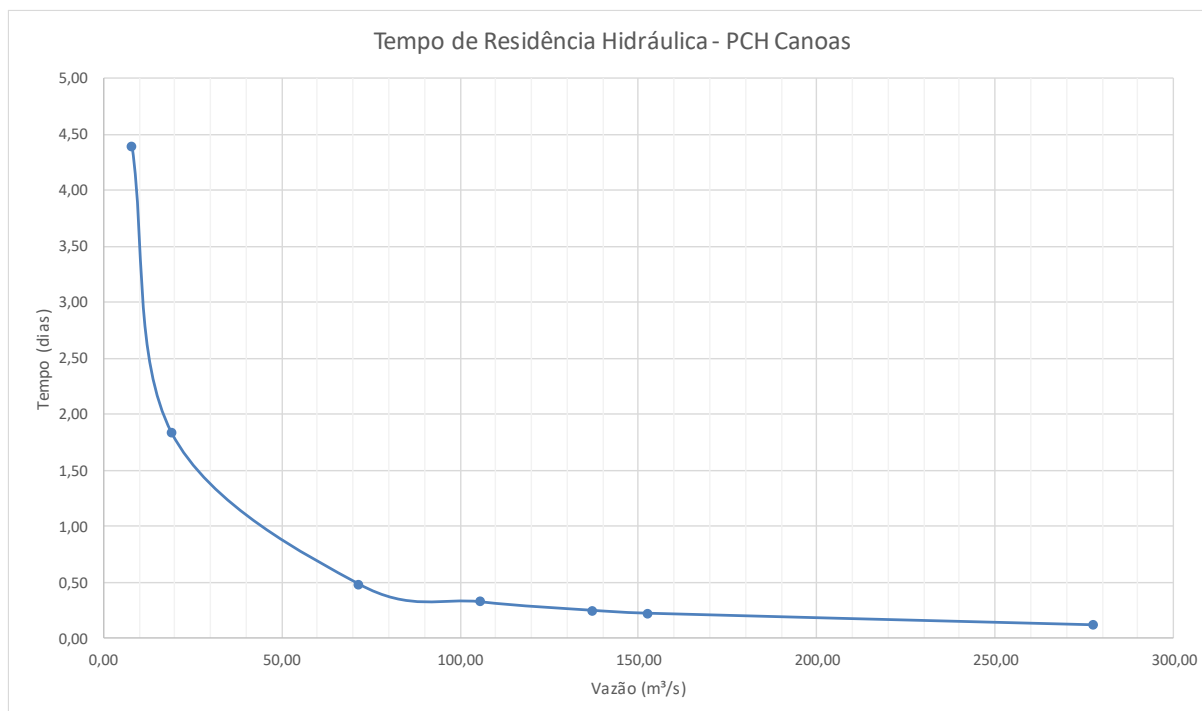
O tempo de residência é a relação do volume do reservatório pela vazão afluente do rio. Foram estimados o tempo de residência conforme tabela abaixo. Percebe-se que o tempo de

residência é baixo para o reservatório PCH Canoas, mesmo com a vazões baixas não supera 5 dias de retenção, indicando que não haverá grandes impactos em relação a qualidade da água.

Quadro 56 - Tempo de Residência do Reservatório

Tempo Residência Reservatório		
Parâmetro	Q (m³/s)	Dias
Min Média Mensal	7,97	4,40
Q 99% mensal	19,03	1,84
Q 70% mensal	71,55	0,49
Q 50% mensal	105,68	0,33
Média mensal	136,90	0,26
Q 30% mensal	152,45	0,23
Q 10% mensal	277,48	0,13

Gráfico 39 - Tempo de Residência do Reservatório



### 5.1.5.3 Tempo de Enchimento do Reservatório

Foi estimado o tempo de enchimento/formação do reservatório de acordo com vazão afluente. Este tempo é a relação do volume do reservatório pela vazão afluente do rio.

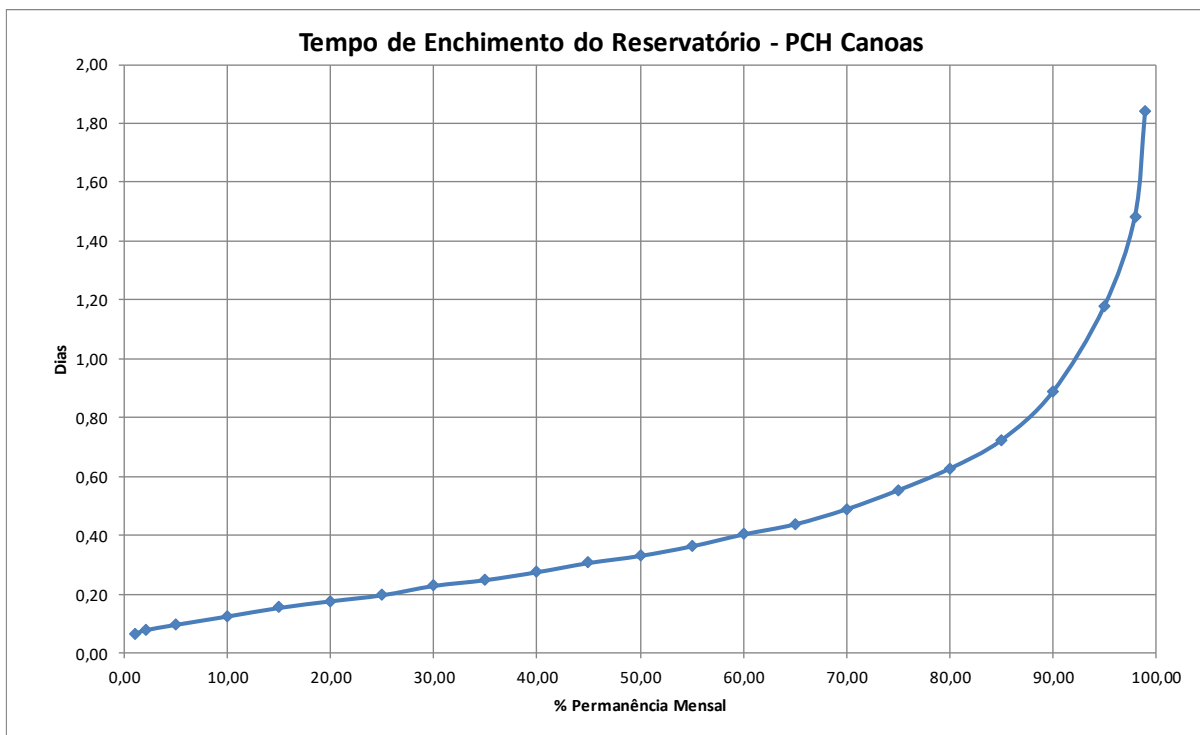
A tabela abaixo apresenta o tempo estimado de formação do reservatório PCH Canoas para vazões com diferentes permanências, percebe-se um enchimento relativamente rápido, inferior a 2 dias, mesmo para uma vazão com 99% de permanência.



Quadro 57 - Tempo de Enchimento do Reservatório

Tempo de Enchimento do Reservatório			
% de Permanência Mensal	Q (m³/s)	Dias	Horas
1,00	521,40	0,07	1,61
2,00	441,64	0,08	1,91
5,00	357,60	0,10	2,35
10,00	277,48	0,13	3,03
15,00	225,63	0,16	3,73
20,00	197,13	0,18	4,27
25,00	176,74	0,20	4,76
30,00	152,45	0,23	5,52
35,00	140,44	0,25	5,99
40,00	126,81	0,28	6,64
45,00	113,98	0,31	7,38
50,00	105,68	0,33	7,96
55,00	96,28	0,36	8,74
60,00	86,68	0,40	9,71
65,00	79,89	0,44	10,54
70,00	71,55	0,49	11,76
75,00	63,25	0,55	13,31
80,00	55,85	0,63	15,07
85,00	48,44	0,72	17,38
90,00	39,51	0,89	21,30
95,00	29,79	1,18	28,26
98,00	23,64	1,48	35,61
99,00	19,03	1,84	44,23

Gráfico 40 - Tempo de Enchimento do Reservatório



### 5.1.6 Hidrossedimentologia

Os estudos de transporte sólido no rio Canoas visaram estimar o tempo de vida útil da PCH Canoas.

Atualmente encontra-se em operação na bacia do rio Canoas, a montante do trecho estudado, a PCH Pery e a PCH Ado Popinhak, as quais naturalmente retêm volume de sólidos, porém esta retenção não foi computada nos estudos a fim de ter um cálculo a favor da segurança.

#### 5.1.6.1 Análise dos Dados Hidrossedimentológicos

Para realização dos estudos foram utilizadas informações existentes na estação fluviométrica base Ponte Alta do Sul, conforme quadro a seguir.

Ressalta-se que foi utilizado o método de Colby Simplificado para determinação da descarga sólida total.

$$Q_{SM} = 0,0864 * Q * C'_S$$

$$Q_{NM} = q'_{NM} * K * L$$

Onde:

$Q_{SM}$  - descarga sólida medida (ton/dia)

$Q$  - descarga líquida na hora da medição da descarga sólida (m<sup>3</sup>/s)

$C'_S$  - concentração medida (mg/l)

$Q_{NM}$  - descarga sólida não medida (ton/dia)

$q'_{NM}$  - descarga sólida não medida aproximada (ton/dia.m)

$K$  - fator de correção

$L$  - largura do rio (m)

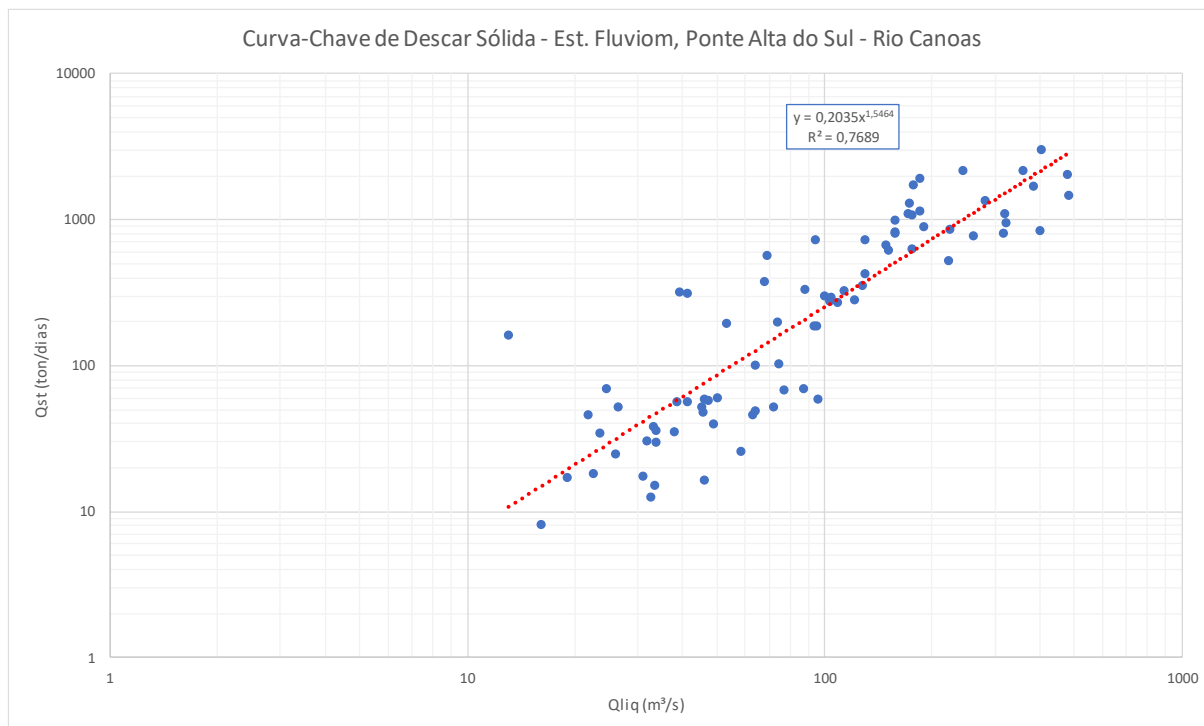
Quadro 58 - Descargas Sólidas na Estação Fluviométrica Ponte Alta do Sul

Data	Cota	Vazão	Área Molhada	Largura	Vel. Média	Concentração	Concentração Relativa	Q <sub>sm</sub>	Q <sub>sm</sub>	Q <sub>st</sub>
ddmmaaaa	m	m <sup>3</sup> /s	m <sup>2</sup>	m	m/s	mg/l	mg/l	ton/dia	ton/dia	ton/dia
12/07/1978	57,00	13,00	58,70	72,50	0,22	121,84	65,83	26,67	136,85	163,52
21/09/1978	294,00	177,00	349,00	70,00	0,51	94,48	94,54	322,92	1444,86	1767,78
15/12/1978	98,00	41,20	204,00	65,00	0,20	83,17	35,16	19,82	296,06	315,88
22/03/1979	105,00	39,20	275,00	60,00	0,43	64,72	152,13	101,14	219,20	320,34
16/05/1979	300,00	175,00	374,00	70,00	0,47	31,57	76,61	159,89	477,34	637,23
15/01/1980	146,00	68,00	223,00	67,00	0,31	55,39	56,49	54,23	325,43	379,66
26/01/1981	180,00	94,60	270,00	69,00	0,35	17,19	62,85	48,31	140,50	188,81
22/05/1981	81,00	23,40	174,00	65,00	0,14	15,50	18,41	3,09	31,54	34,63
22/07/1981	76,00	21,80	177,00	65,50	0,12	23,18	16,21	2,91	43,66	46,57
20/11/1981	106,00	41,30	201,00	65,00	0,20	13,51	33,56	8,92	48,21	57,13
27/06/1985	78,00	26,40	160,00	65,00	0,17	20,48	28,44	5,64	46,71	52,35
23/11/1985	98,00	38,00	186,00	67,00	0,20	8,61	35,87	7,06	28,27	35,33
26/04/1986	73,00	19,00	167,00	66,00	0,11	9,59	14,47	1,57	15,74	17,31
30/07/1986	86,00	33,20	178,00	66,00	0,19	11,47	33,23	6,05	32,90	38,95
28/10/1986	130,00	53,00	197,00	67,00	0,27	36,15	48,28	31,12	165,54	196,66
27/07/1987	177,00	95,50	217,00	69,00	0,44	2,94	105,91	35,35	24,26	59,61
14/11/1987	123,00	58,10	196,00	68,00	0,30	2,94	62,20	11,62	14,76	26,38
19/03/1989	122,00	49,00	192,00	67,00	0,25	6,72	45,88	11,87	28,45	40,32
26/06/1989	92,00	32,70	177,00	66,00	0,19	3,26	31,03	3,36	9,21	12,57
27/09/1989	493,00	399,00	472,00	84,00	0,85	10,21	218,39	502,07	351,98	854,05

Data	Cota	Vazão	Área Molhada	Largura	Vel. Média	Concentração	Concentração Relativa	Qsnm	Qsm	Qst
ddmmaaaa	m	m³/s	m²	m	m/s	mg/l	mg/l	ton/dia	ton/dia	ton/dia
29/10/1993	297,00	223,00	312,00	69,60	0,71	13,31	209,29	273,49	256,45	529,94
07/05/1994	148,00	69,00	189,00	64,00	0,37	81,25	81,98	95,77	484,38	580,15
21/03/1997	131,00	62,90	204,00	66,00	0,31	5,43	63,78	17,12	29,51	46,63
29/06/1997	146,00	87,60	265,00	82,30	0,33	5,71	66,87	27,01	42,72	69,73
23/09/1997	158,00	77,20	219,00	65,30	0,35	6,19	71,54	26,85	41,29	68,14
20/03/1998	348,00	261,00	365,00	72,10	0,71	19,12	186,02	356,62	431,16	787,78
01/07/1998	192,00	121,00	241,00	70,00	0,50	16,47	131,82	114,49	172,18	286,67
30/09/1998	420,00	317,00	409,00	71,40	0,77	15,19	197,17	404,31	416,04	820,35
11/12/1998	150,00	71,70	214,00	67,50	0,34	5,03	67,38	21,86	31,16	53,02
26/03/1999	115,00	47,30	188,00	67,40	0,25	10,70	47,40	14,12	43,73	57,85
19/06/1999	168,00	99,50	233,00	68,00	0,43	24,94	103,13	88,14	214,40	302,54
21/09/1999	126,00	64,00	196,00	67,40	0,33	13,02	74,97	30,14	72,00	102,14
13/12/1999	138,00	73,80	204,00	67,80	0,36	23,28	85,67	53,06	148,44	201,50
07/04/2000	78,00	31,10	133,00	55,00	0,23	4,53	57,11	5,43	12,17	17,60
03/07/2000	226,00	151,00	250,00	63,50	0,60	30,47	174,87	228,54	398,83	627,37
21/09/2000	528,00	478,94	490,27	78,00	0,98	25,02	302,92	1012,71	1035,34	2048,05
19/12/2000	202,00	129,50	220,89	62,00	0,59	44,52	179,98	240,58	498,13	738,71
26/06/2001	238,00	149,00	245,00	62,50	0,61	33,32	171,04	243,64	428,95	672,59
26/09/2001	211,00	130,00	231,00	62,50	0,56	24,08	156,44	164,72	270,47	435,19
07/12/2001	261,00	184,00	269,00	70,00	0,68	45,77	207,23	427,68	727,63	1155,31
03/05/2002	140,00	74,70	217,00	67,00	0,34	11,14	76,36	33,06	71,09	104,15
21/08/2002	212,00	128,00	260,00	68,00	0,49	21,12	115,55	123,80	233,57	357,37
15/11/2002	306,00	224,00	325,00	70,00	0,69	26,18	190,14	358,23	506,68	864,91
07/02/2003	93,00	33,70	148,00	56,00	0,23	7,81	46,96	7,21	22,74	29,95
01/05/2003	106,00	45,90	154,00	57,50	0,30	10,73	72,41	17,39	42,55	59,94
10/09/2003	70,00	24,40	65,40	72,00	0,37	15,58	154,17	37,77	32,85	70,62
14/09/2004	177,00	94,50	208,00	61,50	0,45	71,24	112,88	155,44	581,66	737,10
10/11/2004	194,00	113,00	231,00	64,00	0,49	22,03	123,90	114,19	215,08	329,27
21/07/2005	174,00	109,00	192,00	62,00	0,57	15,82	186,20	127,42	148,99	276,41
20/10/2005	438,00	385,00	392,00	72,50	0,98	25,06	343,12	890,48	833,60	1724,08
28/08/2006	94,00	45,20	173,00	68,00	0,26	9,90	61,24	13,67	38,66	52,33
19/07/2007	279,00	190,00	305,00	69,50	0,63	35,52	160,23	314,76	583,10	897,86
20/05/2008	122,00	50,30	197,00	66,60	0,25	10,53	45,88	14,64	45,76	60,40
09/09/2008	252,00	175,00	279,00	69,50	0,63	48,82	174,81	355,44	738,16	1093,60
19/05/2009	91,00	26,00	168,00	66,00	0,15	9,64	21,61	3,60	21,66	25,26
26/03/2010	379,00	185,00	306,00	70,40	0,60	89,69	115,38	515,14	1433,60	1948,74
21/07/2010	237,00	157,00	259,00	69,50	0,61	50,00	169,05	323,64	678,24	1001,88
08/10/2010	181,00	103,00	235,00	68,00	0,44	21,58	101,89	89,47	192,04	281,51
29/01/2011	438,00	359,00	415,00	74,00	0,87	42,61	251,18	888,14	1321,66	2209,80
12/05/2011	248,00	157,00	277,00	70,00	0,57	42,51	139,98	263,32	576,64	839,96
04/08/2011	373,00	281,00	374,00	72,00	0,75	33,74	198,99	534,81	819,50	1354,31
20/10/2011	184,00	104,00	233,00	68,20	0,45	22,21	106,15	97,06	199,57	296,63
23/01/2012	244,00	172,00	251,00	70,20	0,68	56,30	218,03	462,25	836,66	1298,91
25/04/2012	62,00	16,10	151,00	65,50	0,11	5,30	14,89	0,93	7,37	8,30
25/07/2012	110,00	46,10	190,00	65,94	0,24	2,60	45,91	6,29	10,36	16,65
25/10/2012	353,00	243,00	357,00	70,35	0,68	75,40	163,11	603,30	1583,04	2186,34
05/03/2013	94,00	38,60	179,00	65,49	0,22	14,10	41,71	9,87	47,02	56,89
01/06/2013	71,00	22,50	164,00	63,92	0,14	8,40	21,36	2,21	16,33	18,54
09/10/2013	398,00	323,00	391,00	72,42	0,82	17,00	238,84	488,13	474,42	962,55
20/02/2014	102,00	45,60	187,00	66,37	0,23	9,90	43,39	9,95	39,00	48,95
09/06/2014	493,00	403,00	459,00	74,52	0,88	56,00	240,52	1095,00	1949,88	3044,88
09/10/2014	395,00	320,00	388,00	72,08	0,82	20,80	238,69	530,94	575,08	1106,02
21/02/2015	252,00	157,00	286,00	69,65	0,55	42,10	128,28	243,68	571,08	814,76
01/06/2015	254,00	171,00	289,00	69,71	0,59	53,50	152,22	327,55	790,43	1117,98
07/10/2015	526,00	482,00	487,00	78,13	0,99	15,90	311,65	833,46	662,15	1495,61
27/02/2016	168,00	93,70	235,00	69,05	0,40	15,90	88,48	61,14	128,72	189,86
21/06/2016	131,00	63,80	207,00	67,10	0,31	5,80	63,78	17,96	31,97	49,93
04/10/2016	89,00	33,80	181,00	66,33	0,19	10,30	32,62	5,93	30,08	36,01

Data	Cota	Vazão	Área Molhada	Largura	Vel. Média	Concentração	Concentração Relativa	Qsnm	Qsm	Qst
ddmmaaaa	m	m³/s	m²	m	m/s	mg/l	mg/l	ton/dia	ton/dia	ton/dia
21/03/2017	86,00	31,90	173,00	66,56	0,18	9,20	32,52	5,34	25,36	30,70
28/06/2017	173,00	87,80	235,00	69,46	0,37	34,10	75,30	77,56	258,68	336,24
25/07/2017	88,00	33,40	178,00	67,18	0,19	4,00	33,30	3,85	11,54	15,39

Gráfico 41 - Curva - Chave de Descarga Sólida - Estação Fluviométrica Ponte Alta do Sul



A equação encontrada foi a seguinte:

$$Q_{ST} = 0,2035 \times Q_L^{1,5464}$$

onde:

$Q_{ST}$  é a descarga sólida total (ton/dia);

$Q_L$  é a descarga líquida (m³/s).

#### 5.1.6.2 Avaliação do Assoreamento e Vida Útil do Reservatório

Utilizando a equação de transformação entre descarga líquida e sólida descrita acima, foi obtida a série de descargas sólidas diárias no local da estação fluviométrica Ponte Alta do Sul de acordo com o quadro a seguir. Calculou-se então as descargas médias de longo termo para o local do posto e transportou-se por relação de área de drenagem para o local da PCH Canoas.

Quadro 59 - Descarga Sólida Média de Longo Termo no Local da PCH Canoas

Q sólida Total Média de Longo Termo – PCH Canoas	562,14 ton/dia
--	----------------

Os quadros a seguir apresentam os dados do reservatório para a determinação da sua vida útil. Os dados correspondentes à cota e volume foram obtidos dos gráficos Cota x Área x Volume apresentados no item anterior de Estudos do Reservatório.

Quadro 60 - Parâmetros para determinação da Vida Útil na PCH Canoas

Descrição	Parâmetros		
	Sigla	Unidade	Valor
Área de Drenagem	A	km <sup>2</sup>	5647,59
Descarga líquida média de longo termo	QL	m <sup>3</sup> /s	136,90
Volume afluente médio anual	VM	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	4317,28
Descarga sólida total de longo período	QST	t/dia	562,14
Peso específico dos sedimentos	G	t/m <sup>3</sup>	1,10
Nível normal de operação	NANor	m	780,00
Nível da tomada de água	NATA	m	765,00
Volume do reservatório no nível normal	VNor	m <sup>3</sup>	23633626,50
Volume do reservatório no nível da tomada de água	VTA	m <sup>3</sup>	532134,0

Para calcular a quantidade de sedimentos retidos no reservatório, foi necessário determinar a eficiência de retenção de sedimentos (ER). Diferentes métodos são utilizados para a obtenção deste índice, como pode ser observado no quadro a seguir.

Quadro 61– Classificação do reservatório para obtenção da ER

Porte do Reservatório	Classificação em volume (m <sup>3</sup> )	Cálculo do ER
Pequeno	< 10 x 10 <sup>6</sup>	Churchill
Médio	10 – 100 x 10 <sup>6</sup>	Churchill ou Brune
Grande	> 100 x 10 <sup>6</sup>	Brune

Fonte: CARVALHO, 2008.

Para reservatórios de pequeno e médio porte a eficiência de retenção de sedimentos é obtida a partir da curva de Churchill, já para reservatórios de médio a grande porte é utilizada a curva de Brune. Neste estudo somente será utilizado a curva de Churchill.

A curva de Churchill utiliza o conceito de Índice de Sedimentação que é a relação entre o período de retenção e a velocidade média no reservatório definido por:

$$IS = \frac{\text{Período de retenção}}{\text{Velocidade média no reservatório}} = \frac{V_T^2}{Q^2L}$$

Onde:  $V_T$  é o volume total do reservatório ( $m^3$ );

$Q$  é a vazão média afluente ( $m^3/s$ );

$L$  é o comprimento do reservatório (m).

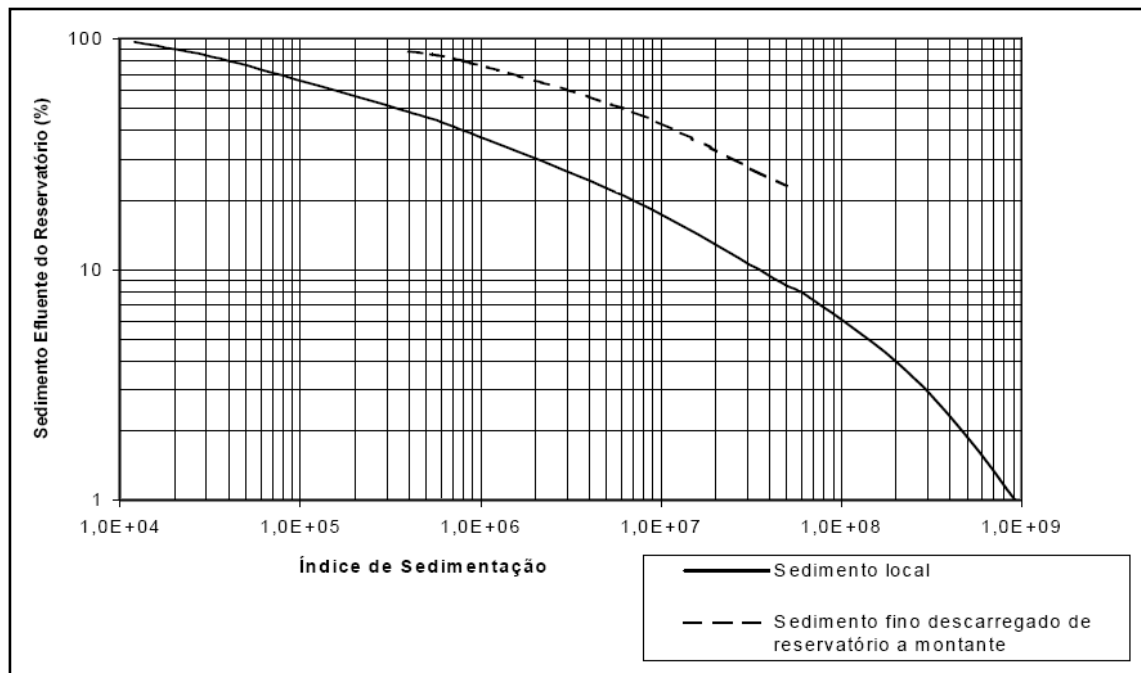


Figura 26 – Curva de Eficiência de Retenção de Sedimentos Segundo Churchill (IS em  $s^2/ft$ )

Os valores obtidos para o índice de sedimentação no reservatório do AHE, as porcentagens de sedimento efluentes dos reservatórios determinadas pela curva de Churchill e o valor da eficiência de retenção são apresentados nos quadros a seguir.

Os valores da eficiência de retenção foram considerados constantes (a favor da segurança), quando na realidade a eficiência da retenção de reservatórios diminui com o tempo. O valor médio anual da descarga sólida total ( $Q_{ST}$ ) corresponde ao valor adotado para avaliação do assoreamento. O deflúvio sólido anual ( $D_{ST}$ ) é obtido multiplicando  $Q_{ST}$  pelo número de dias do ano:

$$D_{ST} = Q_{ST} * 365$$

O volume de assoreamento em um ano pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$S = \frac{D_{ST} \cdot ER}{G}$$

Onde :  $D_{ST}$  é o deflúvio sólido anual (ton/ano);

$ER$  é a eficiência de retenção (adimensional);

$G$  é o peso específico ( $ton/m^3$ ).

O peso específico médio aparente de longo prazo de depósitos no reservatório em estudo para sedimento do tipo silto/argiloso é de 1,10 ton/m<sup>3</sup> (ANEEL, 2000). Para o cálculo do tempo de assoreamento, ou vida útil do reservatório, foi utilizada a seguinte expressão:

$$T = \frac{V}{S}$$

Onde : T é o tempo de assoreamento (anos);

V é o volume do reservatório correspondente à tomada de água (m<sup>3</sup>);

S é o volume anual total de sedimentos (m<sup>3</sup>/ano).

Os tempos necessários para o reservatório sofrer assoreamento até as cotas de operação normal e da soleira da tomada d'água são apresentados nos quadros a seguir.

Quadro 62 - Vida Útil na PCH Canoas

PARÂMETRO	UNIDADE	SIGLA	PCH Canoas
DEFLÚVIO SÓLIDO ANUAL	t/ano	DST	205180,66
VOLUME DE SEDIMENTOS RETIDOS	m <sup>3</sup> /ano	S	111664,55
COMPRIMENTO DO RESERVATÓRIO	m	L	10740,00
ÍNDICE DE SEDIMENTAÇÃO	–	IS	2774914,19
EFICIÊNCIA DE RETENÇÃO	%	ER	59,86
VIDA ÚTIL DO RESERVATÓRIO NO NÍVEL NORMAL	anos	VUNor	211,65
VIDA ÚTIL DO RESERVATÓRIO NA TOMADA DE ÁGUA	anos	VUTA	4,8
CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE SEDIMENTOS	mg/l	–	26,91
PRODUÇÃO ESPECÍFICA DE SEDIMENTOS	t/km <sup>2</sup> .ano	–	36,33

Percebe-se que a vida útil na soleira da tomada de água é de apenas 4,8 anos, porém a soleira da crista do vertedor de comportas segmento foram dimensionadas na cota 763,0 m, ou seja, 2 metros abaixo do nível da soleira de proteção da tomada de água, o que levará com os sedimentos depositados tendam a escoar para jusante antes de ocorrer o assoreamento do reservatório até a cota 765,0 m. Como estima-se operar estes vertedouros no mínimo 1 vez ao ano, dado que pela regra de operação do vertedor a partir de 270 m<sup>3</sup>/s começa-se a abrir as comportas (que corresponde praticamente a metade da cheia de TR 2 anos), a tendência é que o vertedor funcione como um descarregador de fundo, promovendo a limpeza de sedimentos do reservatório, no mínimo anualmente.

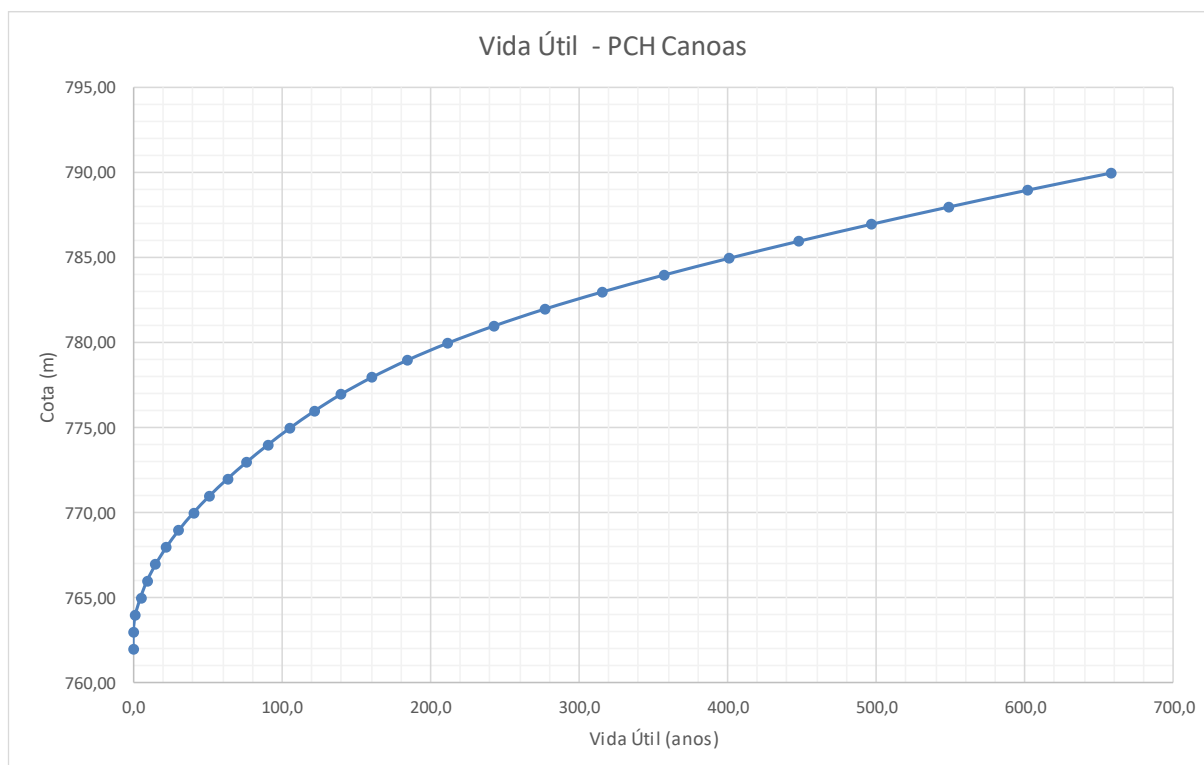
Quadro 63 - Vida Útil

COTA (m)	VOLUME TOTAL (m <sup>3</sup> )	VIDA ÚTIL (ANOS)
762,00	0,000	0,0
763,00	0,002	0,0
764,00	0,152	1,4
765,00	0,532	4,8



COTA (m)	VOLUME TOTAL (m³)	VIDA ÚTIL (ANOS)
766,00	1,023	9,2
767,00	1,690	15,1
768,00	2,489	22,3
769,00	3,425	30,7
770,00	4,496	40,3
771,00	5,707	51,1
772,00	7,051	63,1
773,00	8,515	76,3
774,00	10,083	90,3
775,00	11,768	105,4
776,00	13,599	121,8
777,00	15,630	140,0
778,00	17,963	160,9
779,00	20,604	184,5
780,00	23,634	211,6
781,00	27,071	242,4
782,00	30,911	276,8
783,00	35,199	315,2
784,00	39,853	356,9
785,00	44,819	401,4
786,00	50,048	448,2
787,00	55,525	497,2
788,00	61,246	548,5
789,00	67,220	602,0
790,00	73,451	657,8

Gráfico 42 - Vida Útil



## 5.2 Estudos Geológicos – Geotécnicos

### 5.2.1 Geomorfologia

#### 5.2.1.1 Aspectos Gerais

O conjunto de processos exógenos ocorrente sobre a porção superficial da crosta terrestre produz um mosaico de paisagens diversificadas formado por extensas áreas que se repetem de acordo com características climáticas e geológicas regionais. Estas áreas de paisagens semelhantes são denominadas, Domínios Morfoestruturais.

Monteiro (1958), estabeleceu para o estado de Santa Catarina quatro domínios morfológicos, vinculados essencialmente às grandes províncias geológicas.

O litoral, abrangendo formas de modelado continental-marinho; o Embasamento Cristalino exposto, representado por terrenos arqueanos proterozóicos e eopaleozóicos, situado no bordô oriental da Bacia do Paraná, no qual antigas estruturas orogênicas, estabilizadas, exibem feições derivadas de sucessivos períodos de denudação, basculamentos e falhamentos; a Cobertura Sedimentar de Plataforma, constituída de feições do tipo platôs, "cuestas" e formas tabulares esculpidas sobre as rochas da sequência gondwânica inferior por processos de desnudação periférica; e o Capeamento ou Planalto Basáltico - Arenítico, envolvendo os arenitos eólicos da Formação Botucatu e as eruptivas da Formação Serra Geral, sobre as quais se desenvolve um relevo planáltico cujos limites orientais, escarpados e fortemente dissecados por uma drenagem obsequente, constituem a Serra Geral.

De acordo com Herrmann & Rosa (1991), os Domínios Morfoestruturais “agrupam arranjos regionais de relevo, refletem importantes eventos tectono-estruturais e guardam relação causal com fatores paleoclimáticos”.

No Brasil, segundo Bigarella et al (1994), o Projeto RADAMBRASIL identificou quatro domínios: Domínio Morfoestrutural dos Depósitos Quaternários Inconsolidados, Domínio Morfoestrutural das Bacias Sedimentares e Coberturas Inconsolidadas Pliopleistocênicas, Domínio das Faixas de Dobramentos e Coberturas Metassedimentares Associadas e Domínio dos Embasamentos em Estilos Complexos.

Para este autor os Domínios Morfoestruturais caracterizam-se pela associação entre as tipologias litológicas e/ou sedimentológicas, com suas estruturas, constituições e coberturas vegetacionais associadas, sendo submetidos às alterações climáticas ocorridas ao longo dos tempos, modificando e determinando as formas superficiais dos modelados, condicionando processos posteriores de evolução ocorrentes nas paisagens e ocasionando, por vezes, uma intrincada sobreposição de formas (reliquias pretéritas) em um mesmo domínio atual.

Destas subdivisões resultam as Unidades Geomorfológicas (que segundo Rosa & Herrmann (1986) são em número de treze à saber: Planícies Litorâneas, Planícies Colúvio Sedimentar,

Planalto dos Campos Gerais, Planalto Dissecado Rio Iguaçu/Rio Uruguai, Patamares da Serra Geral, Depressão da Zona Carbonífera Catarinense, Patamares do Alto Rio Itajaí, Planalto de Lages, Patamar de Mafra, Serra do Mar, Planalto de São Bento do Sul e Serras do Tabuleiro/Itajaí.

O Quadro 64 e a Figura 27 apresentam, respectivamente, a hierarquização e a distribuição da geomorfologia no estado de Santa Catarina.

Quadro 64 - Taxionomia geomorfológica do estado de Santa Catarina

DOMÍNIO ESTRUTURAL	REGIÃO GEOMORFOLÓGICA	UNIDADE GEOMORFOLÓGICA
Depósitos Sedimentares	Planícies Costeiras	Planícies Litorâneas
		Planície Colúvio-Aluvionar
Bacias e Coberturas Sedimentares	Planalto das Araucárias	Planalto dos Campos Gerais
		Planalto do Dissecado Rio Iguaçu / Rio Uruguai
		Patamares da Serra Geral
		Serra Geral
	Depressão do Sudeste Catarinense	Depressão da Zona Carbonífera Catarinense
	Planalto Centro-Oriental de Santa Catarina	Patamares do Alto Rio Itajaí
Planalto de Lages		
Patamar Ocidental da Bacia do Paraná	Patamar de Mafra	
	Escarpas e Reversos da Serra do Mar	Serra do Mar
		Planalto de São Bento do Sul
Embasamento em Estilos Complexos	Serras do Leste Catarinense	Serras do Tabuleiro/Itajaí

Fonte: EMBRAPA, 2004.

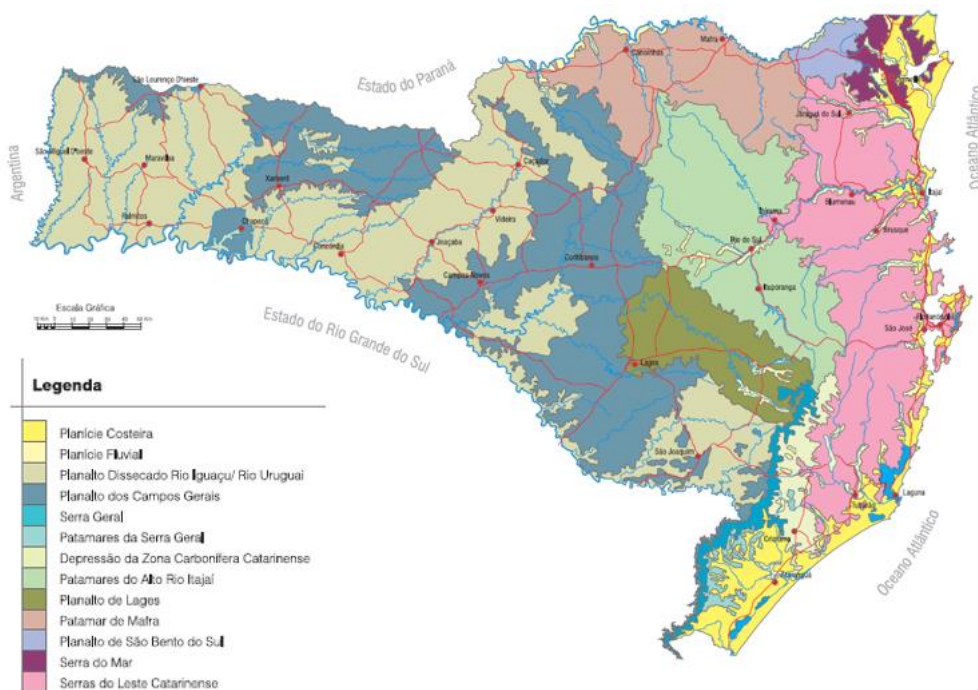


Figura 27 - Geomorfologia de Santa Catarina. Adaptado do Atlas Escolar de Santa Catarina (GAPLAN, 1986)

### 5.2.1.2 Aspectos Regionais

O Rio Canoas representa uma das mais importantes sub-bacias do Estado de Santa Catarina (Figura 28). A sub-bacia do rio Canoas está inserida na Bacia do rio Uruguai, e localiza-se no Planalto Meridional, no estado de Santa Catarina, compreendida entre os paralelos 26°47' e 28° de latitude sul e os meridianos 49°20' e 51°30' de longitude oeste, e limitada a leste pela Serra Geral. Tem largura média de 73,50 km, eixo maior com orientação NW-SE com 200 km, superfície total aproximada de 14.898 km<sup>2</sup> e altitudes variando entre 800 m e 1.000 m. O rio tem sua cabeceira no rebordo interior da escarpa da Serra Geral, em certos trechos com altitudes que ultrapassam 1200 metros, nascendo entre a Serra da Anta Gorda e a Serra da Boa Vista, ambas partes da Serra Geral, na divisa das cidades de Anitápolis, Santa Rosa de Lima e Bom Retiro, a cerca de 100 km do litoral, banhando os municípios de Urubici, Rio Rufino, Otacílio Costa, Correia Pinto, Ponte Alta, São José do Cerrito, Abdon Batista (um pouco antes do qual recebe as águas de seu afluente, o rio Caveiras), Anita Garibaldi, Celso Ramos (entre os quais recebe as águas do rio Inferno Grande). Após passar pelo município de Celso Ramos, encontra-se com o rio Pelotas, formando assim o rio Uruguai.

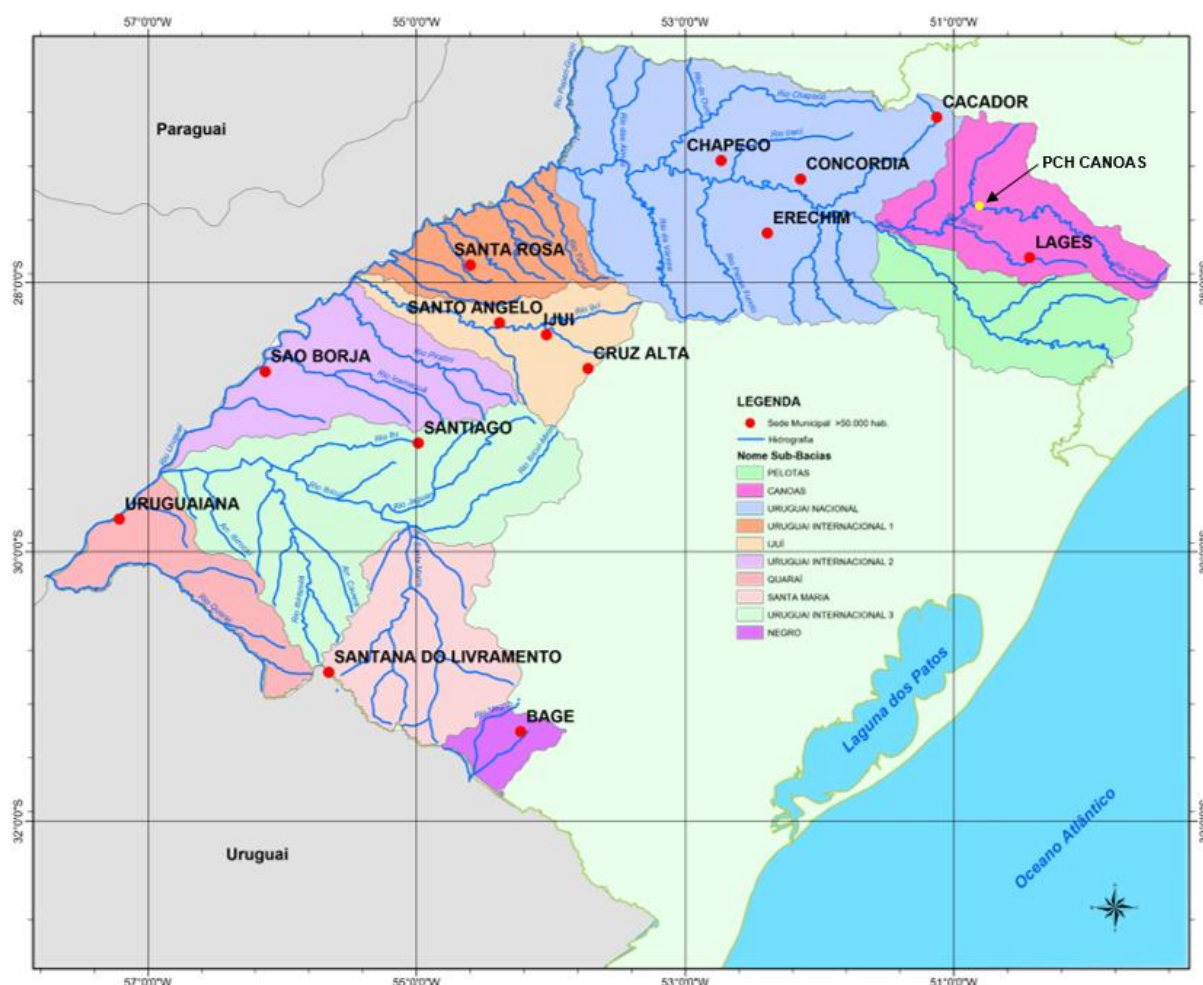


Figura 28 - Bacia Hidrográfica do rio Uruguai com Indicação da área de estudo. Fonte: Malha Municipal Digital do Brasil– IBGE. Caracterização da Região Hidrográfica do Uruguai

Com cerca de 500 km de extensão total, drenagem predominante de leste para oeste, o rio Canoas possui dois trechos com relevo e geologia bastante distintos, denominados Alto Canoas e Baixo Canoas, com 350 km e 150 km de extensão, respectivamente.

A região do Alto Canoas, onde está inserida a área de objeto deste relatório, possui relevo bastante suave, com formas tubulares e superfícies onduladas. Diferentemente, o Baixo Canoas possui relevo suave nos topos de planalto, passando a fortemente ondulado junto às drenagens principais, apresentando gradientes da ordem de 2 m/km, descendo da elevação 750 m até a elevação 450 m na confluência com o rio Pelotas.

A bacia do rio Canoas está inserida nos Domínio Morfoestrutural das Bacias e Coberturas Sedimentares da Província Paraná, compreendendo as regiões geomorfológicas do Planalto das Araucárias e do Planalto Centro Oriental de Santa Catarina, as quais englobam as rochas da Bacia do Paraná e as suas formas de relevo, esculpidas tanto nas litologias das formações sedimentares, bem como nas efusivas do vulcanismo de platô da Formação da Serra Geral.

A compartimentação geomorfológica da área de distribuição dos derrames basálticos corresponde à região geomorfológica denominada Planalto das Araucárias, enquanto a área da distribuição das rochas sedimentares corresponde à região geomorfológica do Planalto Centro-Oriental de Santa Catarina.

Na bacia do rio Canoas a região geomorfológica do Planalto das Araucárias abrange as unidades geomorfológicas: Planalto dos Campos Gerais, Planalto Dissecado do Rio Iguaçu - Rio Uruguai e Serra Geral. Já a região do Planalto Centro-Oriental de Santa Catarina é representada por suas 2 unidades geomorfológicas: Patamares do Alto Rio Itajaí e Planalto de Lages.

A PCH Canoas encontra-se no limite entre as unidades Planalto dos Campos Gerais e do Dissecado do rio Uruguai/Iguaçu.

O Planalto dos Campos Gerais, situada na porção centro norte, centro sul e oeste da bacia, corresponde cerca de 54% da área da bacia, é caracterizado por uma unidade descontínua formada de superfícies residuais de aplainamento de relevo de maiores cotas altimétricas (de aproximadamente 500 m a 1.200 m), com leve caimento natural para oeste, conservadas na forma de homoclinal nos interflúvios de rios principais. Em Santa Catarina, estas superfícies são representadas pelos planaltos da Serra de Chapecó que adentra ao Paraná na região de Palmas – Bituruna - Clevelândia, se estendendo até a Serra do Espigão, em Caçador, e São Joaquim.

As superfícies residuais do Planalto dos Campos Gerais são separadas por áreas pertencentes ao Planalto Dissecado do Rio Iguaçu - Rio Uruguai que acompanham o alinhamento destes rios principais até a borda dos planaltos. Representa cerca de 15% da bacia do Canoas, abrangendo a porção Sudoeste e pequenas porções no Oeste, no Norte e



a Sudeste da mesma. O relevo é bem dissecado com vales profundos e encostas que formam patamares, resultado de amplos processos de dissecação que atuaram na área associados em conjunto com fatores estruturais. Estes fatores são dados pela geologia da área, constituída por seqüências de derrames de rochas efusivas que se individualizaram por suas características morfológicas e petrográficas. Os modelados de dissecação apresentam-se intensamente cortados por vales e sulcos de profundidade variável em função da potência e do gradiente do rio.

A unidade geomorfológica Serra Geral situada em uma pequena porção ao leste da bacia, representando menos de 1% da área da mesma, refere-se, quase sempre, às bordas escarpadas e abruptas do Planalto dos Campos Gerais (também denominados de aparados da serra) situadas na borda leste, ou borda atlântica, na região das cabeceiras do rio Pelotas (divisa dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina) e do rio das Antas (Rio Grande do Sul) e na inflexão para oeste, de Osório a São Francisco de Assis, RS.

A unidade Patamares do Alto Itajaí, situada em uma pequena porção ao norte da bacia correspondendo menos de 1% da área da mesma, é caracterizado por áreas de intensa dissecação que configuram na unidade os patamares e os vales estruturais, como o vale do rio Itajaí do Norte. A presença de extensos patamares e relevos residuais de topo plano limitados por escarpas é devido às litologias de diferentes resistências à erosão, como os arenitos mais resistentes e os folhelhos mais friáveis.

O planalto de Lages, situado em na porção leste e correspondendo cerca de 29% da área da bacia, é caracterizado em sua maior parte por um relevo de dissecação homogênea que configura formas colinosas, porém, esta homogeneidade é quebrada pela presença de alguns relevos residuais, mapeados como morros testemunhos, onde se destaca o morro do Tributo que corresponde a uma intrusão alcalina. Em alguns trechos observa-se a presença de ressaltos topográficos, geralmente com frente voltada para sudeste. Esta unidade é drenada pela parte do Alto e Médio Canoas, que corresponde ao principal canal de drenagem da área. O Canoas apresenta faixa de acumulação fluvial correspondendo à planície e terraço que mostram maior expressividade em seu alto curso, a montante da localidade de Canoas.

A figura a seguir apresenta o mapa geomorfológico da bacia do rio Canoas.



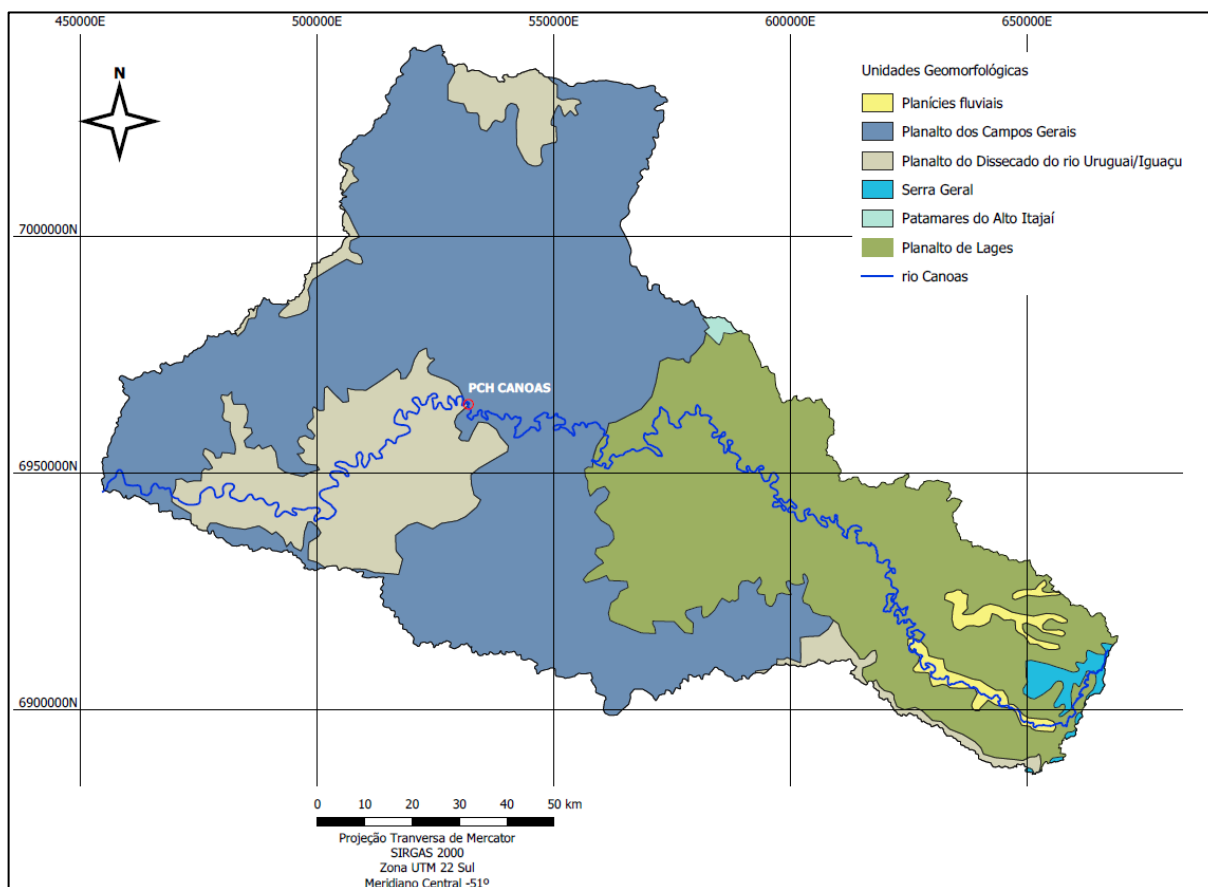


Figura 29 – Mapa geomorfológico da bacia do rio Canoas com indicação da PCH Canoas.

Fonte: Adaptado de GAPLAN (1986, pg. 43)

## 5.2.2 Geologia Regional

### 5.2.2.1 Ambientação Geológico-Estratigráfica

O rio Canoas desenvolve seu curso no ambiente geológico da Bacia Sedimentar do Paraná (ver desenho SCA-2C-DEGG-002 e 003), que engloba a porção S-SE do território brasileiro e ainda partes do Paraguai, Argentina e Uruguai, com uma área total de aproximadamente 1,4 milhões de km<sup>2</sup>.

As características geológicas são distintas entre o Alto Canoas e o Baixo Canoas. O primeiro é formado por rochas sedimentares do Grupo Passa Dois, principalmente das formações Rio do Rastro e Teresina, influenciadas pela ação dinâmica das intrusões alcalinas do Domo de Lajes e/ou expostas pela erosão regressiva dos basaltos sobrejacentes. O Baixo Canoas, por sua vez, em maior parte tem desenvolvimento pelos terrenos dos derrames de lavas (básicos e intermediários a ácidos) do Supergrupo São Bento apresentando os trechos mais elevados se desenvolvendo nas rochas sedimentares pertencentes às Formações Botucatu, Rio do Rasto, Teresina, Serra Alta e Palermo.

Além destas rochas, ocorrem os sedimentos jovens inconsolidados de idade Quaternária<sup>1</sup>. Correspondem a depósitos continentais de origem aluvionar formados por materiais de granulometria variada, desde cascalhos até argilas de planícies de inundações e/ou terraços aluvionares, e encostas topográficas. A PCH Canoas encontra-se inserida no trecho baixo do rio.

A Bacia do Paraná (Figura 30 e Figura 31) tem formato alongado na direção NNE/SSW, com aproximadamente 1.750 km de comprimento e largura média de 900 km. É uma bacia sedimentar do tipo intracratônica<sup>2</sup> com acúmulo de rochas sedimentares e vulcânicas, com idades variando entre o Ordoviciano<sup>3</sup> e o Cretáceo<sup>4</sup>. Em dois terços da porção brasileira, ocorrem derrames de lava basáltica que atingem aproximadamente 1.500 m de espessura. Os valores máximos de espessura da seqüência de rochas sedimentares e vulcânicas ultrapassam 6.000m.

Alguns autores (Almeida, 1980 e Zalán *et al*, 1988 e 1990) afirmam que o pacote de rochas sedimentares e vulcânicas que constituem a Bacia do Paraná representa a superposição de, no mínimo, três bacias diferentes, cujas geometrias e limites variam de uma para a outra em decorrência do movimento das placas tectônicas que conduziu a evolução do Gondwana<sup>5</sup> no tempo geológico. A primeira bacia, correspondente às seqüências Siluriana<sup>6</sup> e Devoniana<sup>7</sup>, teria sido depositada em um golfo aberto para o paleo-Oceano Pacífico. Já a segunda, que corresponde à seqüência Permo-Carbonífera<sup>8</sup>, típica de sinéclise<sup>9</sup> intracontinental, desenvolveu-se em mar interior. A fase de erupção das lavas corresponderia à “terceira bacia” do Paraná, de idade Jurássica<sup>10</sup>-Cretácea.

---

<sup>1</sup> Período geológico iniciado a 1,8 milhão de anos e estende-se até hoje. Período de modelagem de relevo, com sedimentação predominantemente mecânica não consolidada.

<sup>2</sup> Bacia sedimentar formada por uma depressão topográfica em área cratônica (tectonicamente estável). Durante a fase de sedimentação, as camadas depositadas, sedimentares e/ou vulcânicas, tendem a apresentar mergulhos centripetos.

<sup>3</sup> Período geológico da era Paleozóica que se estendeu de 500 a 435 Ma atrás.

<sup>4</sup> Período geológico mais novo da era Mesozóica que se estendeu de 135 a 65 Ma atrás.

<sup>5</sup> A porção sul do supercontinente Pangea, separada da porção norte (Laurásia) pelo oceano Tethys, durante o fim do Carbonífero a Permiano.

<sup>6</sup> Siluriano: Período geológico da era Paleozóica que se estendeu de 435 a 410 Ma atrás

<sup>7</sup> Devoniano: Período geológico da era Paleozóica que se estendeu de 400 e 360 Ma atrás

<sup>8</sup> Carbonífero: 360 a 286 Ma; Permiano: 286 a 245 Ma

<sup>9</sup> Ampla depressão sobre os crátons produzida por abatimento crustal lento ao longo de vários períodos geológicos

<sup>10</sup> Período geológico da era Mesozóica que se estendeu de 203 a 135 Ma atrás



Figura 30 - Mapa de distribuição da bacia do Paraná na América do Sul. Fonte: (QUINTAS et al., 1999)

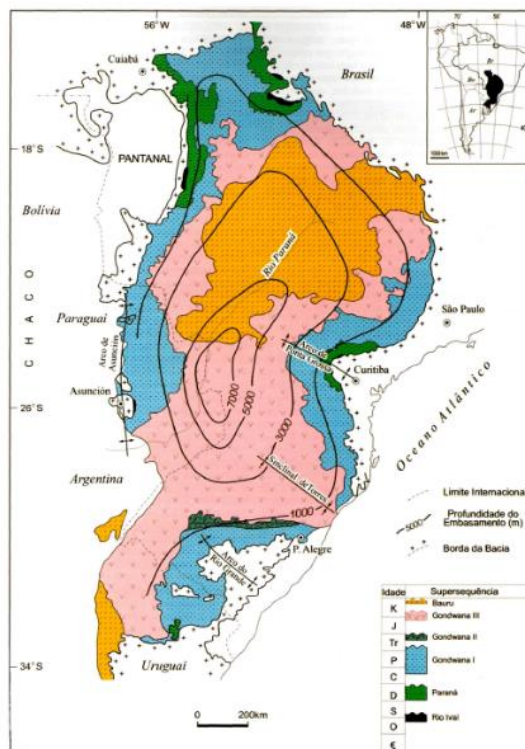


Figura 31 - Mapa geológico simplificado da Bacia Sedimentar do Paraná com o contorno do embasamento.

Fonte: (MILANI, 2004).

Cerca de 67% da área da bacia do rio Canoas é coberta pelas rochas vulcânicas do Supergrupo São Bento, de composição básica, intermediária a ácida distribuídas nas Formações Paranapanema, Campos Novos, Palmas, Gramado e no Grupo Serra Geral.

Estas rochas têm idade que remonta ao final do período Jurássico, há aproximadamente 140 milhões de anos, indo até o início do Cretáceo, há aproximadamente 120 milhões de anos. O pacote de rochas vulcânicas foi denominado originalmente de eruptivas Serra Geral por White (1908), sendo identificada como unidade estratigráfica por Gordon Jr. (1947). Associam-se geneticamente a eventos eruptivos tipicamente fissurais, com lavas correndo sobre o paleorelevo em direção ao quadrante oeste.

Recobrem sedimentos arenosos continentais eólicos que correspondem ao Aquífero Guarani. Na borda da Bacia do Paraná, também se posicionam sobre unidades paleozóicas e sobre o embasamento pré-cambriano.

Os derrames de lava possuem espessuras variáveis, desde aproximadamente 5 a 10 m a até mais de 100 m, e a espessura total dos diversos derrames sobrepostos atinge mais de 1.500 m no eixo da bacia. São geralmente sub-horizontais, com mergulhos ao redor de 0,5° a 1° nos homoclinais não perturbados tectonicamente. Sob influência de anomalias estruturais como domos, horsts<sup>11</sup>, grabens<sup>12</sup>, falhas, e do paleorelevo no interior da bacia, os ângulos de mergulho dos derrames podem se acentuar podendo atingir até mais do que 20°.

A estruturação interna de um derrame básico é peculiar e inerente ao processo de resfriamento que se processou das regiões limítrofes (topo e base) para o centro do derrame, dando origem à pelo menos três zonas distintas. A região central dos derrames, onde o resfriamento é relativamente mais lento, caracteriza-se por uma rocha compacta, comumente denominado basalto denso, ocupando geralmente dois terços da espessura total dos derrames normais. Nos derrames com trechos espessos de basalto denso ( $\geq 50$  m aproximadamente), a dinâmica de resfriamento pode dar origem a um conjunto de fraturas verticais associadas ao processo de “disjunção colunar”. Em direção aos limites de topo e base do derrame, outro sistema de fraturamento frequentemente observado é constituído por juntas de contração sub-horizontais provocadas pelo fluxo de lava e pelas tensões cisalhantes associadas.

No topo e na base dos derrames ocorre um resfriamento relativamente mais rápido do material rochoso que acaba por aprisionar os elementos e substâncias voláteis presentes na lava,

---

<sup>11</sup> Bloco de terreno elevado em relação ao território vizinho por ação de movimentos tectônicos.

<sup>12</sup> Depressão de origem tectônica formada quando um bloco fica afundado em relação ao terreno circundante em resultado dos movimentos combinados de falhas geológicas paralelas ou quase paralelas.

formando cavidades vazias (vesículas) ou preenchidas por minerais secundários (amígdalas). Esta porção do derrame é denominada basalto vesículo-amigdaloidal.

Nas regiões de contato entre derrames, ocorrem os trechos em brecha que são caracterizados por fragmentos do derrame de lava que vai se resfriando e consolidando da superfície para o interior e quando esta carapaça é quebrada, passa a ser envolvida pela lava líquida que continua a escoar.

Os pacotes de lavas assentam-se sobre os arenitos abruptamente, gerando muitas vezes *intertraps*, cuja origem parece estar relacionada a uma pausa no evento vulcânico, ou até mesmo na penetração do magma, na forma de *sills*, nos sedimentos pré-vulcânicos.

De maneira semelhante aos derrames basálticos, o perfil de um derrame vulcânico intermediário a ácido é caracterizado por 3 porções distintas. O trecho inferior ou basal é caracterizado por uma zona de brechas epiclásticas com fragmentos angulosos de basalto e/ou rochas intermediárias a ácidas, com 20 cm de comprimento, geralmente fortemente amigdaloidais, soldados por uma matriz vítrea de composição ácida. Esta porção é relativamente pouca expressiva e atinge de 1 a 5 m de espessura.

A porção intermediária ou principal é mais homogênea e corresponde a uma região de resfriamento e compactação sem evidências acentuadas de fluxo. Caracteriza-se por rochas maciças, por vezes com vesículas e/ou amígdalas levemente achatadas. Localmente ocorre bandamento ígneo horizontal com alternância de bandas claras e bandas escuras, possivelmente associado ao processo de resfriamento. O diaclasamento vertical é característico deste domínio.

A porção superior apresenta maior diversidade de estruturas, todas relacionadas ao processo de fluxo. No seu trecho basal, pode-se encontrar diaclasamento plano-paralelo cerrado com espaçamento de 10 a 20 cm, associado à movimentação do fluido magmático viscoso.

A PCH Canoas encontra-se inserida nas rochas basálticas da Fm. Gramado onde é comum observar intercalações frequentes com os arenitos da Fm. Botucatu (Supergrupo São Bento).

Os contatos da Formação Botucatu com as rochas efusivas do Supergrupo São Bento, que lhe sobrepõe, e com a Formação Rio do Rasto (Grupo Passa Dois), subjacente, são discordantes. Esta formação, juntamente com outras unidades gondwânicas, constitui-se no maior aquífero da América do Sul, conhecido como Aquífero Guarani.

A Formação Botucatu é constituída por arenitos bimodais, médios a finos, localmente grossos e conglomeráticos, com grãos arredondados ou subarredondados, bem selecionados. Apresentam cor cinza avermelhado e é freqüente a presença de cimento silicoso ou ferruginoso. Constituem expressivo pacote arenoso, com camadas de geometria tabular ou lenticular, espessas, que podem ser acompanhadas por grandes distâncias. No terço inferior,

apresenta finas intercalações de pelitos, sendo comuns interlaminacões areia-silte-argila, ocorrendo freqüentes variações laterais de fácies.

À medida que se dirige para o terço médio, desaparecem as intercalações pelíticas, predominando espessas camadas de arenitos bimodais, com estratificação acanalada de grande porte, indicando que as condições climáticas se tornavam gradativamente mais áridas, implantando definitivamente um ambiente desértico. A persistência de estruturas sedimentares, tais como estratificação cruzada acanalada de grande porte, estratificação cruzada tabular tangencial na base e estratificação plano-paralela, a bimodalidade dos arenitos, evidenciada por processos de “*grain fall*” e “*grain flow*” e, ainda, as freqüentes intercalações pelíticas, “*ripples*” de adesão e marcas onduladas de baixo-relevo, sugerem ambiente desértico com depósito de dunas e interdunas.

O Grupo Passa Dois é composto pelas formações Irati, Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto, no sentido da base para o topo da seqüência, estando todas estas unidades muito bem representadas em afloramentos, em Santa Catarina. Contudo, o Alto Canoas tem seu desenvolvimento pelos sedimentos basais do grupo.

A Formação Rio do Rasto corresponde a uma sucessão de camadas vermelhas, expostas nas cabeceiras do rio do Rastro, situado ao longo da estrada Lauro Müller - São Joaquim, em Santa Catarina, como a seção padrão desta formação. É subdividida em dois membros, o inferior, denominado Serrinha, e o superior, Morro Pelado. O contato entre os seus Membros Serrinha e Morro Pelado é concordante e gradacional.

O Membro Serrinha é constituído por arenitos finos, bem selecionados, intercalados com siltitos e argilitos cinza-esverdeados, amarronzados, bordôs e avermelhados, podendo localmente conter lentes ou horizontes de calcário margoso. Os arenitos e siltitos possuem laminação cruzada, ondulada, *climbing* e *flaser*, sendo, às vezes, maciços. As camadas siltico-argilosas mostram laminação plano-paralela. Os siltitos e argilitos exibem desagregação esferoidal bastante desenvolvida, a qual serve como um critério para a identificação desta unidade. Esta seqüência litológica resultou de avanços progradacionais clásticos de planícies de marés, caracterizando um ambiente de transição entre os depósitos de águas rasas da Formação Teresina e os continentais do Membro Pelado. As cores progressivamente mais avermelhadas do Membro Serrinha indicam, claramente, condições ambientais mais oxidantes da base para o topo da unidade.

O Membro Morro Pelado é constituído por lentes de arenitos finos, avermelhados, intercalados em siltitos e argilitos arroxeados. O conjunto mostra também cores em tonalidades verdes, chocolate, amareladas e esbranquiçadas. Suas principais estruturas sedimentares são a estratificação cruzada acanalada, laminação plano-paralela, cruzada, e de corte e



preenchimento. As camadas apresentam geometria sigmoidal ou tabular. O ambiente deposicional deste membro é considerado como estritamente continental, flúvio-deltáico.

A deposição da Formação Rio do Rasto é atribuída inicialmente a um ambiente marinho raso (supra a infra-maré) que transiciona para depósitos de planície costeira (Membro Serrinha) e passando posteriormente à implantação de uma sedimentação flúvio-deltáica (Membro Morro Pelado). O contato com a Formação Botucatu (Grupo São Bento), sobrejacente é por discordância erosiva, e transicional com a Formação Teresina, que lhe é subjacente.

A Formação Teresina é constituída por argilitos, folhelhos e siltitos cinza-escuros e esverdeados, ritmicamente intercalados com arenitos muito finos, cinza-claros de idade permiana superior. Quando alterada, esta unidade mostra cores diversificadas em tons cremes, violáceos, bordôs e avermelhados. Comumente apresenta lentes e concreções carbonáticas, com formas elípticas e dimensões que podem atingir 2 m de comprimento por 80 cm de largura. As principais estruturas sedimentares encontradas nesta seqüência são a laminação *flaser*<sup>13</sup>, plano-paralela, ondulada e convoluta, estratificação *hummocky*<sup>14</sup>, marcas onduladas e gretas de contração. As características litológicas e estruturas sedimentares exibidas por esta formação indicam uma deposição em ambiente marinho de águas rasas e agitadas, dominado por ondas e pela ação de marés (infra-maré a supra-maré). Os contatos da Formação Teresina com a Formação Rio do Rasto, que lhe sobrepõe, e com a Formação Serra Alta, subjacente, são transicionais.

A Formação Serra Alta compreende uma seqüência de folhelhos e siltitos cinza-escuros a pretos, tendo como principal estrutura a fratura conchoidal. Quando intemperizados mostram cores cinza-claro a cinza-esverdeado, e amareladas. Normalmente são maciços ou possuem uma laminação plano-paralela incipiente, às vezes micáceos. Localmente, contêm lentes e concreções calcíferas, com formas elipsoidais que podem alcançar até 1,5 m de comprimento com 50 cm de largura.

A Formação Irati, segundo Schneider et al. (1974), está dividida nos membros Taquaral e Assistência, sendo o primeiro caracterizado por siltitos e folhelhos cinza-claros e azulados e de deposição em ambiente marinho de águas calmas, abaixo do nível das ondas. Enquanto o segundo, constituído por folhelhos cinza-escuros nos quais se intercalam folhelhos pretos pirobetuminosos associados a horizontes de calcários creme e cinza-escuros, dolomíticos. São de ambiente marinho de águas calmas. Esta formação encontra-se em contato

---

<sup>13</sup> Estrutura lenticular alongada de argila formada pela deposição de lama em calhas das marcas de onda ou de corrente durante fases de quiescência da correnteza ou das oscilações de ondas e que, posteriormente, são recobertas por novas deposições de areia cobrindo essas lentes e originando laminações cruzadas.

<sup>14</sup> Hummocky ou tempestito: tipo de rocha sedimentar formada por ação de ondas de tempestade



transicional com a Formação Serra Alta que lhe sobrepõe e com a Formação Palermo que que lhe é subjacente.

As rochas do Grupo Guatá identificadas na bacia do rio Canoas são caracterizadas pelas formações Palermo e Rio Bonito. A Formação Palermo é constituída por uma sequência de siltitos cinzas amarelos, com intensa bioturbação e raras lentes de arenitos finos a conglomeráticos. O intervalo basal da Formação Palermo, em algumas áreas da Bacia do Paraná, é formado predominantemente por uma interlaminação de silte e areia fina a muito fina com laminação ondulada "wavy", "linsen", localmente "flaser", formando um conjunto com intercalações de leitos e lentes de arenitos finos a médios, ortoquartzíticos, com marcas de onda. Neste conjunto são encontradas estratificações onduladas "hummockies" e pequenas lentes de conglomerados de grânulos com abundante cimento carbonático. O contato com os sedimentos litorâneos da Formação Rio Bonito é normalmente concordante, porém abrupto, frequentemente de caráter erosivo.

A Formação Rio Bonito, segundo Schneider et al. (1974) é subdividida nos membros Triunfo, Paraguaçu e Siderópolis.

O Membro Triunfo encontra-se na porção basal da Formação Rio Bonito, constituído por arenitos e conglomerados cinza-claro. As principais estruturas sedimentares são representadas por estratificações paralelas, cruzadas tabulares e acanaladas. Secundariamente ocorrem folhelhos, argilitos e siltitos cinza-escuro a pretos, carbonosos, leitos e camadas de carvão (Camada Bonito) comercialmente explotadas na Região Carbonífera de Santa Catarina. Este conjunto litológico representa o sistema deltaico, com domínio fluvial progradante sobre os lamitos do pró-delta, representados pelo Grupo Itararé.

O Membro Paraguaçu recobre abruptamente o Membro Triunfo e constitui a porção central da Formação Rio Bonito, sendo caracterizado por uma sedimentação predominantemente pelítica representada por siltitos e folhelhos cinza a esverdeados e subordinadamente arenitos finos exibindo laminação plano-paralela e ondulada e bioturbação. Representa um fácies marinho transgressivo sobre os arenitos flúvio-deltaicos do Membro Triunfo, culminando com o afogamento do sistema deltaico implantado anteriormente.

O Membro Siderópolis recobre o Membro Paraguaçu e constitui o terço superior da Formação Rio Bonito, sendo caracterizado por um espesso pacote de arenitos com intercalações de siltitos, folhelhos carbonosos e carvão (Camada Barro Branco) amplamente explotado na Região Carbonífera de Santa Catarina. Apresenta comumente laminação plano-paralela, truncada por onda cruzada cavalgante (climbing) acamadamento "flaser" e "drapes" de argilas, bioturbação e fluidização, "wavy", "linsen" e "hummocky".

Esta seqüência foi depositada em ambiente litorâneo que progradou sobre a sedimentação marinha do Membro Paraguaçu. Os arenitos representam depósitos de barras e barreiras,

com interdigitações de sedimentos flúvio-deltaicos tendo os sedimentos carbonosos sido originados em lagunas e mangues costeiros, posteriormente recobertos por areias litorâneas.

A Formação Taciba constitui a parte superior do Grupo Itararé, composta por conglomerados polimíticos, arenitos finos a grossos com estratificação cruzada, plano paralela e maciça, localmente conglomeráticos. Alternância de folhelhos e siltitos com grânulos, seixos e matações pingados. Ambiente deposicional marinho com influência glacial.

Afetando o desenvolvimento do Alto Canoas existe uma importante estrutura geológica denominada Domo de Lages. Esta estrutura de idade neo-Cretácea é caracterizada pela formação de uma janela estratigráfica onde as unidades mais antigas da Bacia do Paraná afloram em cotas similares às das formações mais relativamente mais novas (Roldan, 2007)<sup>15</sup>. O Domo de Lages apresenta-se em planta como uma forma grosseiramente concêntrica, alongada na direção NW-SE, expondo na parte central as unidades do Grupo Itararé, e em direção às bordas, as unidades cada vez mais jovens. O fechamento da estrutura se dá com a ocorrência da Formação Serra Geral, a sul e a oeste, e com a Formação Rio do Rastro ao norte e a leste.

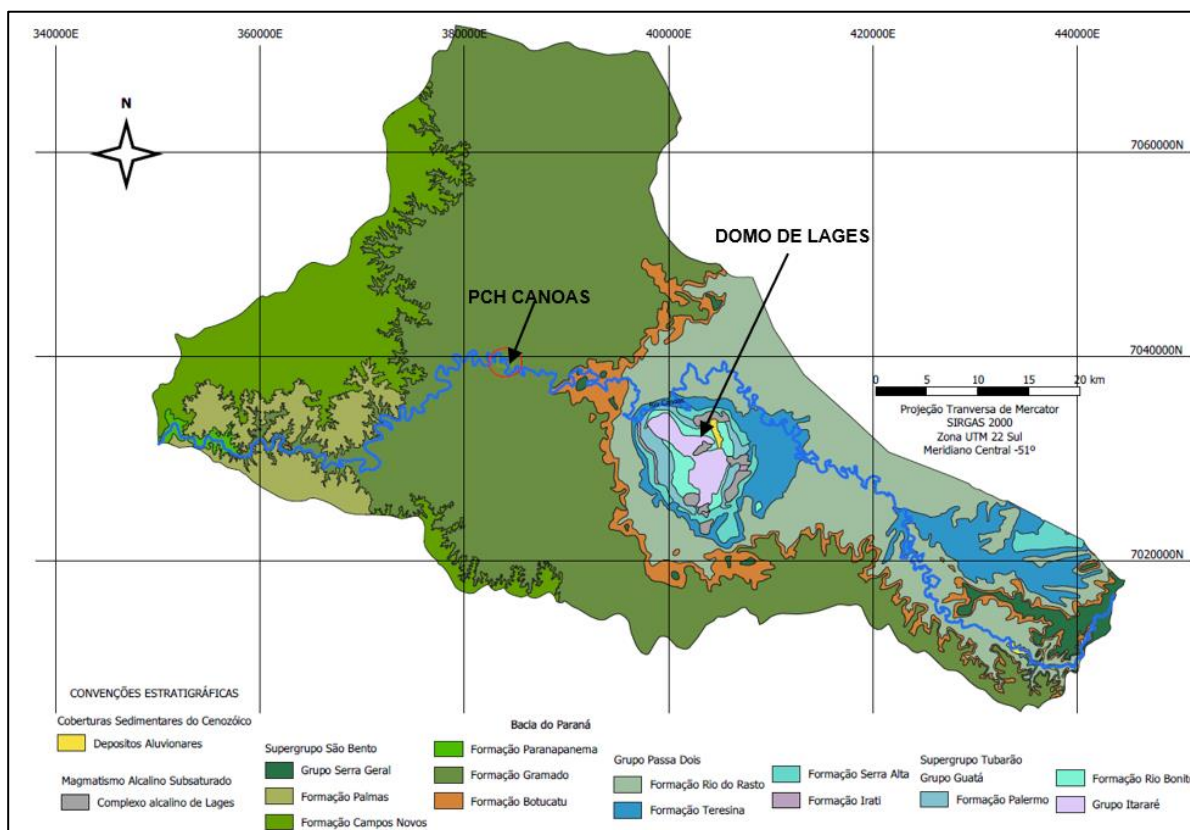


Figura 32 – Mapa Geológico da bacia do rio Canoas. Adaptado (CPRM, 2014)

<sup>15</sup> Tectônica Rúptil Meso-Cenozóica na Região do Domo de Lages, SC. Dissertação de Mestrado – USP, SP

### 5.2.2.2 Compartimentação Estrutural Regional

No Domínio da Bacia do Paraná, as macro-feições e lineamentos geo-estruturais orientam-se segundo três padrões principais: NW-SE, NW-SW e E-W conforme pode ser observado na Figura 32.

As feições lineares com direção NW promoveram o condicionamento de milhares de corpos ígneos intrusivos e a extrusão dos derrames e lavas, sendo típica a ocorrência de grandes diques e deformações associadas. Estas falhas foram fortemente reativadas durante o fraturamento juro-cretáceo do Gondwana, que foi o mais forte da bacia. Além da reativação destas falhas criaram-se várias outras falhas paralelas a esta direção, promovendo o condicionamento de corpos ígneos intrusivos e o derrame mais volumoso de lavas basálticas e ácidas, além do complexo desenvolvimento do Arco de Ponta Grossa.

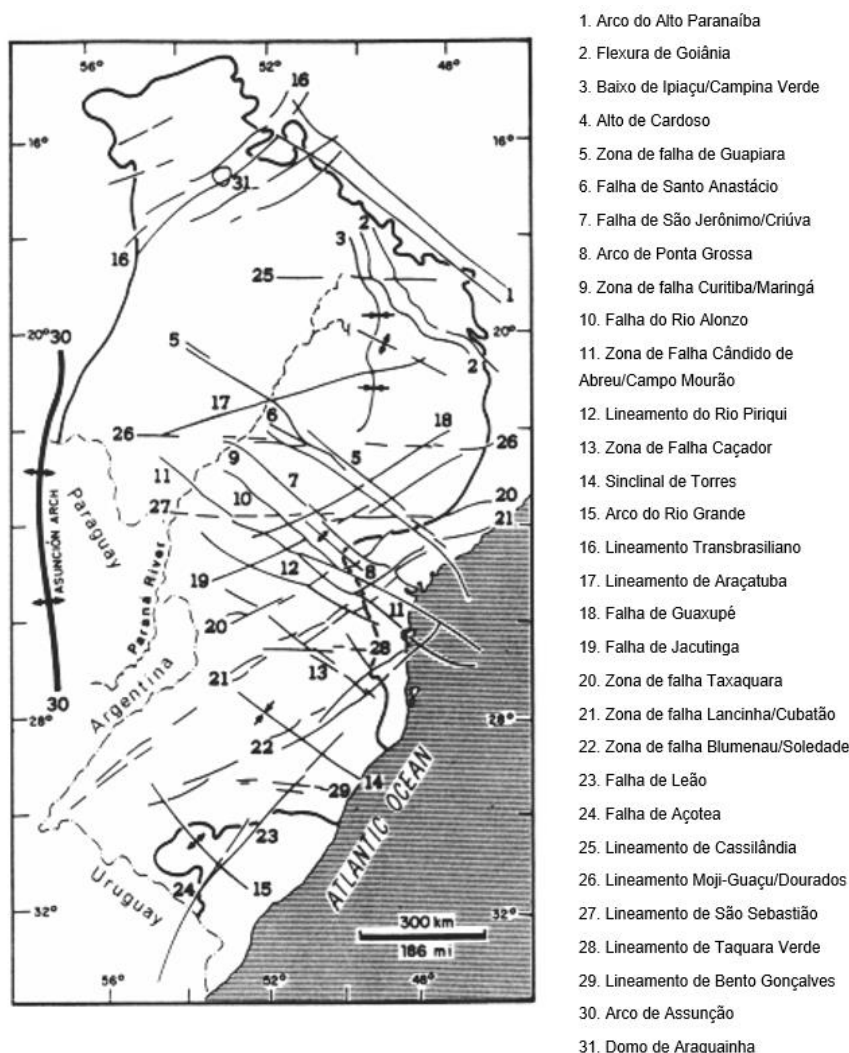


Figura 33 – Arcabouço estrutural da Bacia Sedimentar do Paraná. Fonte: (ZALÁN et al., 1990)

As feições lineares com direção NE são constituídas ou por uma única falha, ou por uma zona de falhas retilínea. Há ausência de diques e de suas deformações associadas.

As feições lineares E-W tiveram seu desenvolvimento a partir do triássico. Esta idade, aliada ao paralelismo com as zonas de fraturas oceânicas, sugerem uma ligação com o desenvolvimento do Atlântico.

A análise da compartimentação geo-estrutural, na área da bacia do rio Canoas, foi elaborada com base em informações de imagens de satélite, fotos aéreas e planta topográficas regionais em conjunto com as observações realizadas no sítio da PCH Canoas.

Desta forma, verificou-se que o rio Canoas tem desenvolvimento geral no sentido E-W, desde a nascente até sua confluência no rio Pelotas. O rio Canoas apresenta estruturação em canais meandantes e recebe forte influência de duas principais direções geo-estruturais NE-SW e NW-SE, assim como seus principais tributários e seus talwegues menores.

As drenagens existentes tanto na porção sul quanto na porção norte da bacia do rio Canoas apresentam características geométricas classificadas como dendríticas e anastomosadas com desenvolvimento geo-estrutural nas direções NE-SW e NW-SE, ocorrendo alguns talwegues na direção N-S.

Os lineamentos mais influentes têm direção NE-SW e NW-SE, mas também são observados lineamentos segundo as direções NNE-SSW e NNW-SSE nos trechos altos e baixos da bacia.

A Figura 34 apresenta o diagrama de roseta com a distribuição e orientação das direções estruturais identificadas na bacia do rio Canoas.

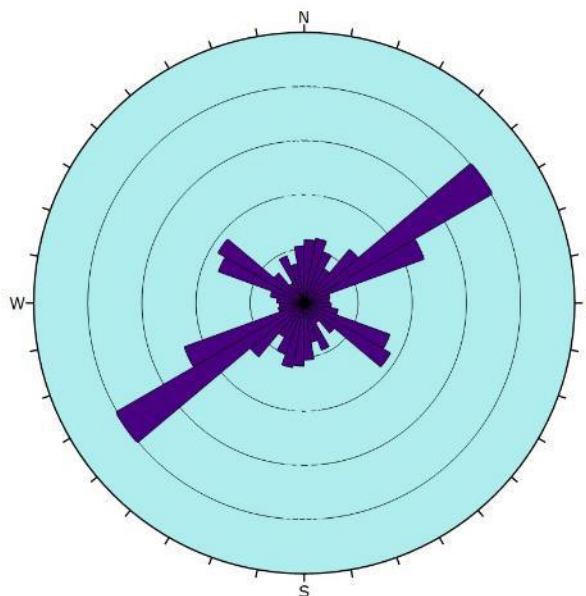


Figura 34 - Diagrama de roseta com as principais direções de lineamentos da bacia do rio Canoas

De acordo com o diagrama de rosetas verifica-se que os lineamentos mais expressivos se encontram segundo as direções N50°-60° E e, secundariamente N45°-70° W.



Conforme as informações já conhecidas a respeito da estruturação interna dos maciços basálticos do Supergrupo São Bento, é possível estimar que grande parte destes alinhamentos se apresentem com mergulho subvertical.

O sistema de fraturamento sub-horizontal tem ocorrência associada à região de contato entre derrames. Por isso, sua influência sobre as escavações será considerada especialmente onde estas interceptam regiões de contato e respectivas adjacências.

O Des.SCA-2C-DEGG-004 apresenta o mapa com os lineamentos estruturais da bacia do rio Canoas.

### 5.2.2.3 Ambientação Tectônica

No início da abertura do Atlântico Sul e rifteamento do Continente Gondwana, todo o conjunto de rochas da Bacia do Paraná foi cortado por faixas ou zonas rúpteis de idade Mesozóica, formando novas zonas de falhas cisalhantes conjugadas de direção N0°-10°E e N60°-70°E, com fraturas abertas e falhas normais de direção N30°-40°E e N20°-50°W, sendo que algumas zonas de cisalhamento Proterozóicas, pré-formadas e com direção semelhante, foram reativadas nesse processo. A tectônica regional reflete, portanto, a dinâmica de subsidência lenta e progressiva acompanhada de inúmeras falhas normais, cisalhantes por onde o magma básico ascendeu à superfície na forma de vulcanismo fissural.

A Figura 35 mostra a distribuição dos eventos sísmicos na América do Sul.

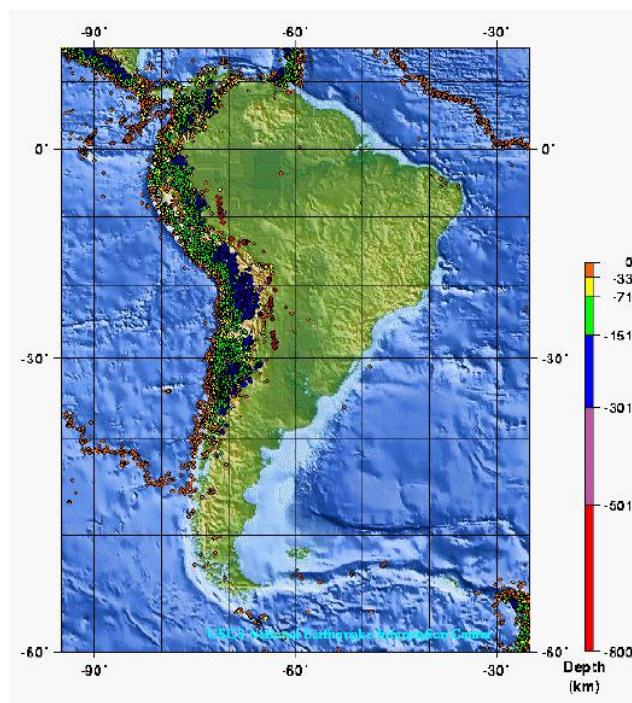


Figura 35 - Distribuição dos eventos sísmicos na Placa Sul-Americana.

Por anos acreditava-se que o Brasil estivesse a salvo dos terremotos por não estar sobre os contatos ou bordas das placas tectônicas, pois o movimento dessas placas está entre as principais causas dos terremotos naturais. No entanto, sabe-se que os terremotos podem ocorrer inclusive nas regiões intraplacas, como é o caso do território brasileiro, situado no interior da Placa Sul-Americana. Nessas regiões, os tremores são relativamente mais suaves, menos intensos que aqueles associados ao contato entre placas. Assim, os eventos sísmicos que ocorrem no Brasil decorrem da existência de descontinuidades ou falhas geológicas e/ou são reflexos de sismos com epicentro em outros países da América Latina, mas ainda assim é significativa dado o acúmulo histórico de eventos sísmicos ou tremores com magnitude acima de 5,0.

As regiões que apresentam o maior número de falhas potencialmente condicionantes de sismos são Sudeste e Nordeste, seguidas pelo Norte e Centro-Oeste e por último a região Sul. Entretanto, o Nordeste é a região com maior incidência de abalos sísmicos, principalmente nos Estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Pernambuco.

No Brasil, os sismos começaram a ser sistematicamente monitorados com precisão a partir de 1968, quando houve a instalação de uma rede mundial de sismologia, ocasião na qual Brasília foi escolhida para sediar o arranjo sismográfico da América do Sul. Atualmente no Brasil encontram-se instaladas 60 estações sismográficas sendo 10 monitoradas pela Universidade de Brasília, 20 monitoradas pelo IPT-USP, 16 monitoradas pela UFRN e 14 monitoradas pelo Observatório Nacional.

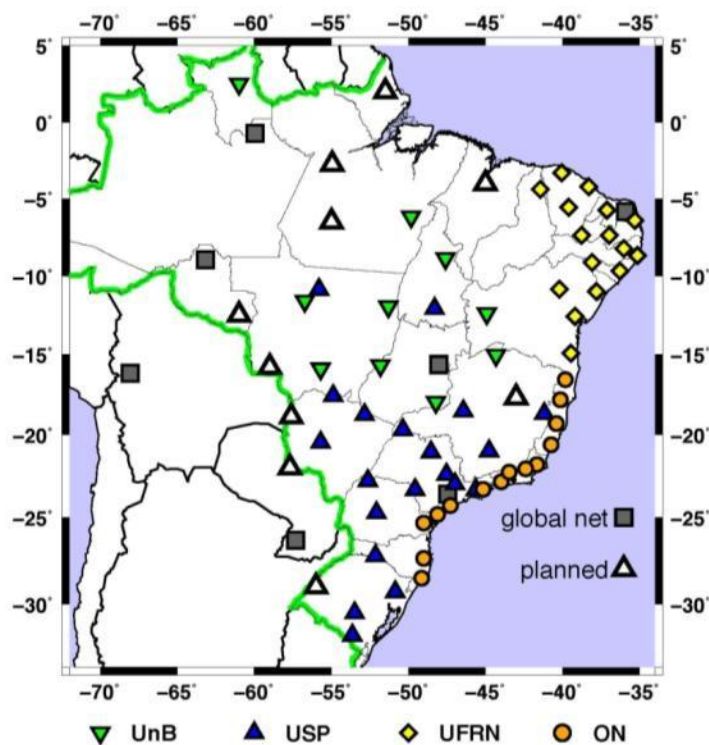


Figura 36 – Distribuição das estações sismográficas instaladas no território nacional (Fonte IPT-USP)

A Figura 37 identifica os locais de ocorrência de tremores naturais, com magnitude maior 3,0 desde o período colonial até agosto de 2013. Os círculos identificam os epicentros de eventos relativamente mais recentes registrados por sismógrafos.

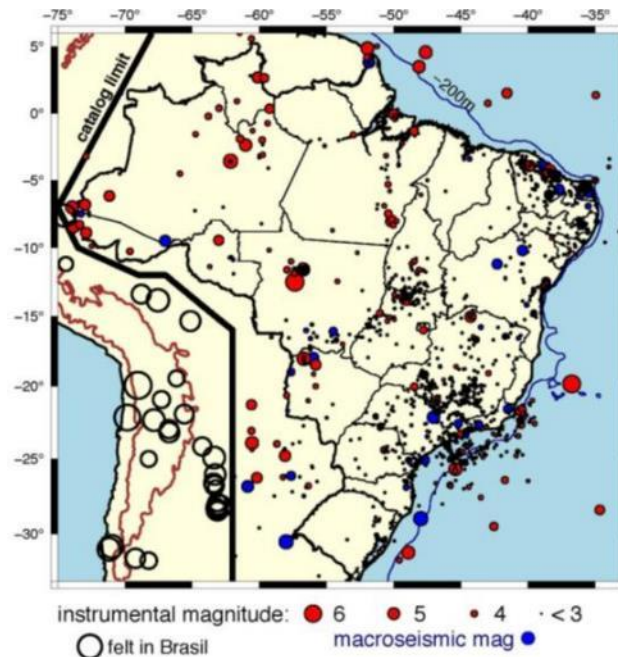


Figura 37– Mapa do Brasil com a localização dos eventos sísmicos já registrados desde 1720 até agosto de 2013 (Fonte IPT-USP)

O Brasil está geologicamente situado no interior da Placa Tectônica Sul-Americana, onde a sismicidade é relativamente mais branda em relação às regiões de borda ou limites de placa, porque o acúmulo de esforços tectônicos ocorre de forma mais lenta. A grande parte dos sismos brasileiros é de pequena magnitude (4,5). Comumente, eles ocorrem à baixa profundidade (30 km) e, por isso, são sentidos até poucos quilômetros do epicentro. Na região sul, apenas são detectados sismos com magnitude 3 e 3,5, sismos com magnitudes menores podem passar despercebidos se estiverem longe das estações sismográficas.

A bacia sedimentar do Paraná, em função de aspectos inerentes ao seu posicionamento geotectônico atual, é considerada uma típica bacia sedimentar intracratônica, suportada por um embasamento consolidado, em um domínio crustal caracterizado por elevada resistência a esforços originados em margens de placas tectônicas.

Além dos sismos naturais de origem tectônica, existem também aqueles abalos associados à atividade antrópica e às respectivas acomodações de camadas em subsuperfície que são geralmente localizados e de pequena intensidade, conhecidos como sismos induzidos.

Normalmente, sismos induzidos são de pequena magnitude<sup>16</sup> e de pequena intensidade. As obras de engenharia indutoras de abalos são aquelas que agregam grandes massas de peso

<sup>16</sup> Medida da quantidade de energia liberada pelo terremoto no seu hipocentro ou ponto de origem (Escala Richter).



ou que alteram a morfologia do terreno nas proximidades de discontinuidades geológicas, acumulando tensões nestas áreas relativamente fragilizadas.

A medição do potencial de destruição dos sismos é através da intensidade, a qual se reporta ao comportamento e danos em objetos, edificações, obras de engenharia, pessoas etc. Para medição da intensidade, a escala de Mercalli Modificada (Quadro 65) é a mais utilizada no território nacional.

Quadro 65 – Escala de Intensidade de sismos - Mercatelli Modificada

Intensidade	Descrição
I	Nenhum movimento é percebido
II	Algumas pessoas podem sentir o movimento se elas estão em repouso e/ou em andares elevados de edifícios
III	Diversas pessoas sentem um movimento leve no interior de prédios. Os objetos suspensos se mexem. No exterior, no entanto, nada se sente.
IV	No interior de prédios, a maior parte das pessoas sentem o movimento. Os objetos suspensos se mexem, e também as janelas, pratos, amação de portas.
V	A maior parte das pessoas sente o movimento. As pessoas adormecidas se acordam. As portas fazem barulho, pratos se quebram, quadros mexem objetos deslocam oscilam transbordar quadros se mexem, pequenos se deslocam, árvores oscilam, líquidos em recipientes abertos podem transbordar.
VI	Todo mundo sente o terremoto. As pessoas caminham com dificuldade, os objetos e quadros caem, o revestimento dos muros pode rachar, árvores e os arbustos são sacudidos. Danos leves podem acontecer em imóveis mal construídos, mas nenhum dano estrutural.
VII	As pessoas têm dificuldade de se manter em pé, os condutores sentem seus carros sacudirem, alguns prédios podem desmoronar. Tijolos podem se desprender dos imóveis. Os danos são moderados em prédios bem construídos, mas podem ser importantes no resto.
VIII	Os motoristas têm dificuldade em dirigir, casas com fundações fracas tremem, grandes estruturas, como chaminés e prédios podem se torcer e quebrar. Prédios bem construídos sofrem danos leves, contrariamente aos outros, que sofrem severos danos. Os galhos das árvores se quebram, colinas podem ter fissuras se a terra está úmida e o nível d'água nos poços artesianos pode se modificar.
IX	Todos os prédios sofrem grandes danos. As casas sem alicerces se deslocam. Algumas canalizações subterrâneas se quebram, abrem-se fendas na terra.
X	A maior parte dos prédios e suas fundações são destruídos, assim como algumas pontes. As barragens são significativamente danificadas. A água é desviada de seu leito, largas fendas aparecem no solo, os trilhos das ferrovias entortam.
XI	Grandes partes das construções desabam, as pontes e as canalizações subterrâneas são destruídas.
XII	Quase tudo é destruído. O solo ondula. Rochas podem se deslocar.

Sabe-se que a ocorrência de grandes reservatórios pode desencadear estes abalos. O reservatório formado pela construção de um barramento conduz a alteração das condições estáticas das formações rochosas em virtude do peso de massa de água e pela ocorrência de infiltrações de fluido que causam pressões internas nas camadas de rochas profundas. Esta combinação pode desencadear distúrbios tectônicos e eventualmente a geração de sismos em locais com maiores condições como onde ocorrem falhas e esforços orientados. Este efeito pode levar meses ou anos para alcançar distâncias não muito longas, dependendo da permeabilidade do solo e das condições de fraturamento das rochas.

A água também tem ainda o papel de agente químico, ao hidratar ela enfraquece o material e favorecendo a formação de novas fissuras, que levam o líquido a penetrar ainda mais profundamente no interior de um maciço rochoso.

A resposta sísmica dos reservatórios foi classificada em duas categorias: (i) "sismicidade inicial" e (ii) "sismicidade de estado estável". O primeiro caso se refere à resposta transitória que ocorre logo após o enchimento inicial do reservatório ou está relacionado com uma grande variação do nível de água, sendo observado extensamente. O segundo caso é mais raro e ocorre alguns anos depois do enchimento inicial, com sismicidade associada mais duradoura. Entre estes dois casos, existe uma grande variação de tipologias e manifestações, dependendo dos detalhes particulares de cada reservatório. A manifestação dos sismos induzidos por reservatórios - SIR no Brasil apresenta uma grande variabilidade, mas algumas características são predominantes, tais como: a maioria dos eventos são do tipo "sismicidade inicial", isto é, se manifesta em menos de 3 anos após o enchimento do lago; há também evidências de que a sismicidade de alguns reservatórios comporta-se de maneira repetitiva, o que nós chamamos de "ciclo repetitivo".

Há que se destacar que não se tem registro de que um sismo induzido com intensidade maior que grau V (Mercalli Modificado) em reservatórios de usinas hidrelétricas brasileiras. Até o momento, os maiores eventos de sismos induzidos foram observados nos reservatórios de Porto Colômbia-Volta Grande e Nova Ponte, e nenhum desses eventos provocou quaisquer tipos de danos materiais consideráveis em construções sólidas. Cita-se ainda que existem casos nos quais o monitoramento sísmológico mostrou que a sismicidade natural local decresceu após o enchimento do reservatório.

Os primeiros estudos sísmológicos na bacia do rio Uruguai foram efetuados a partir de 1989 quando, por convênio celebrado entre a Eletrosul e a Fundação Universidade de Brasília, foram iniciados os estudos para seleção dos locais adequados à instalação das estações sísmográficas na área de influência do reservatório da UHE Itá. Tais avaliações sísmológicas foram consideradas no presente estudo por se constituírem as primeiras investigações realizadas na região, e cujo monitoramento se faz até os dias atuais. O monitoramento das condições sísmológicas da região vem sendo realizado através de uma rede composta de

cinco estações sismográficas, que entraram em operação antes do enchimento do reservatório da UHE Itá, sendo elas:

- IT1 – na cidade de Itá, junto à obra;
- IT4 - na localidade de Mariano Mouro;
- IT5 – na cidade de Concórdia, próximo à ponte da BR-153
- IT9 – na cidade de Concórdia, próximo à vila Presidente Kennedy
- MC1 – na cidade de Marcelino Ramos, próximo ao barramento da UHE Machadinho

A Figura 38 mostra a localização das estações sismológicas na região do reservatório da UHE Itá. Como resultado destes estudos, tem sido observada a ocorrência de sismos induzidos pela formação dos reservatórios, sem que qualquer deles tenha superado a marca de 2,0 graus na escala Richter e III na escala Mercalli Modificada.

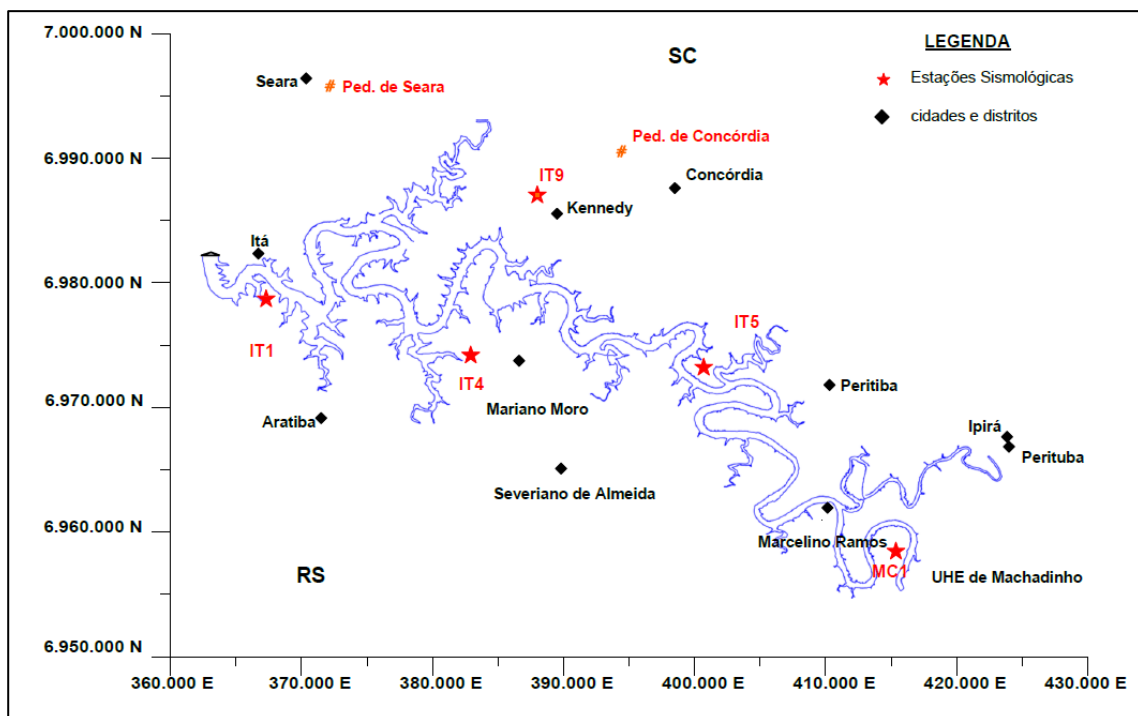


Figura 38 - Localização das Estações Sismológicas na Região do Reservatório da UHE Itá (Fonte: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo)

A sismicidade registrada tem sido classificada como microtremores ou tremores fracos. Estudos mostram que tremores com esta ordem de magnitude e intensidade, embora sentidos pela população local, não provocam danos às construções civis, nem mesmo de grande porte, como é o caso das barragens.

As Pequenas Centrais Hidrelétricas, contudo, possuem caracteristicamente um reservatório pequeno em relação àqueles reservatórios de usinas hidrelétricas onde já foi constada a

ocorrência de sismos induzidos. Assim, estima-se que é baixo o risco de ocorrência de sismos induzidos pelo enchimento do reservatório da PCH Canoas.

### 5.2.3 Processos Minerários

Os recursos minerais, por princípio constitucional, são propriedade distinta do solo e pertencem à União, conforme previsto no Artigo 176 da Constituição Federal de 1988. O Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) é o órgão responsável por autorizar o aproveitamento dos recursos minerais aos interessados cujo requerimento tenha por objeto área considerada livre para a finalidade pretendida, à data de protocolização do pedido. A diversidade de substâncias minerais, o grau de dificuldade de seu aproveitamento, o destino da produção obtida, além de aspectos de caráter social definiram as diversas modalidades legais ou regimes de aproveitamento dos recursos minerais abaixo relacionados:

*Regimes de Autorizações e Concessões* – previstos para todas as substâncias minerais;  
*Regime de Licenciamento* – alternativo para substâncias de emprego imediato na construção civil, argila vermelha, e calcário para corretivo de solos; e facultado exclusivamente ao proprietário do solo ou a quem dele obtiver expressa autorização;

*Regime de Permissão de Lavra Garimpeira* – aplicado ao aproveitamento das substâncias minerais garimpáveis;

*Regime de Extração* – restrito a substâncias de emprego imediato na construção civil, por órgãos da administração direta ou autárquica da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, para uso exclusivo em obras públicas por eles executadas diretamente (BRASIL, 2017a, p. 7).

Em todos os regimes de aproveitamento citados anteriormente “[...] o objetivo é a obtenção de um título que credencie seu possuidor ao aproveitamento do recurso mineral, documento este emitido, no caso do primeiro regime, na esfera do Ministério de Minas e Energia, e nos demais casos, no próprio DNPM”. (BRASIL, 2017a, p. 7).

Os regimes de Extração e de Permissão de Lavra Garimpeira atendem a públicos bastante específicos: órgãos governamentais e garimpeiros, respectivamente. Outros usuários, como aqueles interessados em substâncias minerais metálicas, substâncias destinadas à industrialização e em água mineral, têm obrigatoriamente de utilizar o Regime de Autorização e Concessão (BRASIL, 2017a, p. 7).

Através da pesquisa de títulos minerários registrados no DNPM, no dia 18 de junho de 2018 foi constatado que há 611 processos minerais ativos em diversas fases para exploração de bens minerais, além de 30 processos de áreas consideradas disponíveis.

A Tabela 2 apresenta a quantidade de fases processos que ocorrem na bacia do rio Canoas e a Tabela 3 apresenta a quantidade de processos que ocorrem nos municípios inseridos na bacia do rio Canoas.

Tabela 2 – Quantidade de processos minerários que ocorrem na bacia do rio Canoas, segundo SIGMINE (DNPM, 2018).

Fase do Processo	Número de Processos
Requerimento de Pesquisa (R.P.)	27
Autorização de Pesquisa (A.P.)	327
Requerimento de Lavra (R.L.)	54
Concessão de Lavra (C.L.)	29
Requerimento de Licenciamento (R.Li.)	16
Licenciamento (L.)	80
Requerimento de Extração (R.E.)	17
Registro de Extração (Rg.E)	61
Disponibilidade (Disp.)	30
<b>Total</b>	<b>641</b>

Tabela 3 – Quantidade de fase de processos que ocorrem nos municípios inseridos na bacia do rio Canoas, segundo SIGMINE (DNPM, 2018).

	R.P.	A.P.	R.L.	C.L.	R.Li.	L.	R.E.	Rg.E.	Disp.
Abdon Batista	---	1	---	---	---	---	---	---	1
Agrolândia	---	2	---	---	---	---	---	---	---
Alfredo Wagner	---	3	---	---	---	---	---	---	---
Anita Garibaldi	---	1	---	---	---	---	---	3	---
Bocaina do Sul	1	8	---	2	---	2	1	4	---
Bom Retiro	---	24	---	---	1	7	2	4	---
Braço do Trombudo	---	2	---	---	---	---	---	---	---
Brunópolis	---	2	---	1	---	1	---	---	---
Campo Belo do Sul	---	---	---	---	---	1	---	2	---
Campos Novos	1	12	4	---	---	6	---	---	1
Capão Alto	1	2	---	1	1	---	---	3	---
Celso Ramos	---	---	---	---	---	1	---	1	---
Cerro Negro	---	---	---	---	---	---	1	2	---
Correia Pinto	6	48	5	5	2	10	---	5	4
Curitibanos	2	20	2	2	---	6	1	4	1
Fraiburgo	---	4	1	---	1	2	---	2	---
Frei Rogério	---	1	---	---	---	---	1	1	---

	R.P.	A.P.	R.L.	C.L.	R.Li.	L.	R.E.	Rg.E.	Disp.
Lages	4	66	9	12	2	7	1	6	4
Leblon Régis	---	---	---	---	1	---	---	2	1
Monte Carlo	---	---	---	---	3	3	---	---	---
Otacílio Costa	1	24	3	---	1	5	2	4	1
Painel	1	7	2	---	---	1	3	2	1
Palmeira	---	26	8	5	---	4	1	6	---
Petrolândia	---	1	---	---	---	---	---	---	---
Ponte Alta	---	25	5	1	---	3	---	3	4
Ponte Alta do Norte	---	5	3	---	---	3	---	---	---
Pouso Redondo	---	2	---	---	---	---	---	---	---
Rio Rufino	---	6	5	---	---	---	---	2	5
Santa Cecília	---	3	1	---	---	5	1	---	3
São Cristóvão do Sul	5	15	2	---	2	5	---	---	---
São José do Cerrito	3	8	2	---	2	6	---	2	3
Urubici	1	6	1	---	---	---	3	2	---
Urupema	---	1	---	---	---	---	---	---	---
Vargem	1	1	1	---	---	2	---	1	1
Videira	---	1	---	---	---	---	---	---	---

A Figura 39 a seguir apresenta a distribuição das fases de processos minerários que ocorrem nos municípios da bacia do rio Canoas.



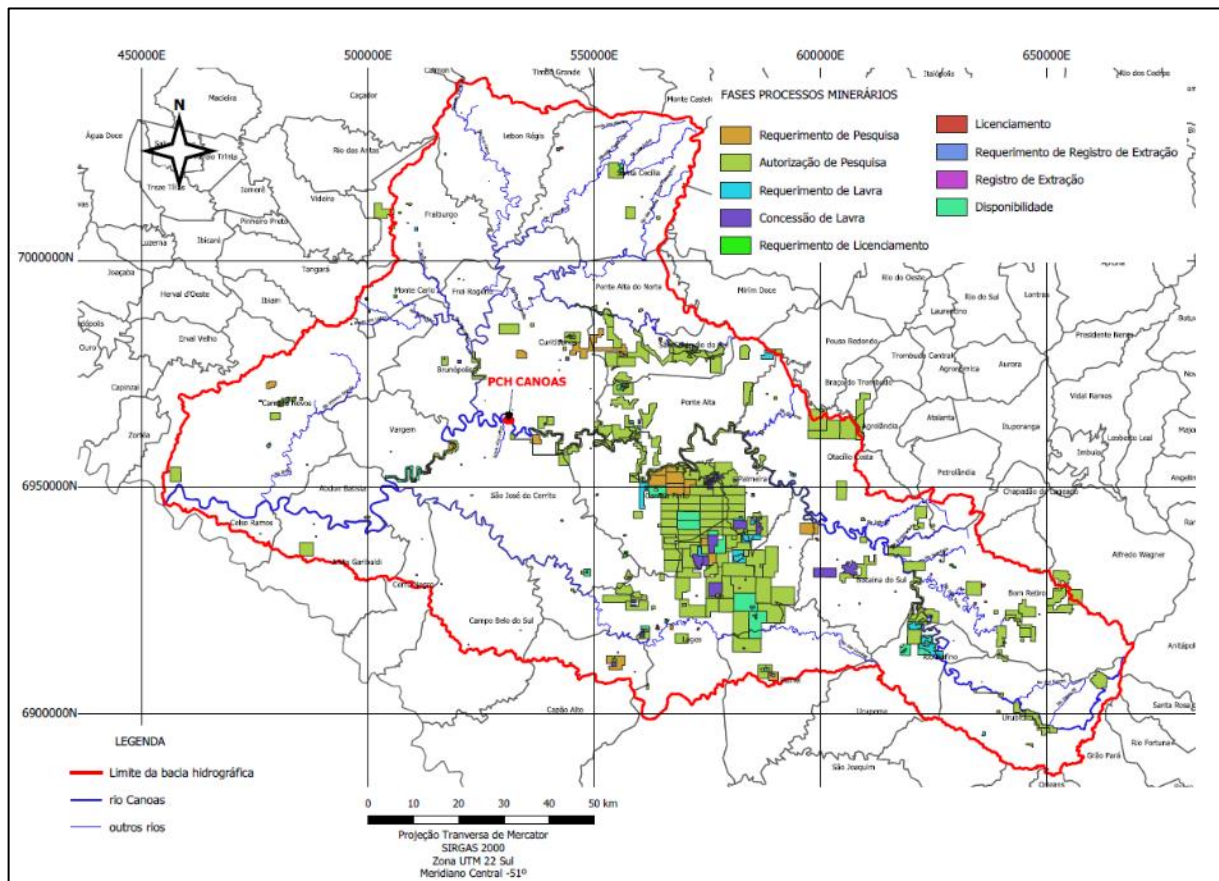


Figura 39 – Fases dos processos minerários existentes na bacia do rio Canoas. Fonte: DNPM, 2018

Predominam o interesse na exploração de jazidas de: areia, arenito, argila, argila refratária, argilito, basalto, bauxita, cascalho, diabásio, diamante, folhelho, fonólito, fosfato, água mineral, quartzito, rocha betuminosa, saibro, sienito e siltito, para usos na construção civil, industrial, uso industrial, produção de cerâmicas, fertilizantes, dentre outros usos.

A Tabela 4 apresenta a quantidade de processos minerários das substâncias passíveis à exploração na bacia do rio Canoas e a Tabela 5 apresenta a quantidade de processos, em relação as substancias, que ocorrem nos municípios da bacia em estudo.

Tabela 4 – Quantidade de processos minerários relacionados às substâncias que ocorrem na bacia do rio Canoas, segundo SIGMINE (DNPM, 2018).

Substâncias	Número de Processos
Areia (Ar)	113
Arenito (Art)	1
Argila (Arg)	107
Argila Refratária (ArgR)	17
Argilito (Aro)	4
Basalto (Ba)	68
Basalto para Brita (BaB)	1
Bauxita (Bx)	57

Substâncias	Número de Processos
Cascalho (Cas)	118
Diabásio (Dib)	3
Diamante (Di)	27
Folhelho (Fol)	3
Fonólito (Fon)	41
Fosfato (Fos)	2
Água Mineral (AgM)	13
Quartzito (Qtz)	1
Rocha Betuminosa (RB)	9
Saibro (Sa)	15
Sienito (Sie)	2
Siltito (Sil)	12
Dado não cadastrado (DNC)	27

A Tabela 5 a seguir apresenta a distribuição das fases de processos minerários que ocorrem nos municípios da bacia do rio Canoas.

Tabela 5 – Quantidade de fase de processos, em relação as substâncias, que ocorrem nos municípios inseridos na bacia do rio Canoas, segundo SIGMINE (DNPM, 2018).

MUNICÍPIO	Ar	Art	Arg	ArgR	Aro	Ba	BaB	Bx	Cas	Dib	Di	Fol	Fon	Fos	AgM	Qtz	RB	Sa	Sie	Sil	DNC
Abdon Batista	---	---	---	---	---	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1
Agrolândia	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2	---	---	---	---
Alfredo Wagner	1	---	2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Anita Garibaldi	---	---	1	---	---	---	---	---	3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Bocaina do Sul	3	---	4	2	1	---	---	---	7	---	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Bom Retiro	5	---	12	1	---	---	---	---	16	---	1	1	---	---	1	1	---	---	---	---	---
Braço do Trombudo	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2	---	---	---	---
Brunópolis	1	---	1	---	---	1	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---	---	---	---	---	---
Campo Belo do Sul	---	---	---	---	---	---	---	---	3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Campos Novos	---	---	2	---	---	17	---	---	1	---	---	---	---	---	1	---	---	2	---	---	1
Capão Alto	---	---	2	---	---	2	---	---	3	---	---	---	---	---	1	---	---	---	---	---	---
Celso Ramos	---	---	---	---	---	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---	---	---
Cerro Negro	---	---	---	---	---	---	---	---	3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Correia Pinto	15	---	8	3	---	6	---	34	8	---	---	---	5	---	---	---	2	---	2	2	2
Curitibanos	11	---	13	---	---	5	---	---	5	---	---	---	---	---	2	---	---	---	---	---	1
Fraiburgo	---	---	1	---	---	1	---	---	3	---	---	---	---	---	3	---	---	2	---	---	---
Frei Rogério	1	---	---	---	---	---	---	---	2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Lages	10	1	10	4	1	10	---	12	12	---	18	2	23	---	2	---	---	---	---	2	4
Leblon Régis	---	---	---	---	---	---	---	---	2	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---	---	1
Monte Carlo	---	---	---	---	---	---	---	---	2	---	---	---	---	---	---	---	---	4	---	---	---
Otacílio Costa	6	---	2	2	---	---	---	---	18	1	1	---	---	---	---	---	4	1	---	5	1
Painel	---	---	5	---	---	---	1	---	6	---	4	---	---	---	---	---	---	---	2	---	1
Palmeira	6	---	3	1	---	2	---	11	7	---	2	---	13	---	---	---	---	---	---	3	---
Petrolândia	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Ponte Alta	26	---	3	1	---	2	---	---	4	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	4
Ponte Alta do Norte	4	---	2	---	---	5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Pouso Redondo	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---	---	---	---	---	---	1	---	---	---	---

A Figura 40 a seguir apresenta a distribuição das fases de processos minerários que ocorrem nos municípios da bacia do rio Canoas.

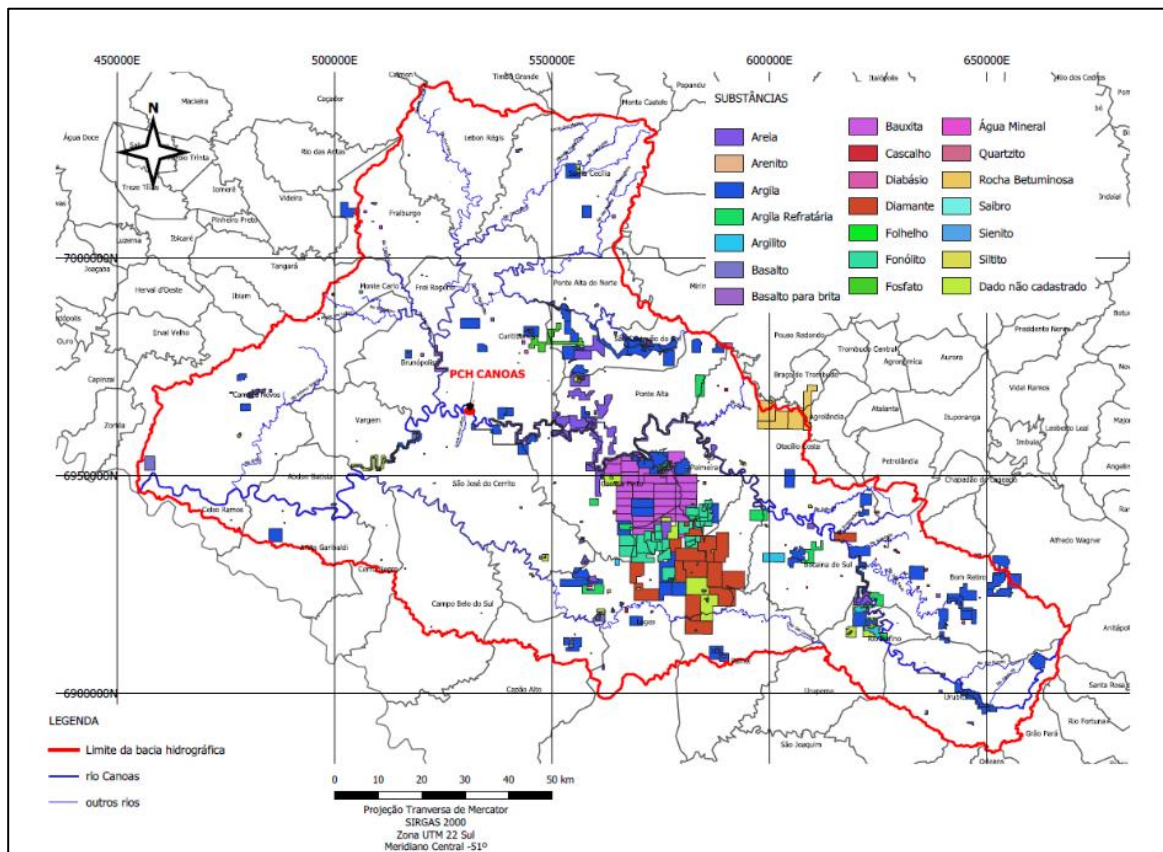


Figura 40 – Processos minerários (substâncias) existentes na bacia do rio Canoas. Fonte: DNPM, 2018.

A Tabela 6 a seguir apresenta a quantidade de processos relacionados ao uso informado pelo DNPM (2018).

Tabela 6 - Número de processos por uso informado

Uso Informado	Número de Processos
Balneoterapia	4
Brita	50
Cerâmica vermelha	3
Construção civil	250
Energético	9
Engarrafamento	7
Fertilizantes	2
Gema	3
Industrial	222
Revestimento	19
Não informado / Dado não cadastrado	72
<b>Total</b>	<b>641</b>

### 5.2.4 Solos

Os principais solos identificados na bacia do Rio Canoas pertencem às classes Cambissolo, Gleissolos, Latossolos, Neossolos, Organossolos e Nitossolos (Figura 41).

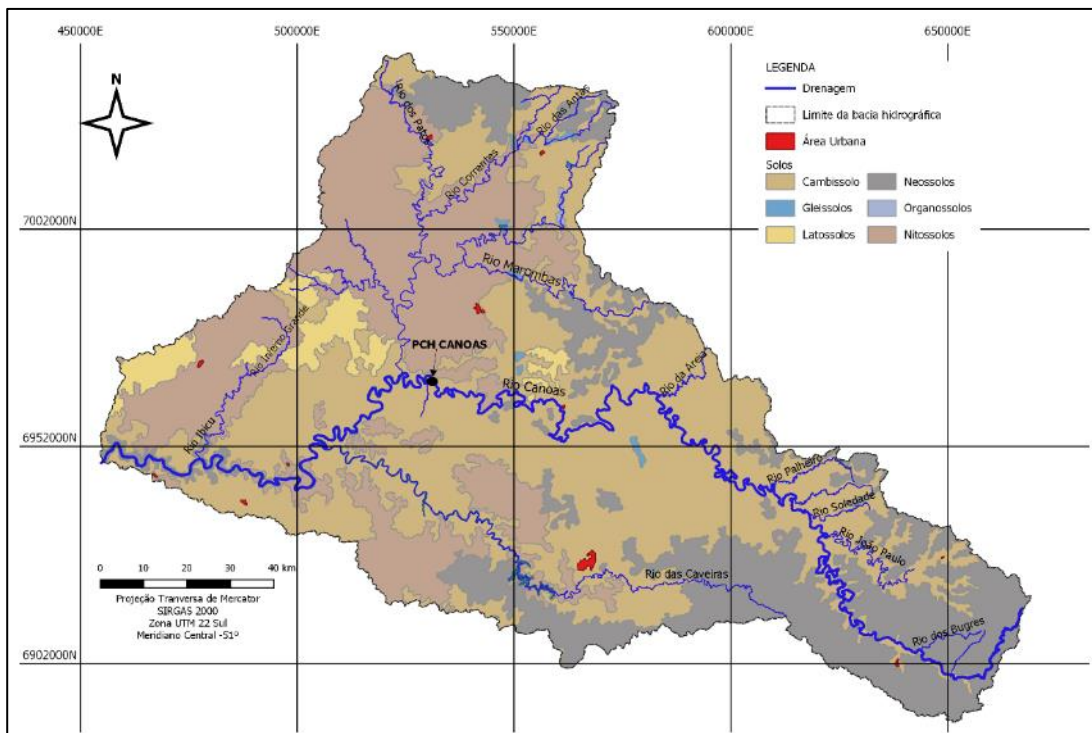


Figura 41 - Mapa de solos da bacia do Rio Canoas.

Fonte: Adaptado de Embrapa (2004).

De acordo com a nova classificação de solos da EMBRAPA (2006), a palavra Cambissolo vem do latim *cambiare* que significa trocar ou mudar.

Os solos do tipo Cambissolo, correspondem cerca de 47% da área da bacia do rio Canoas, apresentam sequência de horizontes A-B-C, com horizonte B pedologicamente pouco evoluído, marcado pela presença de minerais herdados do material original, pouco intemperizados. O horizonte B câmbico ou incipiente pode ser pouco espesso, característico de Cambissolo em áreas de relevo muito movimentado, ou com espessura relativamente grande, superior a 1,00 m, em topografias pouco declivosas, apresentando, em geral, teores elevados de silte (Oliveira et al., 1998).

As características de interesse geotécnico dos solos com horizonte B câmbico são muito variáveis, dependendo muito das características mineralógicas e texturas de seus materiais de origem e do tipo de relevo circundante.

Devido à heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo e das condições climáticas, as características destes solos variam muito de um material para o outro. Assim a classe comporta desde solos fortemente a imperfeitamente drenados, de rasos a profundos,



de cor bruna ou bruno-amarelada até vermelho escuro, e de alta a baixa saturação por bases e atividade química na fração coloidal.

A palavra Gleissolo vem do latim *glei* que significa horizonte de cores cinzentas decorrentes de hidromorfismo. Esse tipo de solo recobre 0,2% da área da bacia do rio Canoas. Os Gleissolos são constituídos por material mineral, que apresentam horizonte glei dentro de 150cm da superfície do solo, imediatamente abaixo de horizontes A ou E (com ou sem gleização), ou de horizonte hístico com espessura insuficiente para definir a classe dos Organossolos; não apresentam textura exclusivamente areia ou areia franca em todos os horizontes dentro dos primeiros 150cm da superfície do solo ou até um contato lítico, tampouco horizonte vértico, ou horizonte B textural com mudança textural abrupta acima ou coincidente com horizonte glei ou qualquer outro tipo de horizonte B diagnóstico acima do horizonte glei. Horizonte plíntico, se presente, deve estar a profundidade superior a 200cm da superfície do solo (EMBRAPA, 2006).

A origem da palavra Latossolo vem do latim *Lat*, que significa material muito alterado com horizonte B latossólico. Os solos do tipo Latossolos, correspondem a cerca de 3,40% da área da bacia do rio Canoas, apresentam material mineral com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte superficial, exceto hístico. São solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, como resultado de enérgicas transformações do material constitutivo. São virtualmente desprovidos de minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo, e tem capacidade de troca de cátions da fração argila, inferior a 17cmol/kg de argila sem correção para carbono.

Os Neossolos correspondem a cerca de 21,38% da área da bacia do rio Canoas, constituem solos com pouco desenvolvimento pedogenético. Assim, são solos constituídos por material mineral, não hidromórficos, ou por material orgânico pouco espesso, que não apresentam alterações expressivas em relação ao material originário. São solos pouco desenvolvidos que não apresentam horizonte B diagnóstico. Possuem sequência de horizontes A–R, A–C–R, A–Cr–R, A–Cr, A–C, O–R ou H–C sem atender os requisitos estabelecidos para serem identificados nas classes dos Chernossolos, Vertissolos, Plintossolos, Organossolos ou Gleissolos.

Os Organossolos, compreendem a 0,07% da área da bacia do rio Canoas, apresentam solos pouco evoluídos, com preponderância de características devidas ao material orgânico, de cores preta, cinzenta muito escura ou brunada, resultantes de acumulação de restos vegetais, em graus variáveis de decomposição, em condições de drenagem restrita (ambientes mal ou muito mal drenados), ou em ambientes úmidos de altitudes elevadas, saturados com água por apenas poucos dias durante o período chuvoso.



Os Nitossolos, compreendem a aproximadamente 26,61% da área da bacia do rio Canoas, são constituídos por material mineral, com horizonte B nítico, textura argilosa ou muito argilosa (teores de argila maiores que 350g/kg de solo a partir do horizonte A), estrutura em blocos subangulares ou angulares, ou prismática, de grau moderado ou forte, com cerosidade expressiva nas superfícies dos agregados e gradiente textural menor que 1,5.

## 5.2.5 Geologia Local

### 5.2.5.1 Litologia e Estratigrafia

As informações reunidas para a elaboração deste relatório indicam que o rio Canoas, na região em estudo, se insere no domínio de derrames de lava de composição básica da Formação Gramado constituída por basaltos densos, basaltos vesículo-amigdaloidais e brechas basálticas. Na margem direita, a jusante da corredeira existente, ocorrem os arenitos eólicos da Formação Botucatu (Supergrupo São Bento) sotopostos aos basaltos.

A PCH Canoas encontra-se em um trecho do rio Canoas com fluxo de água voltado para N, caracterizado por um vale aberto e relativamente simétrico. A Figura 42 apresenta o a imagem aérea com o arranjo do empreendimento.

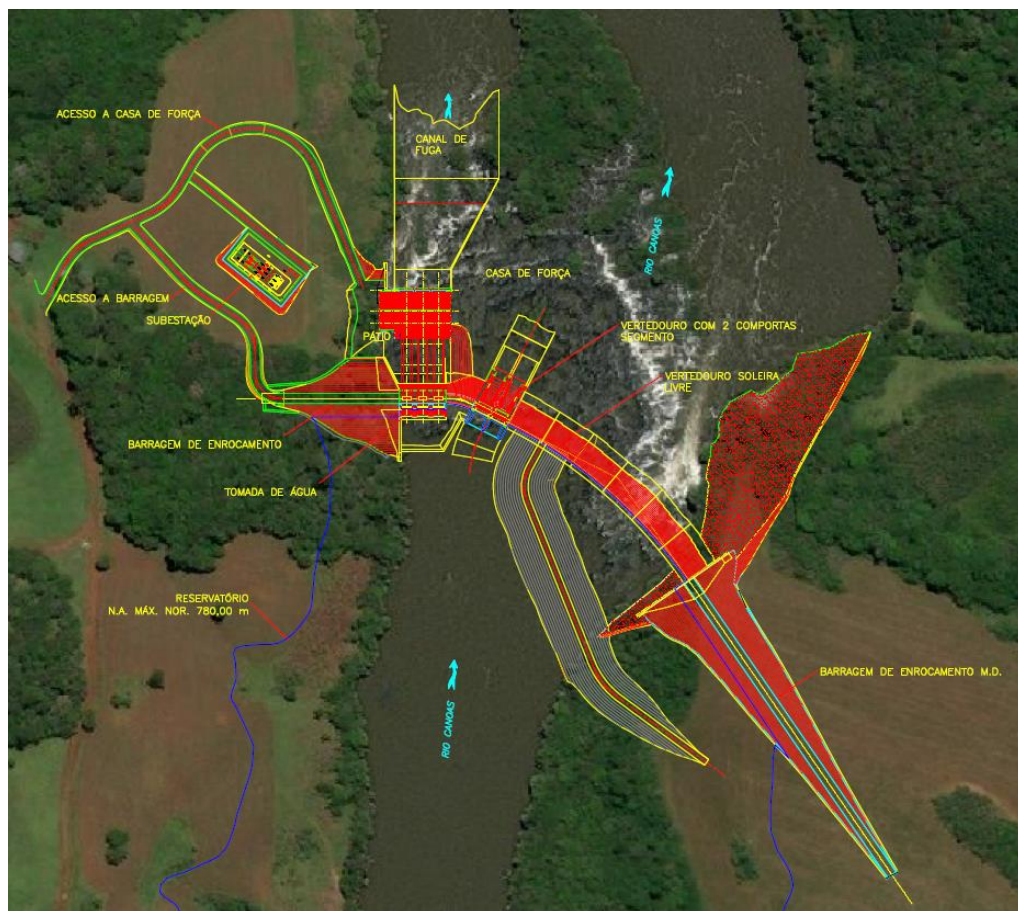


Figura 42- Imagem aérea indicando os locais onde estão previstas as instalações das principais estruturas da usina. Fonte: Bing, 15/08/18

Conforme o arranjo proposto, as estruturas do vertedouro de soleira livre, do vertedouro de comportas, da barragem de concreto e, as estruturas que compõem o circuito de geração estão posicionadas sobre a corredeira existente no local (Figura 43 e Figura 44) configurada em basalto denso e basalto amigdaloidal. Também, pode ser considerada a presença de brecha basáltica interceptada nas investigações geológicas nas proximidades da cota 760 m, similarmente às elevações do fundo rio indicadas nos levantamentos batimétricos executados.

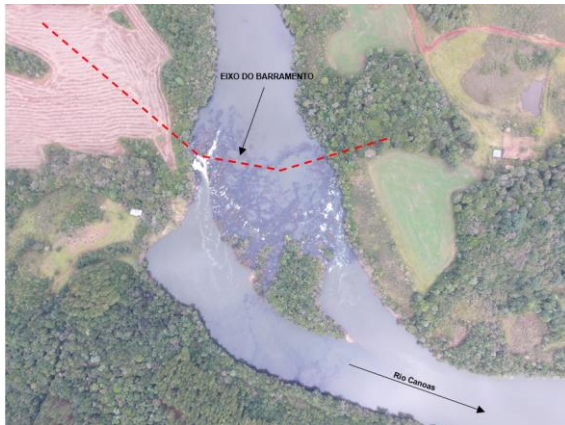


Figura 43– Eixo do barramento PCH Canoas



Figura 44– Corredeira existente em basalto, basalto amigdaloidal e/ou brecha basáltica no local do eixo do barramento

A ombreira direita (Figura 45) onde estará assentada a barragem de enrocamento, apresenta inclinação de  $\sim 20^\circ$  nos primeiros 35 metros a partir do rio, seguindo em inclinação média de  $5^\circ$ . Recobrendo os derrames basálticos, a cobertura de solo varia de 3 a 10 m de espessura sendo menos espessa próximo a calha do rio. A composição é argilo siltosa, de natureza coluvionar e residual com a ocorrência esparsada de matacões e blocos de rocha em meio a matriz argilosa do trecho saprolítico. Junto ao rio, a margem é caracterizada por basaltos densos e basaltos amigdaloidais com a ocorrência de blocos soltos de rocha (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).



Figura 45– Ombreira direita





Figura 46 – Blocos soltos e matacos na margem direita

A ombreira esquerda (Figura 47), onde estará assentada a barragem de enrocamento, apresenta em média  $\cong 25^\circ$  de inclinação e cobertura de solo variando de 4 a 20 m de espessura, sendo menos espessa próximo a calha do rio. A composição é argilo siltosa de natureza coluvionar e residual, apresentando blocos e matacões esparsados em meio a matriz argilosa no trecho saprolítico. As margens junto ao rio, são caracterizadas por basaltos densos e basaltos amigdaloidais com a ocorrência de blocos soltos de rocha (Figura 48), sendo em menor quantidade daquela que ocorre na margem direita.

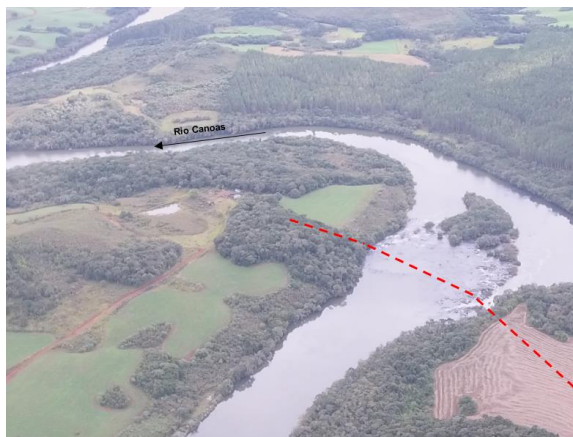


Figura 47– Margem esquerda



Figura 48– Maciço basáltico da margem esquerda com a presença em menor quantidade de blocos soltos e matacos

A jusante do eixo, em ambas as margens, (Figura 49 e Figura 50), observa-se a ocorrência de solos arenosos de natureza aluvionar, caracterizados pelos sedimentos trazidos pelo rio e também de natureza residual de arenito que ocorre na margem direita.



Figura 49– Foto da margem direita no local em estudo. Em destaque a planície aluvionar/solo arenoso, blocos e matacos que ocorrem na margem



Figura 50– Foto da margem esquerda no local da PCH Canoas. Em destaque a planície aluvionar ocorre na margem, a jusante do eixo

Nesta fase do Projeto Básico da PCH Canoas, foi realizada uma campanha de investigações geológico-geotécnicas, composta por 7 sondagens mistas complementadas por 4 caminhamentos elétricos locados de maneira a abranger toda a região de estudo.

Para os estudos Geológicos e Geotécnicos que compõem o presente relatório, além da atual campanha de investigações, foram utilizados os materiais referentes as outras campanhas executadas na fase dos Estudos do Inventário do rio Canoas.

As tabelas a seguir e o Des. SCA-2C-DEGG-005 apresentam as locações planialtimétricas das investigações geológicas utilizadas para o presente estudo.

Tabela 7 – Resumo das sondagens mistas executadas (JUL/2018)

SONDAGENS MISTAS (PROJETO BÁSICO)							
ID	Estrutura	Este (m)	Norte (m)	Cota (m)	Profundidade (m)	SPT (un.)	EPAs (un.)
SM-11	Margem Esquerda (~99 m a montante do eixo da barragem)	531.931,00	6.964.586,95	774,59	31,20	13	6
SM-12	Margem Esquerda (~54 m a montante do eixo da barragem)	531.914,03	6.964.630,99	782,61	39,25	20	7
SM-13	Barragem de Enrocamento ME	531.936,87	6.964.666,97	770,38	27,90	6	8
SM-14	Barragem de Enrocamento ME	531.916,00	6.964.695,01	781,08	37,55	17	7
SM-15	Margem Esquerda (~99 m a jusante do eixo da barragem)	531.937,06	6.964.785,01	769,49	18,35	6	---
SM-16	Margem Direita (~60 m a montante do eixo da barragem)	532.110,99	6.964.504,05	766,62	10,50	3	3
SM-17	Barragem de Enrocamento MD	532.233,97	6.964.442,04	784,79	26,80	7	2

Tabela 8 – Resumo das investigações executadas (JUL/2018)

CAMINHAMENTOS ELÉTRICOS (PROJETO BÁSICO)							
ID	Estrutura	Coordenadas Iniciais		Coordenadas Finais		Prof. mínima atingida (m)	Prof. máxima atingida (m)
		Este (m)	Norte (m)	Este (m)	Norte (m)		
CE-11	Margem esquerda (subparalelamente ao rio)	531.927,59	6.964.535,31	531.941,65	6.964.734,87	6	46
CE-12	Margem esquerda (subparalelamente ao eixo da barragem – montante)	531.958,32	6.964.622,65	531.790,76	6.964.652,76	6	46
CE-13	Margem esquerda (subparalelamente ao rio)	531.949,07	6.964.836,96	531.907,85	6.964.661,58	6	46
CE-14	Margem direita (subparalelamente ao rio)	532.136,21	6.964.596,46	532.261,43	6.964.397,33	6	46



	ao eixo da barragem– jusante)						
--	----------------------------------	--	--	--	--	--	--

 Tabela 9 – Locação das sondagens mistas executadas nos Estudos de Inventário<sup>1</sup> (NOV/2010)

SONDAGENS MISTAS (INVENTÁRIO)								
ID	Estrutura	Este (m)	Norte (m)	Cota (m)	Profundidade (m)	SPT (un.)	EPAs (un.)	Ensaio de Infiltração (un.)
SM-03	Barragem de Enrocamento MD	532.159,4 42	6.964.560,5 80	775,466	20,00	2	---	3
SM-04	Margem Direita (~209 m a montante do eixo da barragem)	532.266,5 36	6.964.746,2 97	762,153	25,50	2	5	2
SM-05	Subestação	531.908,6 71	6.964.740,1 25	782,425	25,00	4	---	5

<sup>1</sup> Revisão dos Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Canoas – Trecho entre as elevações 760 m e 780 m (ECBrasil - Set/2015)

 Tabela 10 – Locação dos caminhamentos elétricos executados nos Estudos de Inventário<sup>2</sup> (NOV/2010)

CAMINHAMENTOS ELÉTRICOS (INVENTÁRIO)							
ID	Estrutura	Coordenadas Iniciais		Coordenadas Finais		Prof. mínima atingida (m)	Prof. máxima atingida (m)
		Este (m)	Norte (m)	Este (m)	Norte (m)		
SEÇÃO 3	Margem direita (obliquamente ao eixo da barragem)	532.121	6.964.583	532.297	6.964.484	2,5	45
SEÇÃO 4	Margem direita (~270 m a jusante do eixo da barragem)	532.242	6.964.775	532.424	6.964.912	2,5	45
SEÇÃO 5	Margem esquerda (obliquamente ao eixo da barragem)	531.781	6.964.773	531.954	6.964.657	2,5	40

<sup>2</sup> Revisão dos Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Canoas – Trecho entre as elevações 760 m e 780 m (ECBrasil - Set/2015)

 Tabela 11 – Locação das sondagens a trado executadas nos Estudos de Inventário<sup>3</sup> (OUT/2010) SONDAGENS A TRADO

ID	Estrutura	Este (m)	Norte (m)	Cota (m)	Profundidade (m)
ST-101	Margem direita (montante do eixo da barragem)	532.138	6.964.452	770,766	1,90
ST-102		532.110	6.964.441	766,818	2,20
ST-103		532.112	6.964.507	766,906	1,80



ST-104		532.066	6.964.462	764,400	2,10
ST-105	Margem esquerda (montante do eixo	531.924	6.964.455	767,104	2,40
ST-106	da barragem)	531.911	6.964.467	772,649	1,60

<sup>3</sup> Revisão dos Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Canoas – Trecho entre as elevações 760 m e 780 m (ENGEVIX – Mai/2011)

Com os resultados obtidos por esta campanha de investigações e avaliações em estudos já realizados na bacia do rio Canoas, elaborou-se a litoestratigrafia do local do empreendimento.

Foram caracterizados 2 derrames basálticos e uma região de contato entre derrames. A Tabela 12 a seguir apresenta uma interpretação da litoestratigrafia dos derrames vulcânicos acima citados.

Tabela 12 - Estratigrafia dos Derrames

Elevação (m)		CAMADA
De	Até	
760	---	Derrame A
----	760	Derrame B

Os Desenhos SCA-2C-DEGG-006 e 007, apresentam, respectivamente, o mapa e as seções geológicas com a litoestratigrafia ora definida.

É importante citar que, devido ao anastomosamento que comumente ocorre nas camadas de derrames, poderá haver diferenças de cotas de um ponto para o outro, acarretando mudanças nos limites estratigráficos apresentados na Tabela 12.

A região de contato entre derrames (A/B) foi caracterizada em ambas as margens, nas investigações SMs 03, 12, 14 e 17. O basalto do derrame A foi interceptado na margem direita pelas SMs 03 e 17 e na margem esquerda pela SM-05. O basalto do derrame B foi caracterizado na SM-16 na margem direita e em todos os furos executados da margem esquerda com exceção ao SM-05.

As investigações da margem direita atingiram a profundidade máxima na EL. 755,5 m (SM-03), EL.756 m (SM-16) e na EL. 758,1 (SM-17) enquanto os caminhamentos elétricos (SEÇÃO 3 e CE-14), atingiram a profundidade máxima aproximadamente na EL. 730 m e, o caminhamento elétrico SEÇÃO 4, executado a jusante do eixo, atingiu a profundidade máxima aproximadamente na EL.740 m.

As sondagens SM-16 e SM-17 indicaram, respectivamente, cobertura de solo de 3,5 m (~EL.763 m) e de 7,9 m (~EL.777 m), com o primeiro metro caracterizado por solo orgânico, de consistência média conforme classificação da ABNT-2001 (Quadro 66). Abaixo desta profundidade, por solo residual maduro a saprolítico, de composição argilo siltosa de

consistência média a dura (Quadro 66), conforme o avanço em profundidade. Na SM-17 o trecho em solo apresentou blocos de basalto em meio a matriz argilosa.

Quadro 66 - Consistência de argilas em função do SPT (ABNT, 2001).

Resistência à penetração (nº de golpes)	Consistência da argila
0 a 2	Muito mole
3 a 5	Mole
6 a 10	Média
11 a 19	Rija
>19	Dura

A SM-03, indicou cobertura de solo de 6,5 m de espessura (~EL.769 m), de consistência mole (Quadro 66) até os 3 m de profundidade (~EL.772 m). A partir dos 3 m de profundidade ocorrem a presença de fragmentos centimétricos de rocha alterados em meio a matriz argilosa, até a profundidade de 6,5 m.

Corroborando com o indicado nas investigações mecânicas, os perfis dos caminhamentos elétricos CE-14 e SEÇÃO 3, indicaram camada com solo e blocos variando de 6 a 10 metros de profundidade (Figura 51 e Figura 52).

O basalto denso do derrame A, caracterizado na SM-17, mostrou-se com condições geomecânicas depreciadas, vistos os elevados fraturamento e grau de alteração do maciço. Ainda na SM-17, a brecha basáltica (A/B), mostrou-se com condições geomecânicas relativamente superiores ao basalto sobreposto, indicando a rocha sã, porém com valores de RQD baixos e fraturamento moderado a partir da ~EL.762 m até o fim do furo na EL.758,1 m.

O basalto denso do derrame A, caracterizado na SM-03, mostrou-se com condições geomecânicas depreciadas, vistos os elevados fraturamento e grau de alteração do maciço em todo o trecho investigado até a EL.760 m. Após este trecho, o furo interceptou a brecha basáltica do contato A/B que se mostrou com péssimas condições geomecânicas até a profundidade de 19,20 m (EL.756 m), seguindo por trecho com boas condições geomecânicas até o fim do furo em 20,0 m (EL.755 m).

O basalto do derrame B, interceptado na SM-16, mostrou-se com excelentes condições geomecânicas em todo o trecho interceptado até a EL.756 m.

Os caminhamentos elétricos CE-14 (Figura 51) e SEÇÃO 3 (Figura 52), mostraram-se coerentes aos resultados das sondagens mistas executadas ao longo do perfil. Apresentando uma boa correlação entre os dois métodos de investigação.

A SM-04, indicou cobertura de solo de 4,5 m de profundidade (EL.758 m), de composição argilo siltosa e de consistência mole (Quadro 66) apresentando fragmentos de basalto alterados em meio a matriz argilosa no trecho de 3,0 m a 4,5 m de profundidade. O maciço

rochoso é caracterizado por arenito médio são a pouco alterado, com níveis coerentes e níveis pouco coerentes e baixo fraturamento em todo o trecho investigado até a profundidade de 25,5 m (EL.737 m).

Sabe-se que estratigraficamente os arenitos da Formação Botucatu posicionam-se abaixo dos derrames de lava e/ou como intercalados aos derrames. Desta forma, pressupõe-se que o posicionamento do arenito na mesma cota que o basalto do derrame B verificado na margem esquerda esteja relacionado a uma forte condicionante geoestrutural na região.

Salienta-se que tanto as sondagens mistas quanto as geofísicas executadas na margem esquerda foram além da cota de fundação mais profunda das estruturas. Sendo assim, a ocorrência do arenito será restringida à margem direita, uma vez que as sondagens mecânicas se mostram mais precisas que as geofísicas.

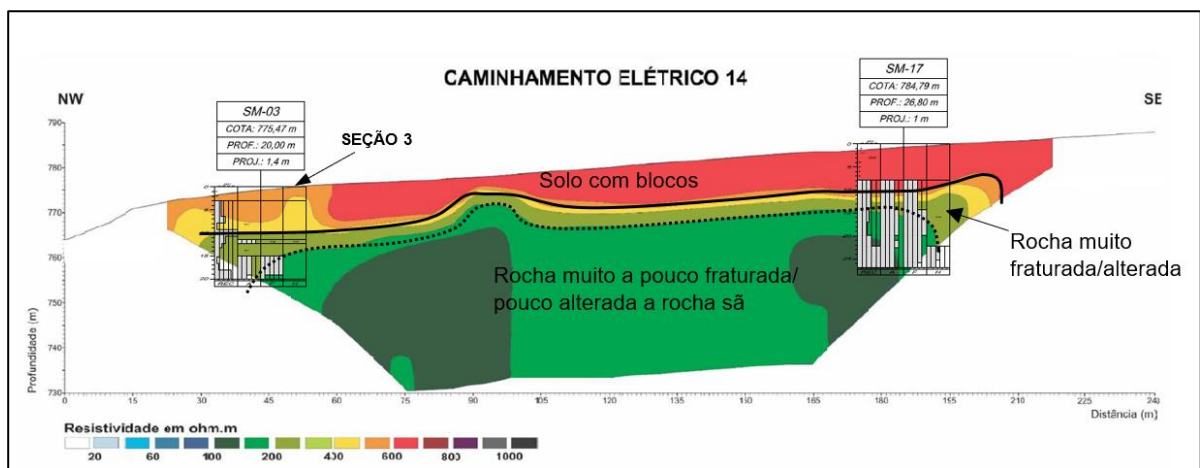


Figura 51 – Imagem do caminhamento elétrico CE-14 contendo a interpretação geológica da seção, apresentando a indicação do local onde cruza o caminhamento SEÇÃO 3 e dos furos de sondagem projetados na seção com seus respectivos minilog

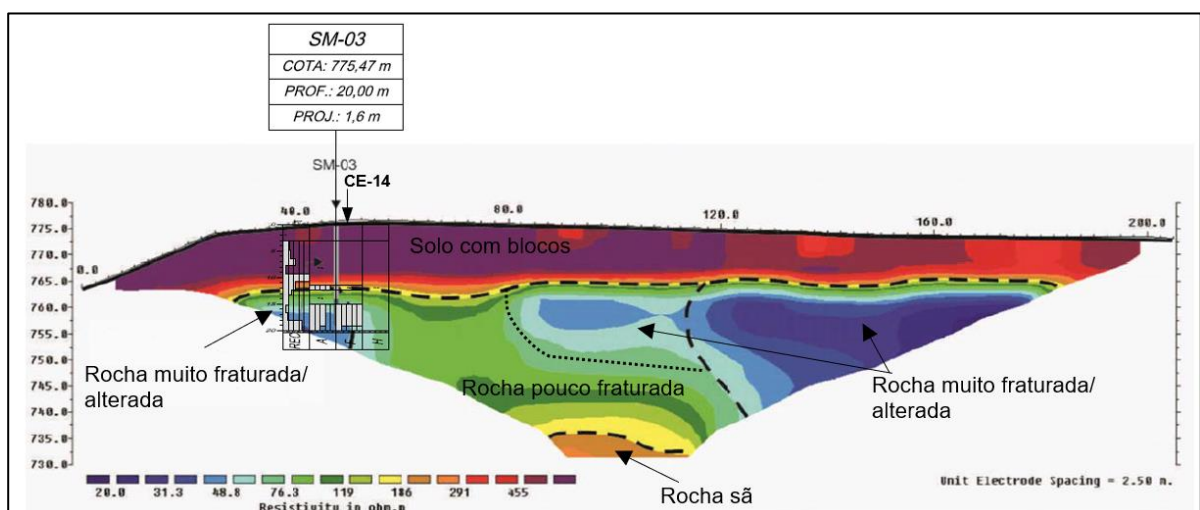


Figura 52 – Imagem do caminhamento SEÇÃO 3 contendo a interpretação geológica da seção, apresentando a indicação do local onde ocorre o cruzamento com o caminhamento CE-14 e do furo de sondagem projetado na seção com seu respectivo minilog

As investigações da margem esquerda atingiram a profundidade máxima na EL. 742,5 m (SMs 11 a 14), na EL.757 m (SM-05) e na EL. 753 m (SM-15), enquanto os caminhamentos elétricos (CEs 11 a 13) atingiram a profundidade máxima aproximadamente na EL. 725 m e o caminhamento SEÇÃO 5 atingiu a profundidade máxima na EL.745 m.

As sondagens da margem esquerda indicaram cobertura de solo de composição silto argilosa, com profundidade de: 13,1 m (SM-11), 20,7 m (SM-12), 6,5 m (SM-13), 17,9 m (SM-14) e 10,5 m (SM-15). Até a profundidade de 2,0 m o material é caracterizado por solo orgânico, no geral, de consistência mole. Abaixo desta camada até aproximadamente 6 metros de profundidade o solo é residual maduro, no geral, de consistência média, seguido por solo saprolítico de consistência rija a dura. Na SM-15 o trecho em solo apresentou blocos de basalto em meio a matriz argilosa. A consistência do solo foi classificada de acordo com a ABNT – 2001 apresentado no Quadro 66.

A SM-05, indicou cobertura de solo de 4,8 m de espessura (EL.778 m) de composição argilosa e consistência mole até a profundidade de 1,8 m (EL. 781 m), seguido por solo argiloso de consistência média até 4,8 m. A consistência do solo foi classificada de acordo com a ABNT – 2001 apresentado no Quadro 66.

Corroborando com o indicado nas investigações mecânicas, os perfis dos caminhamentos elétricos executados na margem esquerda (Figura 53 a Figura 56), indicaram camada com solo e blocos variando de 4 a 20 metros de profundidade.

O trecho em rocha caracterizado na SM-05 é representado por matacos e fragmentos basalto (derrame A) alterados e são até o fim do furo em 25,0 m (EL.757 m).

As rochas de contato entre os derrames A e B verificada nos furos SMs 12 e 14 desta margem, indicaram a brecha basáltica com boas condições geomecânicas a partir dos aproximados 2 metros abaixo da camada de solo, nas proximidades da EL. 760 m. O basalto do derrame B nestes furos mostrou-se com ótimas condições geomecânicas até o fim da profundidade investigada (~EL.742,5 m).

Nos demais furos, o basalto do derrame B mostra-se com boas condições geomecânicas aproximadamente 1 metro abaixo da camada de solo, mantendo boas condições até o final das profundidades investigadas (~EL.742,5 m – SMs 11 e 13 e ~EL.753 m).

Os caminhamentos elétricos executados na margem esquerda mostraram-se coerentes com os resultados obtidos nas sondagens mistas, apresentando uma boa correlação entre os dois métodos de investigação conforme pode ser visualizado nas figuras a seguir.

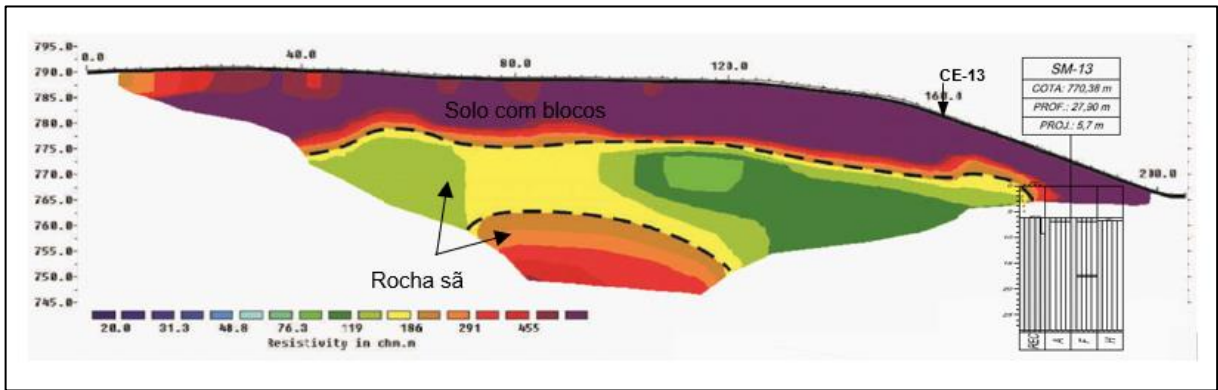


Figura 53 – Imagem do caminhamento SEÇÃO 5 contendo a interpretação geológica da seção, apresentando a indicação do local onde ocorre o cruzamento com o caminhamento CE-13 e do furo de sondagem projetado na seção com seu respectivo minilog

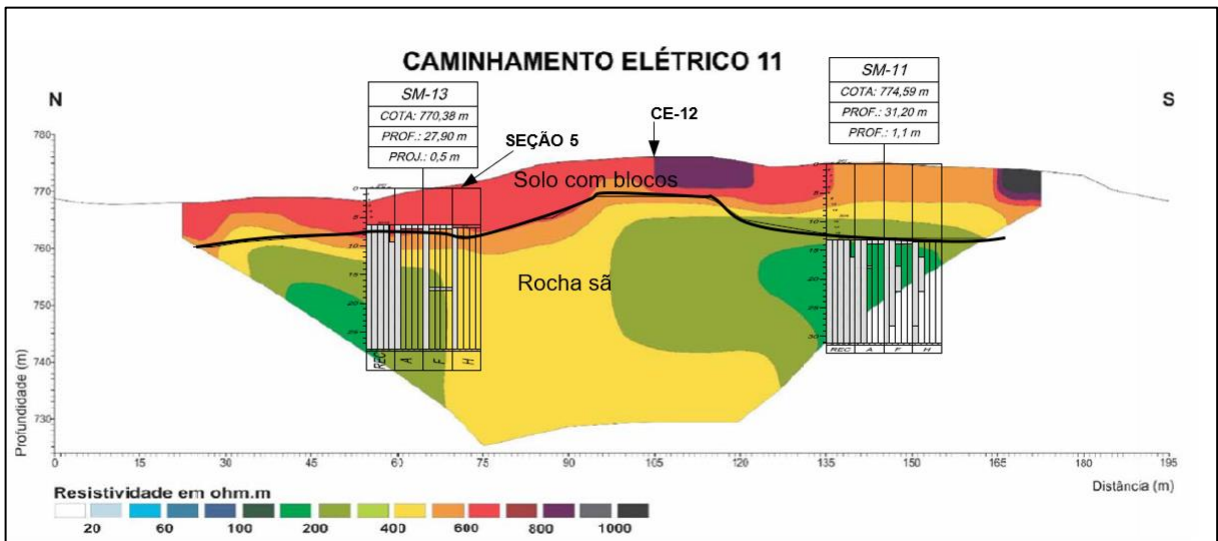


Figura 54 – Imagem do caminhamento elétrico CE-11 contendo a interpretação geológica da seção, apresentando a indicação do local onde cruza os caminhamentos SEÇÃO 5 e CE-12 e dos furos de sondagem projetados na seção com seus respectivos minilogs

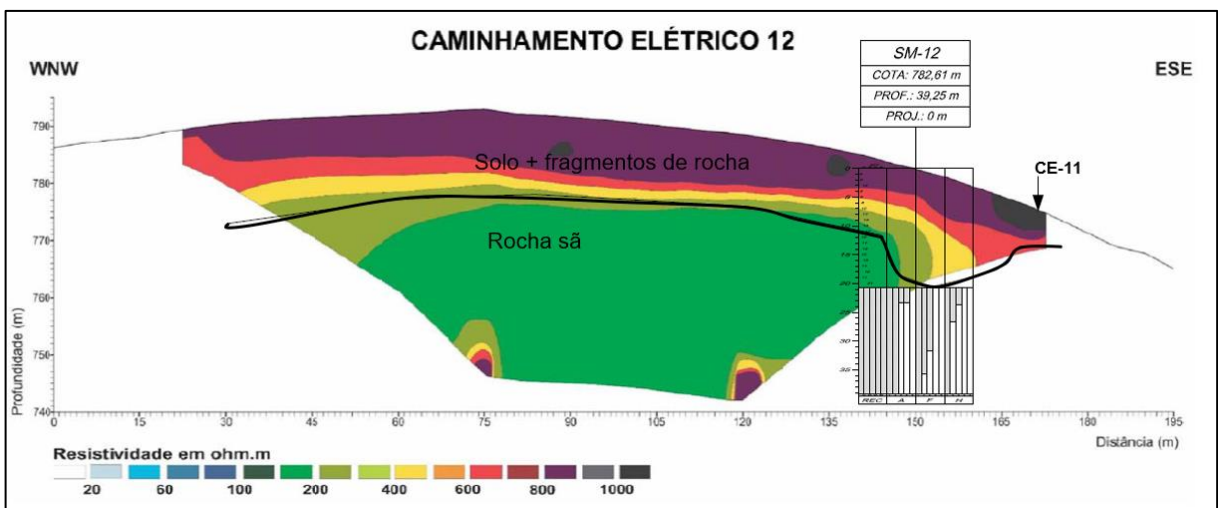


Figura 55 – Imagem do caminhamento CE-12 contendo a interpretação geológica da seção, apresentando a indicação do local onde ocorre o cruzamento com o caminhamento CE-11 e do furo de sondagem projetado na seção com seu respectivo minilog



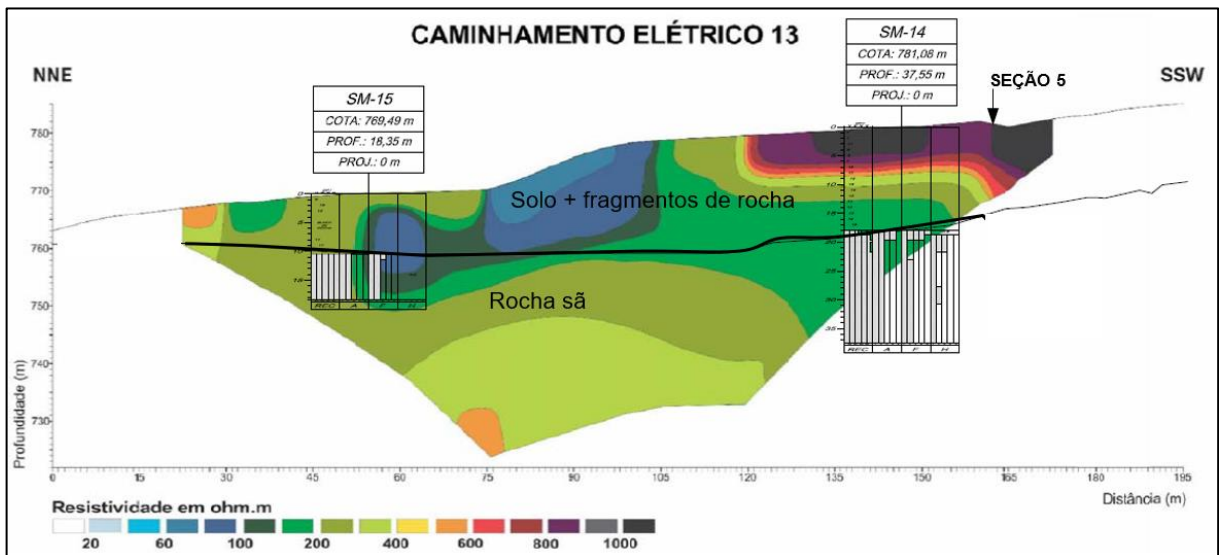


Figura 56 – Imagem do caminhamento elétrico CE-13 contendo a interpretação geológica da seção, apresentando a indicação do local onde cruza o caminhamento SEÇÃO 5 e dos furos de sondagem projetados na seção com seus respectivos minilogs

No anexo do Volume III (Anexo 4) está o relatório das investigações mecânicas com a apresentação dos resultados das investigações geológicas.

#### 5.2.5.2 Resultados dos Ensaios de Perda de Água sob Pressão

Durante a campanha de sondagens mistas, foram executados ensaios de perda de água sob pressão (EPAs) para verificar as características de permeabilidade dos diferentes tipos litológicos que compõem o maciço rochoso local. A Tabela 13 e a Tabela 14 a seguir apresentam, respectivamente a distribuição e os resultados dos EPAs executados.

A classificação do grau de condutividade hidráulica apresentada neste capítulo está de acordo com a Instrução Normativa para a descrição de testemunhos de sondagem rotativas e parâmetros geomecânicos - IN-02/94 (DEINFRA-SC) apresentada no quadro a seguir.

Quadro 67 – Classificação do grau de condutividade hidráulica (IN-02/94).

GRAU	CLASSIFICAÇÃO	K (cm/s)	PERDA ESPECÍFICA (l/min.m/(kg/cm <sup>2</sup> ))
H1	Muito baixa	<10 <sup>-5</sup>	0,0 – 0,1
H2	Baixa	10 <sup>-5</sup> - 10 <sup>-4</sup>	0,1 – 1,0
H3	Moderada	10 <sup>-4</sup> – 5 x 10 <sup>-5</sup>	1,0 – 3,0
H4	Alta	5 x 10 <sup>-5</sup> - 10 <sup>-5</sup>	3,0 – 10,0
H5	Muito alta	>10 <sup>-3</sup>	>10,0

Tabela 13 - Distribuição dos Ensaios de Perda de Água Executados

Furo	Cota da boca (m)	Nº de ensaios (un)	Trecho de ensaio				
			Profundidade (m)		Cota (m)		
			De	Até	De	Até	



SM-11	774,594	6	13,60	31,20	760,99	743,39
SM-12	782,612	7	20,70	39,25	761,91	743,36
SM-13	770,376	8	6,80	27,90	763,58	742,48
SM-14	781,083	7	18,70	37,55	762,38	743,53
SM-16	766,620	3	3,50	10,50	763,12	756,12
SM-17	784,790	2	22,20	26,80	762,59	757,99
SM-04	762,153	5	12,0	25,50	750,15	736,65

Total = 38 ensaios

Tabela 14 - Resultados dos Ensaio Realizados.

SM-11					
Profundidade (m)		Cota (m)		k (cm/s)	Grau de condutividade
De	Até	De	Até		
13,60	16,10	760,99	758,49	8,32x10 <sup>-6</sup>	H1
16,10	19,10	758,49	755,49	3,19x10 <sup>-5</sup>	H2
19,10	22,10	755,49	752,49	3,36x10 <sup>-5</sup>	H2
22,10	25,10	752,49	749,49	(nulo)	H1
25,10	28,10	749,49	746,49	4,51x10 <sup>-6</sup>	H1
28,20	31,20	746,39	743,39	(nulo)	H1
SM-12					
Profundidade (m)		Cota (m)		k (cm/s)	Grau de condutividade
De	Até	De	Até		
20,7	23,7	761,91	758,91	2,91x10 <sup>-4</sup>	H3
23,7	26,7	758,91	755,91	1,65x10 <sup>-5</sup>	H2
26,7	29,7	755,91	752,91	1,12x10 <sup>-6</sup>	H1
29,7	32,7	752,91	749,91	3,46x10 <sup>-6</sup>	H1
32,7	35,7	749,91	746,91	(nulo)	H1
35,7	38,7	746,91	743,91	(nulo)	H1
38,7	39,25	743,91	743,36	(nulo)	H1
SM-13					
Profundidade (m)		Cota (m)		k (cm/s)	Grau de condutividade
De	Até	De	Até		
6,80	9,30	763,58	761,08	(nulo)	H1
9,30	12,30	761,08	758,08	(nulo)	H1
12,30	15,30	758,08	755,08	(nulo)	H1
15,30	18,30	755,08	752,08	(nulo)	H1
18,30	21,30	752,08	749,08	(nulo)	H1
21,30	24,30	749,08	746,08	(nulo)	H1
24,30	27,30	746,08	743,08	(nulo)	H1
27,30	27,90	743,08	742,48	(nulo)	H1
SM-14					
Profundidade (m)		Cota (m)		k (cm/s)	Grau de condutividade
De	Até	De	Até		
18,70	21,70	762,38	759,38	3,60x10 <sup>-4</sup>	H3
21,70	24,70	759,38	756,38	(nulo)	H1
24,70	27,70	756,38	753,38	4,20x10 <sup>-6</sup>	H1

27,70	30,70	753,38	750,38	$6,25 \times 10^{-5}$	H2
30,70	33,70	750,38	747,38	(nulo)	H1
33,70	36,70	747,38	744,38	(nulo)	H1
36,70	37,55	744,38	743,53	(nulo)	H1
SM-16					
Profundidade (m)		Cota (m)		k (cm/s)	Grau de condutividade
De	Até	De	Até		
3,50	6,50	763,12	760,12	(nulo)	H1
6,50	9,50	760,12	757,12	(nulo)	H1
9,50	10,50	757,12	756,12	$5,57 \times 10^{-5}$	H2
SM-17					
Profundidade (m)		Cota (m)		k (cm/s)	Grau de condutividade
De	Até	De	Até		
22,20	25,20	762,59	759,59	$2,61 \times 10^{-4}$	H3
25,20	26,80	759,59	757,99	$4,56 \times 10^{-5}$	H2
SM-04					
Profundidade (m)		Cota (m)		k (cm/s)	Grau de condutividade
De	Até	De	Até		
12,00	15,00	750,15	747,15	$8,30 \times 10^{-5}$	H2
15,00	18,00	747,15	744,15	$6,40 \times 10^{-6}$	H1
18,00	21,00	744,15	741,15	$1,20 \times 10^{-4}$	H3
21,00	24,00	741,15	738,15	$1,70 \times 10^{-4}$	H3
24,00	25,50	738,15	736,65	$5,20 \times 10^{-6}$	H1

A Figura 57 e a Figura 58 seguir mostram respectivamente, o quantitativo e a distribuição dos graus de condutividade dos resultados apresentados acima.

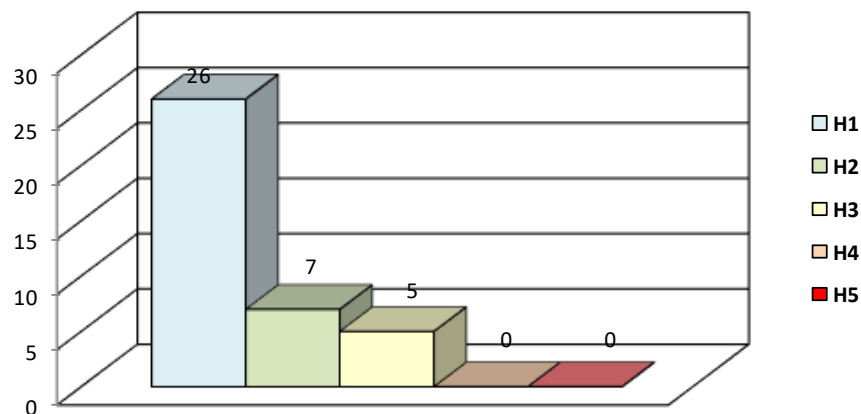


Figura 57 – Quantitativo dos graus de condutividade obtidos nos ensaios de permeabilidade.

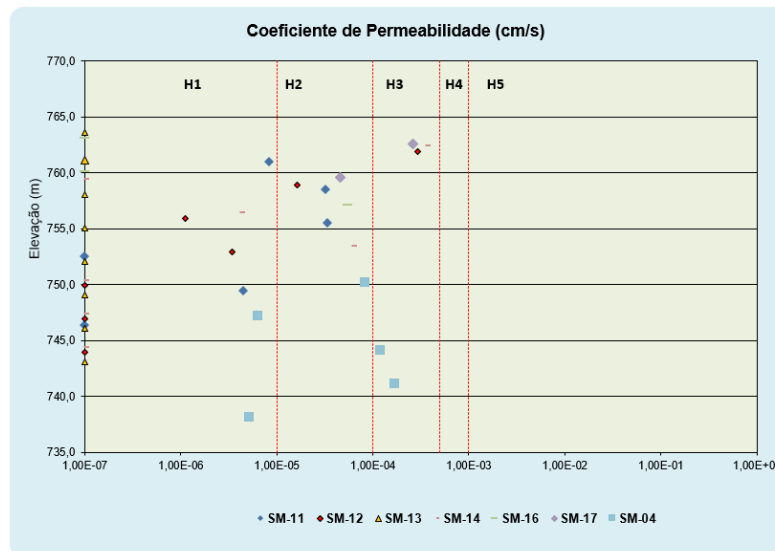


Figura 58- Distribuição dos graus de condutividade obtidos nos ensaios de permeabilidade executados nas investigações da PCH Canoas

\*os 19 ensaios de perda d'água nulos encontram-se no eixo "y" do gráfico.

Conforme os resultados dos ensaios realizados na margem direita, o maciço basáltico do derrame B, interceptado no SM-16, mostrou-se em todo o trecho com muito baixa condutividade hidráulica, corroborando com o que foi apresentado nos testemunhos de sondagem onde a rocha interceptada apresentou boas qualidades geológicas e geotécnicas com boa coerência, baixo grau de alteração e baixo fraturamento. A brecha basáltica do contato entre os derrames A e B, verificada na SM-17, mostrou-se com condutividade hidráulica moderada a baixa a partir da EL.760 m. Neste furo, os ensaios iniciaram-se a partir desta elevação, devido às más condições da rocha (basalto do derrame A) no trecho superior. A figura a seguir apresenta o gráfico  $k(\text{cm/s}) \times \text{elevação (m)}$  na margem direita.

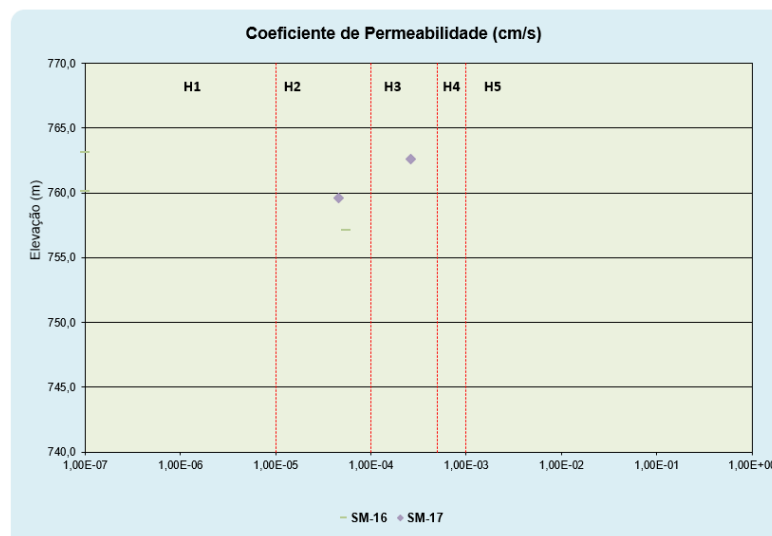


Figura 59- Distribuição dos graus de condutividade obtidos nos ensaios de permeabilidade executados nas investigações da margem direita da PCH Canoas

\*os 2 ensaios de perda d'água nulos encontram-se no eixo "y" do gráfico.

Os resultados dos ensaios executados no arenito verificado na SM-04 (margem direita) indicaram o maciço com condutividade hidráulica baixa a moderada, conforme pode ser visualizado na figura a seguir.

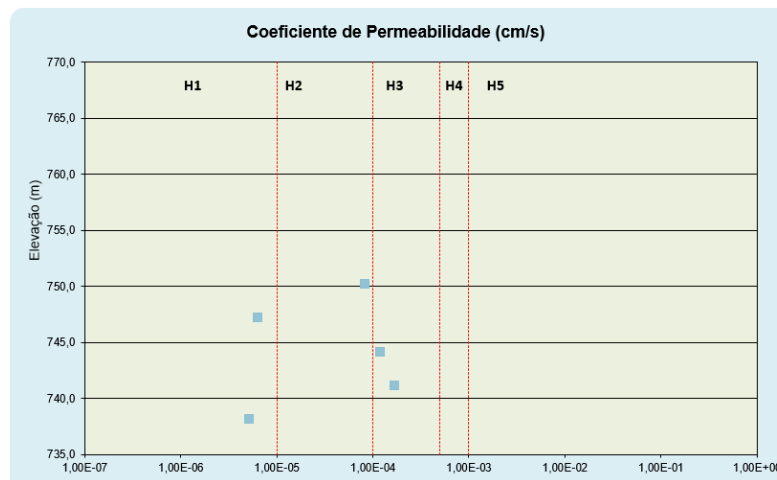


Figura 60- Distribuição dos graus de condutividade obtidos nos ensaios de permeabilidade executados no arenito da SM-04 na margem direita da PCH Canoas

Na margem esquerda, todos os ensaios executados no basalto do derrame B, indicaram o maciço com muito baixa a baixa condutividade hidráulica, corroborando com o observado nos testemunhos das sondagens que mostraram o maciço com boas condições geomecânicas. A brecha basáltica do contato entre os derrames A e B, interceptada nos furos SM-12 e SM-14, no geral, apresentou baixa condutividade hidráulica. Salienta-se que os trechos que apresentaram condutividade hidráulica moderada estão associados às proximidades do maciço à superfície intempérica como também a estruturação amigdaloidal da rocha que conferem ao maciço uma maior susceptibilidade de desagregamento e erosão. A figura a seguir apresenta o gráfico  $k(\text{cm/s}) \times \text{elevação (m)}$  na margem esquerda.

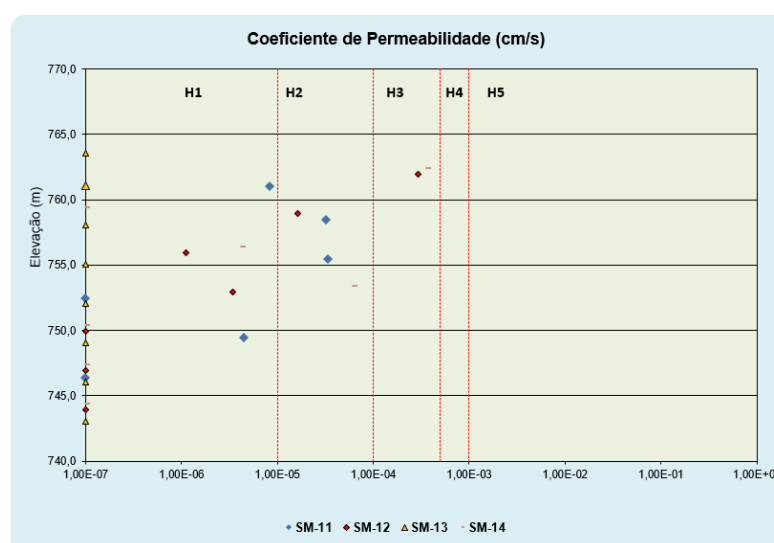


Figura 61- Distribuição dos graus de condutividade obtidos nos ensaios de permeabilidade executados nas investigações da margem esquerda da PCH Canoas

\*os 17 ensaios de perda d'água nulos encontram-se no eixo "y" do gráfico.

Assim, os resultados apresentados acima indicam que os maciços rochosos que hospedarão as estruturas da PCH Canoas podem ser classificados como de muito baixa a baixa condutividade hidráulica.

No anexo do Volume III (Anexo 4) está o relatório das investigações mecânicas com a apresentação dos resultados dos ensaios de perda d'água sob pressão.

### 5.2.5.3 Compartimentação Estrutural e Tratamento das Escavações

No sítio da PCH Canoas, o rio apresenta caminhamento meandrante com bruscas inflexões, angulares, em seu curso, o que é indicativo da influência da compartimentação estrutural sobre seu desenvolvimento. Deste modo, além das descontinuidades intrínsecas e congênitas da sequência de eventos vulcânicos do Supergrupo São Bento, outras descontinuidades geológicas afetam o maciço rochoso que hospeda o empreendimento.

A avaliação do comportamento geo-estrutural dos maciços que hospedarão as estruturas da PCH Canoas, foi realizada através da análise regional dos lineamentos estruturais que ocorrem na bacia do rio Canoas. O diagrama de rosetas apresentado a seguir, apresenta a distribuição e orientação das direções estruturais identificadas na bacia do rio Canoas.

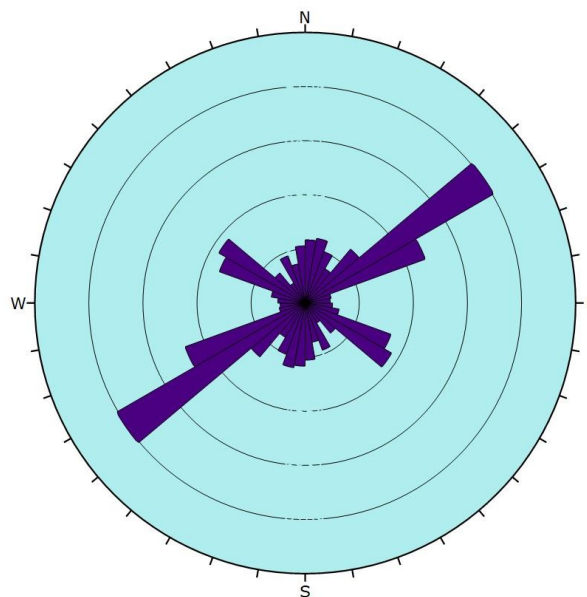


Figura 62 - Diagrama de Roseta com as principais direções estruturais da bacia do rio Canoas

De acordo com o diagrama de rosetas verifica-se que os lineamentos mais expressivos se encontram segundo as direções N50°-60° E e, secundariamente N45°-70° W. Ainda, em menores proporções ocorrem as direções N-S e E-W. No local do empreendimento foi verificada a ocorrência de no mínimo 3 famílias de fraturas N82°W e N86°E subverticais e oblíquas ao rio, configurando a corredeira.

Conforme as informações já conhecidas a respeito da estruturação interna dos maciços basálticos do Supergrupo São Bento, é possível estimar que grande parte destes alinhamentos se apresentem com mergulho subvertical.

O sistema de fraturamento sub-horizontal tem ocorrência associada à região de contato entre derrames. Por isso, sua influência sobre as escavações será considerada especialmente onde estas interceptam regiões de contato e respectivas adjacências.

a) Tratamentos nas escavações em rocha a céu aberto

Devido à ocorrência de famílias subverticais, antecipa-se que as eventuais situações potencialmente instáveis nos taludes de escavação em rocha a céu aberto estarão condicionadas essencialmente por processos de tombamento de blocos rochosos. Para tanto, considerou-se a implantação de sistemas de tratamentos através da aplicação, associada ou não, de barras de ancoragens passivas e ativas em malha de 2 x 2 m, concreto projetado reforçado com fibras em camada de 5 cm espessura, além da previsão de ancoragens ativas para eventuais tratamentos localizados. Nas áreas cobertas por concreto projetado, considerou-se a instalação de drenos superficiais tipo barbacã. Nos pisos das escavações, considerou apenas regularização e limpeza das superfícies.

Conforme a litoestratigrafia considerada na Tabela 12, as escavações para a implantação da PCH Canoas deverão se desenvolver no basalto do derrame A, nas rochas de contato entre os derrames A e B e no basalto do derrame B. A estrutura do vertedouro de soleira livre deverá ficar assente sobre o basalto do derrame A e/ou sobre o basalto amigdaloidal do contato A/B (e/ou brecha basáltica). As escavações para a implantação do vertedouro de comportas deverão interceptar o basalto denso do derrame A e as rochas do contato A/B, podendo estar assente tanto no basalto quanto nas rochas de contato. As escavações para estruturas que compõem o circuito de geração deverão interceptar o basalto do derrame A até o basalto do derrame B, e conseqüentemente as rochas de contato entre eles. A estrutura da tomada d'água deverá estar fundada sobre o basalto do derrame a e/ou sobre as rochas do contato A/B e a estrutura da casa de força deverá estar fundada sobre o basalto denso do derrame B. O canal de fuga estará fundado em partes sobre o basalto do derrame B, sobre as rochas do contato A/B e sobre o basalto do derrame A.

Apesar de não terem sido realizadas investigações geológicas no leito do rio, estima-se que os litotipos que constituirão a fundação das principais estruturas do empreendimento possuam características geológico-geotécnicas suficientes para receber as estruturas de concreto.

Salientando que, deverá ser dada cautela durante o avanço das escavações que interceptarão a zona de contato entre derrames A e B que deverá estar aflorante nas paredes laterais dos taludes das escavações, e também ao *offset* final de escavação pois nestas regiões, onde os litotipos característicos (brecha basáltica/basalto vesículo-amigdaloidal) e a presença comum



de sistemas de fraturamento sub-horizonta, não raramente causam uma minoração nas condições geotécnicas e geomecânicas do maciço rochoso, por isso, poderá ser necessária a instalação de elementos de suporte e/ou sistemas de tratamento.

Com estas condições em mente, considerou-se para o desenvolvimento deste projeto que 70% das áreas das faces rochosas escavadas deverão receber concreto projetado com fibras. Ainda, os taludes escavados para a implantação do vertedouro de comportas, da tomada d'água, do conduto forçado e da casa de força deverão receber 25 % de ancoragem passivas (chumbadores) e 5% de ancoragens ativas (tirantes). Para a implantação do canal de fuga, considerou-se que 25% dos taludes escavados em face rochosa deverão receber sistemas de ancoragens ativas e 5% dos taludes escavados deverão receber sistemas de ancoragens passivas. O Quadro 68 apresenta o resumo dos quantitativos referentes aos tratamentos e suportes da PCH Canoas.

Quadro 68 - Resumo dos quantitativos de tratamentos e suporte das escavações a céu aberto da PCH Canoas

	TOTAL	Vertedouro Comportas	Tomada D'Água	Conduto Forçado	Casa de Força	Canal de Fuga
Concreto Projetado com Fibras (m <sup>3</sup> ):	120	20	0	10	30	60
Barras de Ancoragens Passivas (m):	435	120	10	60	175	70
Barras de Ancoragens Ativas (m):	490	30	0	20	40	400
Perfurações p/ Drenos (m):	180	30	0	20	50	80
Área dos taludes em rocha (m <sup>2</sup> ):	3.135	544	30	244	800	1.517

#### b) Injeções de Impermeabilização

Conforme os resultados dos ensaios de perda d'água sob pressão realizados em ambas as margens, verificou-se que o maciço rochoso abaixo da EL. 761 m mostrou-se com condutividade hidráulica muito baixa a baixa.

Por conseguinte, o presente projeto indica a provável execução de uma cortina de injeção sistemática ao longo de todo o eixo barramento em uma linha a montante ( $\cong$  0,50 m da estrutura) para o controle do eventual fluxo pela fundação, juntamente com a regularização e limpeza das superfícies.

As injeções serão espaçadas de 3 em 3 metros com as profundidades variáveis de acordo com a carga hidráulica que ocorre ao longo dos eixos (mínima de 13 m e máxima de 19 m). Ressalta-se que poderá ocorrer alteração nas profundidades e espaçamentos das perfurações de acordo com a situação em campo. Na estrutura da tomada d'água, previu-se injeções para o contato concreto-rocha.

O desenho SCA-2C-DEGG-008 apresenta as injeções a serem executadas ao longo do eixo do barramento. O quadro a seguir apresenta o resumo das quantidades das perfurações para as injeções de impermeabilização.

Quadro 69 - Resumos das perfurações para as injeções de impermeabilização no eixo do barramento

Total de exploratórios:	8 furos, ou	140 m
Total de primários:	10 furos, ou	155 m
Total de secundários:	18 furos, ou	295 m
Total de terciários:	36 furos, ou	520 m
Total de verificação:	8 furos, ou	140 m
<b>TOTAL: 80 furos, ou 1250 m</b>		

#### 5.2.5.4 Materiais de Construção

O ambiente geológico correspondente aos derrames de lavas basálticas é de grande conhecimento dos projetistas e construtores que atuam no meio hidrelétrico brasileiro, devido à existência de grandes empreendimentos de mesma natureza já implantados nos derrames basálticos da Bacia do Paraná.

Assim, o acúmulo de experiência dá subsídios para, além da idealização de um modelo geológico coerente, a prévia avaliação da possibilidade de utilização dos materiais naturais presentes no local onde se encontra a PCH Canoas.

Os litotipos que ocorrerão nas escavações obrigatórias poderão ser empregados como materiais naturais de construção, com a recomendação se verificar a respectiva resistência à ciclagem e principalmente a reatividade aos álcalis do cimento. Os materiais oriundos da escavação em região de contato entre derrames deverão ser avaliados durante a obra quanto suas condições geotécnicas e geomecânicas.

Assim como ocorre em todos os rios da região, as jazidas de areia são de pouco volume e são, de maneira geral, sujas e com predominância de material fino. Assim, as areias a serem empregadas na obra deverão ser obtidas do processamento das rochas basálticas.

Os solos argilosos, provenientes da alteração das rochas vulcânicas, ocorrem em quantidades suficientes nas proximidades do eixo, num raio de 500 a 1.000 m, em ambas as margens. Na região em estudo, a cobertura de solo dos capeamentos argilosos, de um modo geral é espessa, da ordem de 3 m a 10 m na margem direita e da ordem de 4 a 20 m na margem esquerda.

Conforme o arranjo proposto, verificou-se que o volume de material pétreo e fino que serão obtidos das escavações obrigatórias não possuem volume suficiente para serem utilizados na obra.

Desta forma, foram definidas duas áreas de pedreiras, uma em cada margem, para exploração de materiais finos e pétreos de modo a serem empregados na obra complementando os volumes necessários.

O desenho SCA-2C-DECO-001 apresenta as áreas de empréstimo para extração dos materiais de construção.

## 5.3 Estudos Hidráulicos

Os estudos hidráulicos desenvolvidos para a PCH Canoas tiveram por objetivo fornecer as dimensões básicas das estruturas de desvio, elevações do topo das ensecadeiras, dos vertedouros e do circuito hidráulico de geração. Estes estudos compreenderam a modelagem computacional do rio Canoas desde o barramento da UHE São Roque até o fim do reservatório da PCH Canoas, o dimensionamento das estruturas hidráulicas, determinação de perdas de carga no circuito hidráulico de geração e determinação de níveis de proteção das estruturas contra as cheias de projeto.

### 5.3.1 Estudos de Remanso

#### 5.3.1.1 Apresentação

Os estudos de remanso para a PCH Canoas foram realizados através de modelos computacionais. Foram elaborados 3 modelos distintos e conectados, sendo dois modelos unidimensionais e um bidimensional.

O modelo matemático unidimensional está dividido em dois. O trecho de jusante (Figura 64) tem o propósito de consolidar a condição de contorno de jusante do modelo bidimensional e verificar a influência do reservatório da UHE São Roque na PCH Canoas. O trecho de montante (Figura 65) tem o propósito de calcular o remanso do reservatório da PCH Canoas.

O modelo bidimensional está concentrado na região da implantação da PCH Canoas (Figura 66).

#### 5.3.1.2 Objetivos dos Estudos

O modelo matemático unidimensional está dividido em dois. O trecho de jusante tem o propósito de consolidar a condição de contorno de jusante do modelo bidimensional e verificar a influência do reservatório da UHE São Roque na PCH Canoas. O trecho de montante tem o propósito de calcular o remanso do reservatório da PCH Canoas.

O modelo matemático bidimensional tem o propósito de dimensionamento do desvio do rio e análise geral do comportamento do escoamento durante a operação.

#### 5.3.1.3 Metodologia

##### 5.3.1.3.1 Unidimensional

A metodologia seguida foi a Standard Step Method (HENDERSON, 1966) que determina os níveis de água ou de energia passo a passo, partindo de uma seção na extremidade de jusante com a curva de descarga conhecida e deslocando-se no sentido de montante.

O modelo computacional adotado foi o HEC-RAS 5.0., que permite a determinação do perfil da superfície livre para escoamentos permanentes gradualmente variados em canais naturais e artificiais, considerando-se condições de fluxo subcrítico ou supercrítico. Apresenta a

possibilidade de inserir no modelo obstruções, como pontes, bueiros, vertedouros, orifícios, etc.

As hipóteses básicas, referentes ao Standard Step Method e que constituem limitações a aplicações do modelo HEC-RAS são as seguintes:

- Escoamento permanente;
- Escoamento gradualmente variado;
- Escoamento unidimensional;
- Distribuição hidrostática de pressões.

Os dados básicos de entrada para a utilização do software HEC-RAS são: condição de contorno, vazões afluentes, coeficiente de rugosidade, geometria das seções transversais, distância entre elas e geometria do eixo do rio.

#### 5.3.1.3.2 Bidimensional

No desenvolvimento dos estudos de remanso da PCH Canoas utilizou-se o software HEC-RAS 5.0, que permite a simulação matemática do escoamento em duas dimensões, através da solução das equações de Saint Venant.

O modelo computacional usa um algoritmo de elementos finitos implícitos, permitindo escoamentos subcríticos, misto e supercrítico de maneira estável e robusta.

A malha de células pode ser estruturada ou não, e aceita células triangulares, retangulares e quaisquer polígono com até oito arestas. Para cada célula da malha é atribuída uma tabela de propriedades hidráulicas, baseada no terreno subjacente a célula. Desta maneira as células não necessitam ter um fundo plano, possibilitando o aumento das dimensões das células sem perder precisão e estabilidade nas simulações.

Os dados básicos de entrada para a utilização do software HEC-RAS são: condição de contorno de montante e jusante, coeficiente de rugosidade, terreno tridimensional da área de interesse, geometria das estruturas existentes ou a serem construídas.

#### 5.3.1.4 Geometria do Modelo

O modelo unidimensional foi dividido em duas partes. O trecho de jusante vai do barramento da UHE São Roque até o início do modelo bidimensional. O trecho de jusante vai do fim do modelo bidimensional até a PCH Pery. A figura a seguir apresenta a planta do modelo unidimensional.





Figura 63 – Geometria do modelo unidimensional



O modelo unidimensional de jusante inicia-se no eixo do barramento da UHE São Roque. Nesse trecho inicial até o início do perfilamento a laser disponível, foi utilizada a restituição proveniente dos estudos de inventário do rio Canoas. O trecho apresentado na Figura 64 possui informação do perfilamento a laser e utiliza três seções topobatimétricas provenientes dos Estudos de Inventário: STB102, S1 e S2.



Figura 64 – Eixo e localização das seções do modelo unidimensional – Trecho de jusante

O modelo unidimensional de montante inicia-se no fim do modelo bidimensional, conforme ilustrado na Figura 65, e se estende até a PCH Pery. Nesse trecho foi utilizado o perfilamento a laser disponível, doze seções topobatimétricas provenientes dos Estudos de Inventário: STB12, STB11, STB10, S5, STB09, STB08, STB07, STB06, STB05, STB04, STB03 e S4.





Figura 65 – Eixo e localização das seções do modelo unidimensional – Trecho de montante

Para a construção do modelo bidimensional foi utilizado o levantamento batimétrico e o perfilamento a laser da topografia. O terreno do modelo matemático é apresentado na figura a seguir.

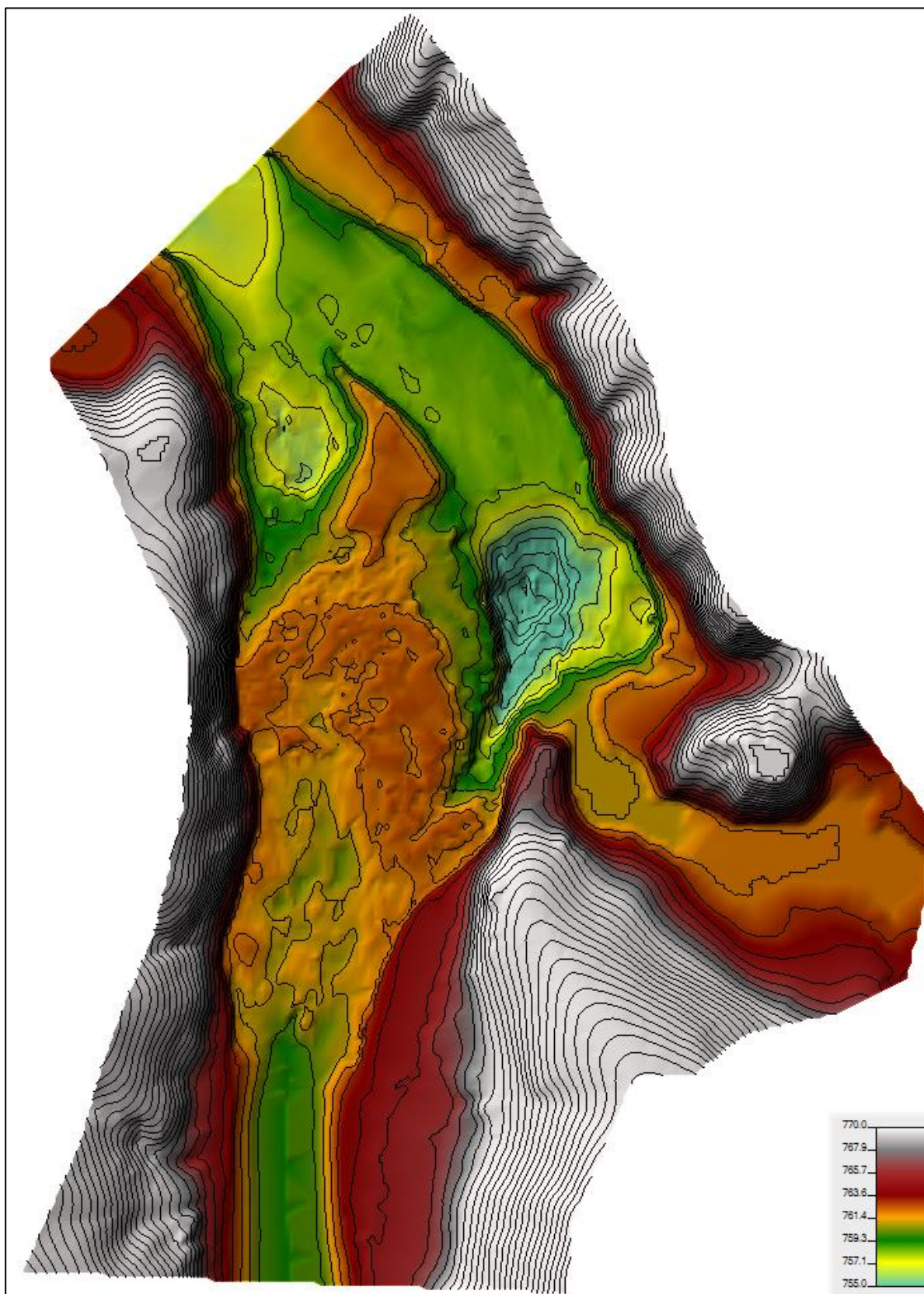


Figura 66 – Modelo bidimensional – Terreno do modelo matemático

O contorno de jusante foi definido exatamente na seção topobatimétrica S2 dos Estudos de Inventário, mesmo local do levantamento do ponto 2 do perfil simultâneo (Figura 67).

### 5.3.1.5 Calibragem

#### 5.3.1.5.1 Unidimensional – Medições de Descarga Líquida

A calibragem do modelo matemático unidimensional foi realizada na seção da extremidade de montante, S2. A seguir é apresentado a curva de descarga resultante do modelo unidimensional na seção S2 e os pontos de medição de descarga líquida e perfil simultâneo.

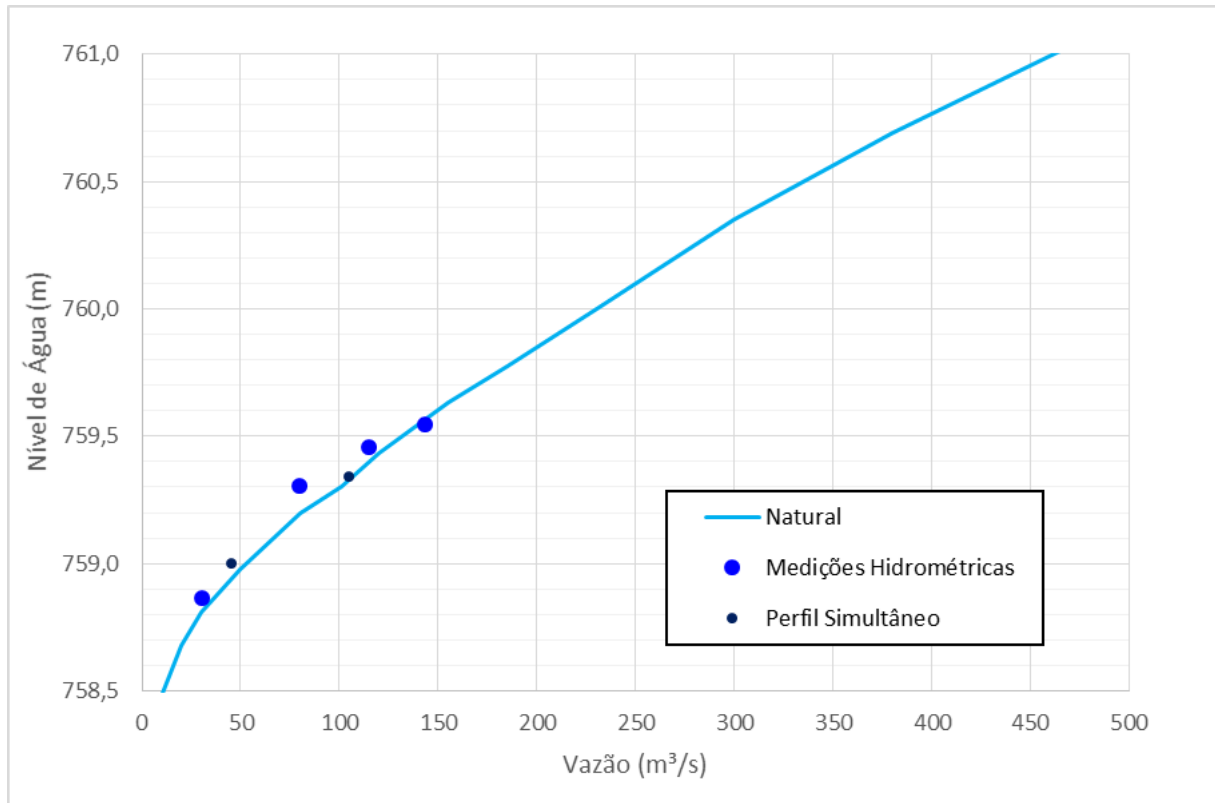


Figura 67 – Calibragem seção S2 modelo unidimensional

#### 5.3.1.5.2 Bidimensional – Medições de Descarga Líquida

Foram efetuadas até o momento quatro medições de descarga líquida no local da PCH Canoas. Como pode-se observar na figura a seguir, as medições de descarga líquida foram divididas entre os braços do rio Canoas separados pela ilha no local da PCH Canoas.





Figura 68 – Local das medições de descarga líquida

A primeira medição de descarga encontrou um total de 143,07 m<sup>3</sup>/s de vazão afluente no rio Canoas e a segunda encontrou 30,14 m<sup>3</sup>/s. Os quadros e figuras a seguir apresentam a divisão entre os braços do rio e a calibragem do modelo bidimensional para as vazões extremas medidas.

Quadro 70 – Calibragem primeira medição de descarga líquida – 143,07 m³/s

	Medição		Modelo Matemático	
	Vazão (m³/s)	NA (m)	Vazão (m³/s)	NA (m)
ME	44,38	759,55	48,20	759,58
MD	98,69	759,62	94,87	759,67
Total	143,07		143,07	



Figura 69 – Calibragem modelo bidimensional – MD01 – Q = 143,07 m³/s



Quadro 71 – Calibragem primeira medição de descarga líquida – 30,14 m³/s

	Medição		Modelo Matemático	
	Vazão (m³/s)	NA (m)	Vazão (m³/s)	NA (m)
ME	11,25	758,87	11,36	758,86
MD	18,89	759,01	18,78	758,98
Total	30,14		30,14	

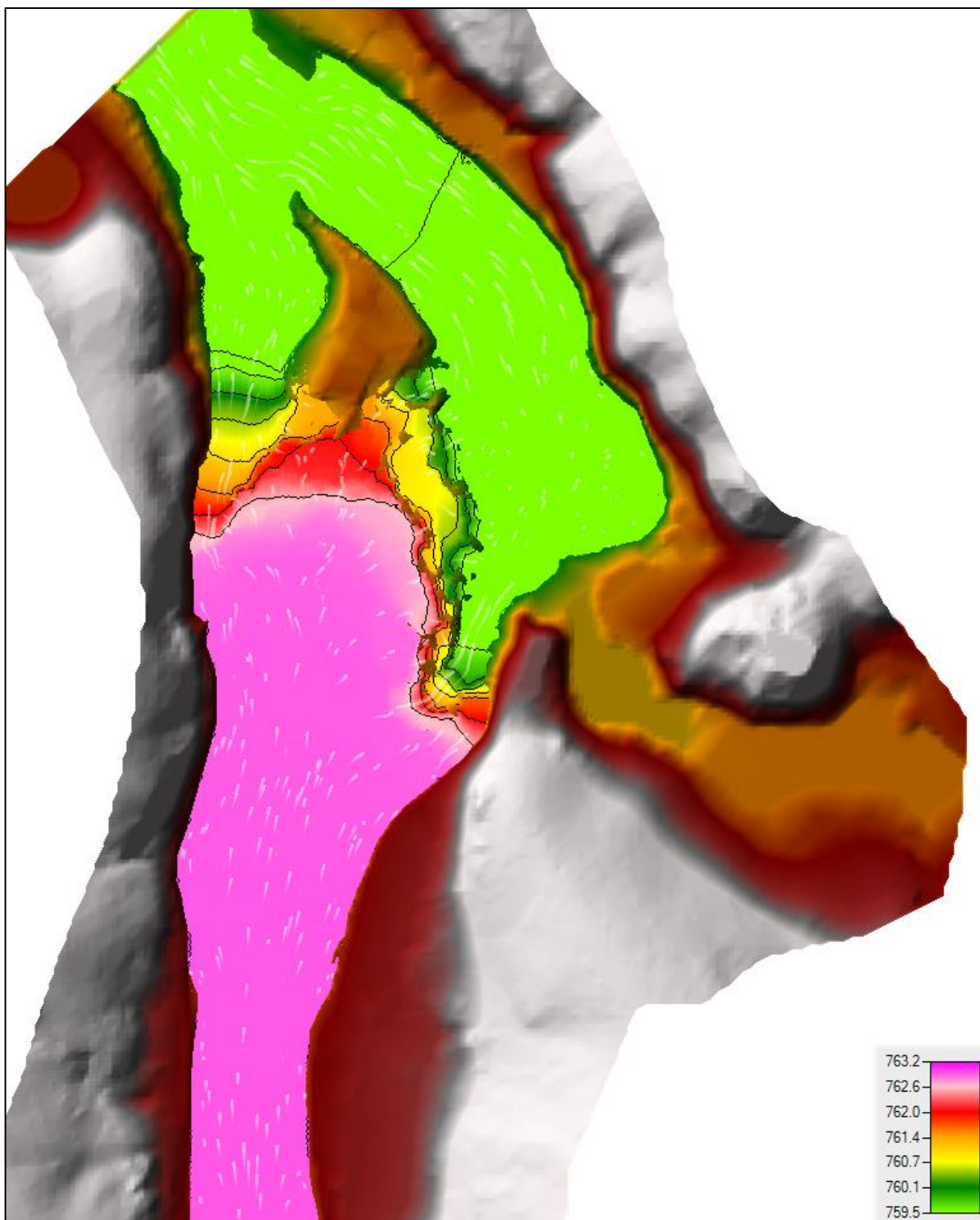


Figura 70 – Calibragem modelo bidimensional – MD02 – Q = 30,14 m³/s



### 5.3.1.6 Perfil Simultâneo

Foram realizadas três medições de níveis de água simultâneos para a PCH Canoas, mas foram utilizadas apenas duas, pois a primeira e a segunda medição são praticamente idênticas. A figura a seguir apresenta o local das medições.



Figura 71 – Local das medições de níveis de água simultâneos

Através das medições de descarga líquida e das réguas, encontrou-se que a primeira medição de níveis de água simultâneo foi realizada com vazão afluente total de 105 m<sup>3</sup>/s e a segunda com 45 m<sup>3</sup>/s.

Quadro 72 – Calibragem perfil simultâneo

MARGEM ESQUERDA							
PONTO	ESTACA	PF02 – Q = 45 m <sup>3</sup> /s			PF01 – Q = 105 m <sup>3</sup> /s		
		MEDIÇÃO (m)	MODELO (m)	Δ (m)	MEDIÇÃO (m)	MODELO (m)	Δ (m)
PS01	0	758,95			759,29		
PS02A	132	758,97	758,93	-0,04	759,33	759,31	-0,02
PS03A	223	759,01	758,96	-0,05	759,34	759,34	0,00
PS04A	339	759,00	758,98	-0,02	759,34	759,35	0,01
PS05	474		761,48		761,24	761,65	0,41
PS06	538	762,79	762,91	0,12	762,93	763,05	0,12
PS07	602		762,96		763,13	763,11	-0,02
PS08	682	762,97	762,96	-0,01	763,14	763,12	-0,02
PS09	797	762,98	762,98	0,01	763,16	763,14	-0,02
MARGEM DIREITA							
PONTO	ESTACA	PF02 – Q = 45 m <sup>3</sup> /s			PF01 – Q = 105 m <sup>3</sup> /s		
		MEDIÇÃO (m)	MODELO (m)	Δ (m)	MEDIÇÃO (m)	MODELO (m)	Δ (m)
PS10	367	759,16	759,16	0,00	759,52	759,49	-0,03
PS11	494	759,19	759,18	-0,01	759,54	759,52	-0,02
PS12	676	762,91	762,96	0,05	763,09	763,11	0,02

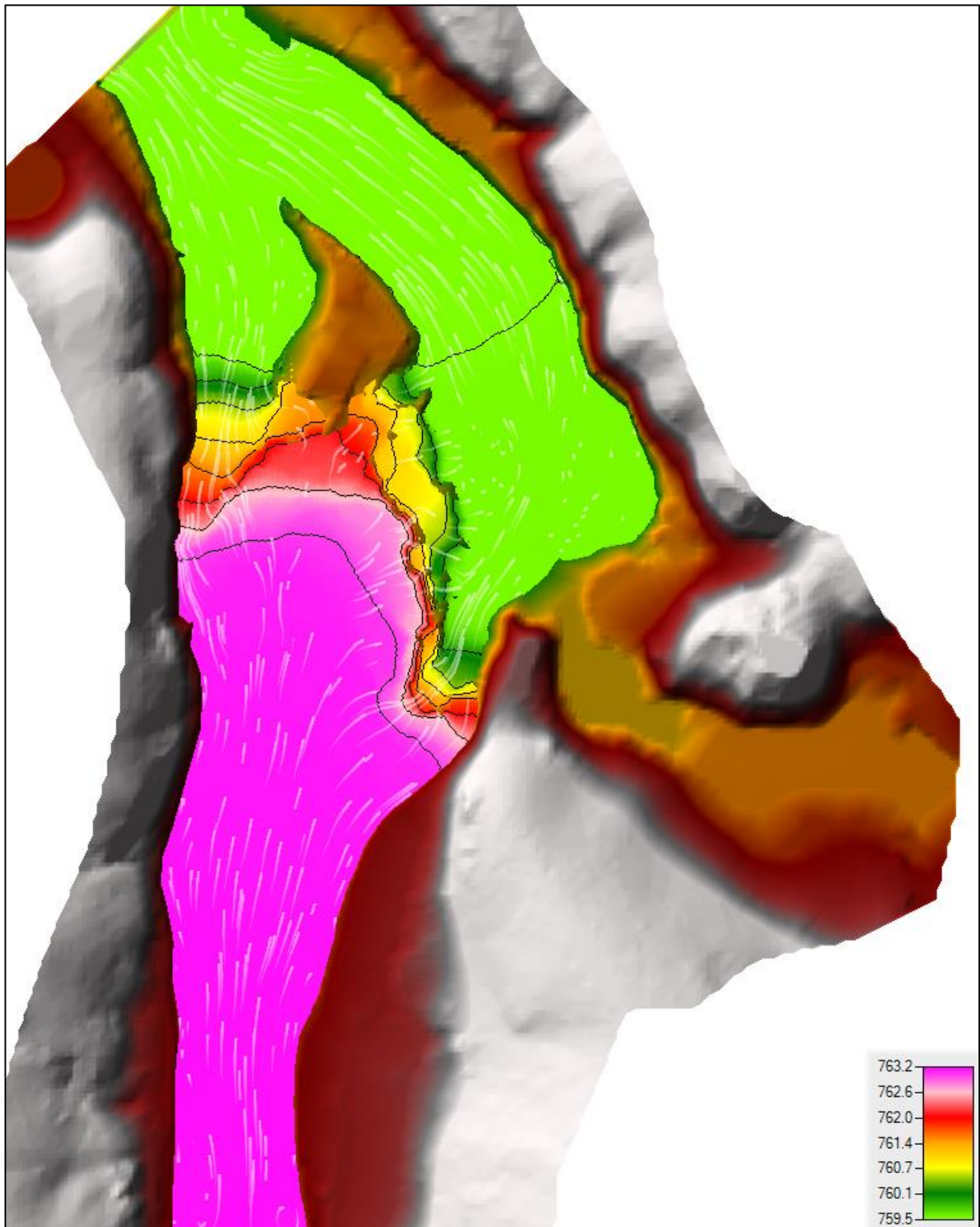


Figura 72 – Calibragem modelo bidimensional – PF01 –  $Q = 105 \text{ m}^3/\text{s}$



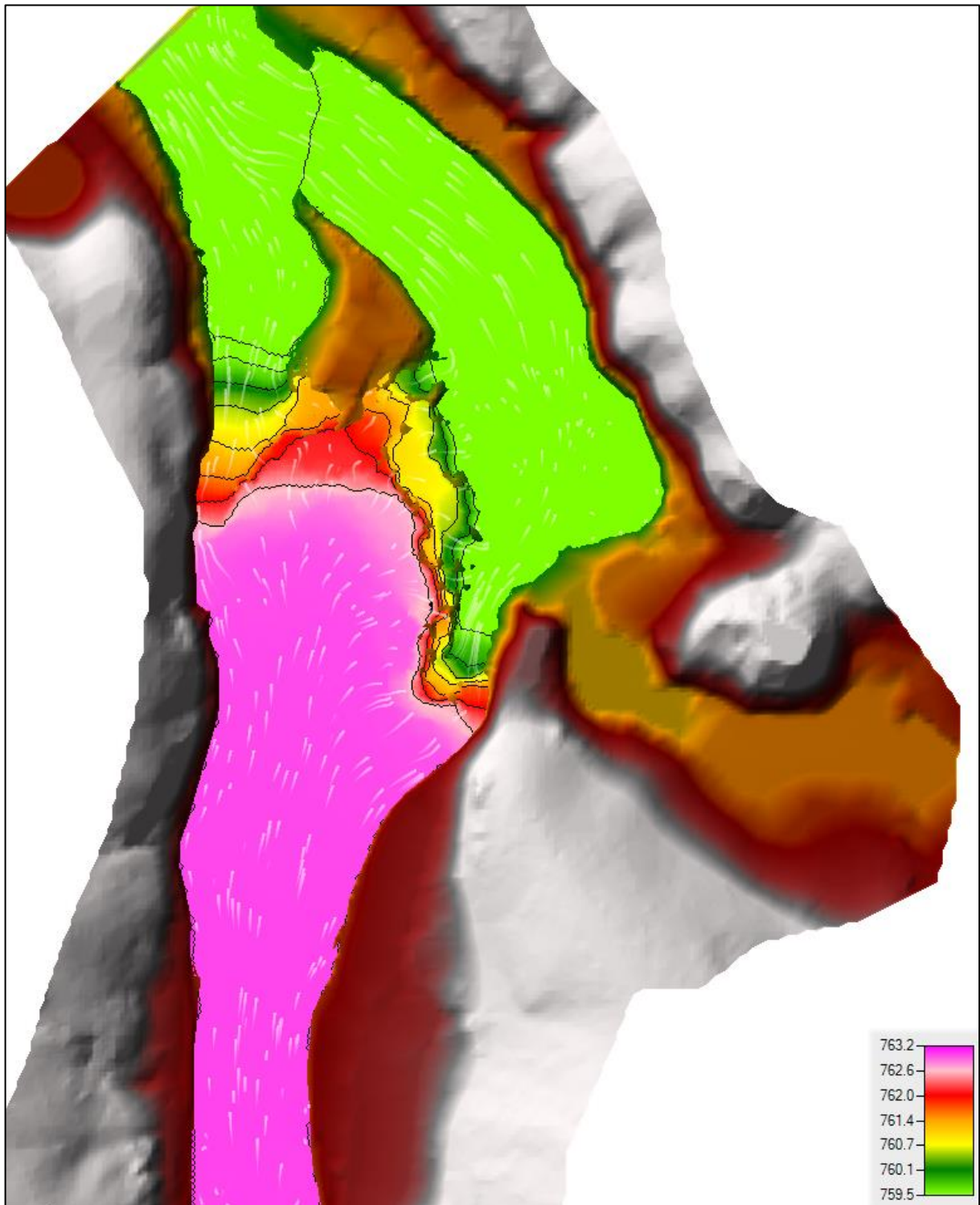


Figura 73 – Calibragem modelo bidimensional – PF02 –  $Q = 45 \text{ m}^3/\text{s}$

### 5.3.1.7 Influência do Reservatório da UHE São Roque

A curva de descarga do vertedouro da UHE São Roque foi inserida como condição de contorno de jusante no modelo matemático unidimensional, apresentada a seguir.

Quadro 73 – Curva de descarga vertedouro UHE São Roque

Vazão após rio Marrecas (m³/s)	Vazão antes do rio Marrecas (m³/s)	NA (m)
0	0	760,00
300	128	760,00
443	190	760,35
717	307	760,70
1087	466	761,05
1537	658	761,40
2062	883	761,75
2660	1139	762,10
3317	1420	762,45
4046	1732	762,80
4832	2068	763,15
5669	2427	763,50
6571	2813	763,85
7533	3225	764,20
8530	3652	764,55
9572	4098	764,90
10710	4585	765,25
11853	5075	765,60
13083	5601	765,95
13481	5771	766,06

### 5.3.1.8 Resultados

#### 5.3.1.8.1 Curvas de Descarga

Com base no modelo matemático, foram obtidas a curva de descarga do canal de fuga da PCH Canoas para a condição natural e com a influência do reservatório da UHE São Roque. O quadro e figura a seguir apresentam o resultado da curva de descarga e compara com a curva dos Estudos de Inventário.

Quadro 74 – Curva de descarga canal de fuga PCH Canoas

Vazão (m³/s)	Nível de Água (m)		
	Natural	Reservatório UHE São Roque	Inventário
1	757,93	760,00	760,00
5	758,26	760,00	760,00
10	758,48	760,01	760,00
20	758,68	760,03	760,00
30	758,81	760,04	760,00
50	758,98	760,07	760,00
80	759,20	760,12	760,00
101	759,30	760,15	760,00
120	759,43	760,20	760,00
170	759,63	760,28	760,29
230	759,78	760,34	760,59
300	760,00	760,58	760,87
380	760,35	760,92	761,14
470	760,69	761,22	761,41
573	761,03	761,58	761,69
680	761,39	761,90	761,94
800	761,77	762,22	762,18
930	762,12	762,52	762,41
1080	762,45	762,84	762,65
1559	762,76	763,18	763,36
1877	763,69	764,05	763,80
2278	764,13	764,55	764,32
2575	764,65	765,15	764,64
2871	765,02	765,57	764,95
3846	765,37	765,96	765,80
4820	766,47	767,16	766,50
5640	767,47	768,25	767,00



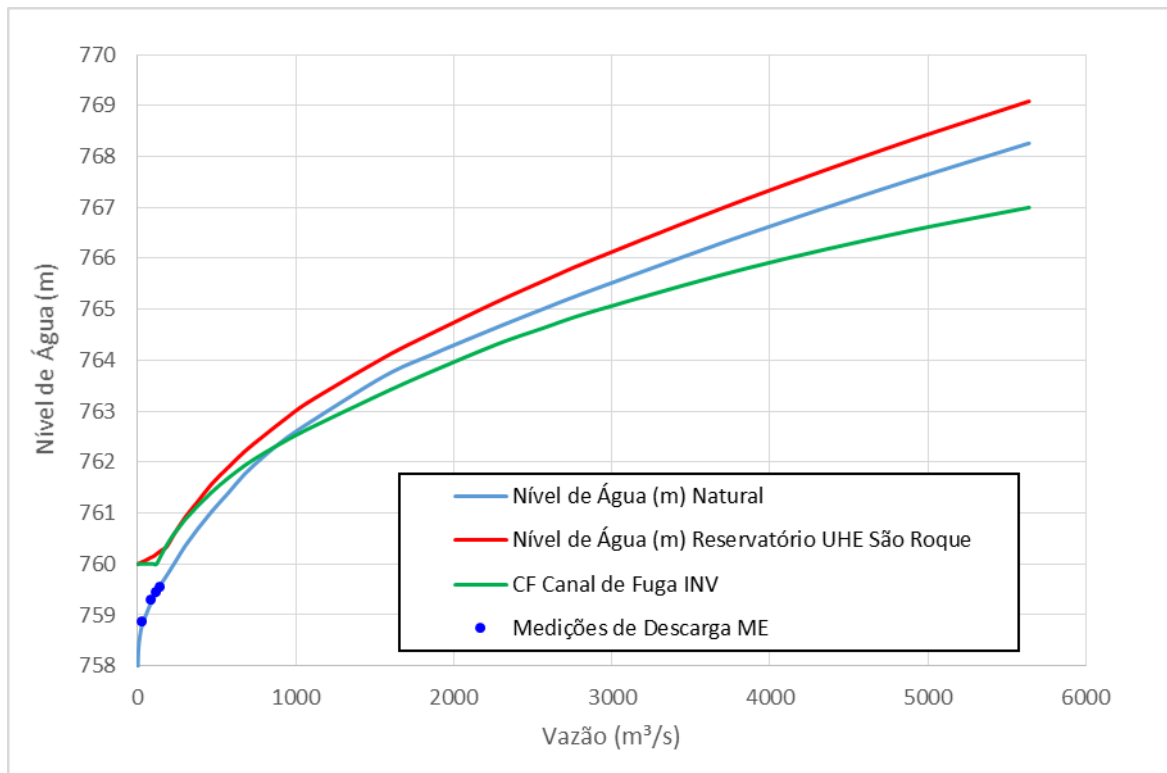


Figura 74 – Curva de descarga canal de fuga PCH Canoas

#### 5.3.1.8.2 Desvio do Rio

Os resultados calculados para o desvio do rio são apresentados no item 5.3.2 abaixo (na página nº 209).

#### 5.3.1.8.3 Influência no Canal de Fuga da PCH Pery II

A cota de proteção do canal de fuga da PCH Pery está na El. 783,0 m, de acordo com o Projeto Básico Consolidado (2008). O dimensionamento foi realizado para uma vazão de 2.381 m³/s (segundo aquele estudo é a vazão de 10.000 de recorrência anual).

De acordo com os cálculos dos estudos de remanso, a figura e o quadro a seguir apresentam a curva de descarga no canal de fuga da PCH Pery para as condições naturais e após a implantação do reservatório da PCH Canoas. A partir da El. 782,50 não há diferença entre as duas condições distintas.

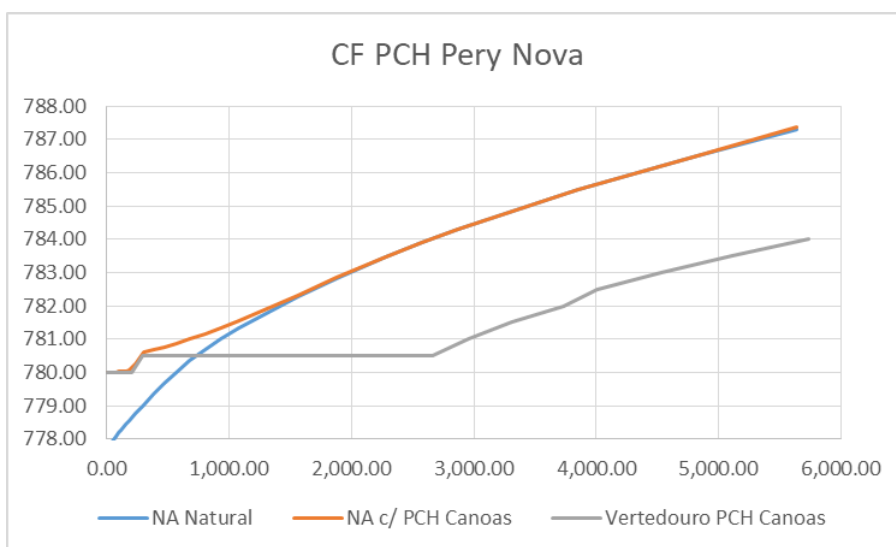


Figura 75 – PCH Pery – Análise do nível de água no canal de fuga

Quadro 75 – PCH Pery – Análise do nível de água no canal de fuga

Q	NA Natural	NA c/ PCH Canoas
50,00	777,93	780,00
80,00	778,08	780,01
101,10	778,18	780,02
120,00	778,27	780,03
155,00	778,43	780,04
184,69	778,56	780,06
230,00	778,75	780,25
300,00	779,03	780,61
380,00	779,36	780,67
470,00	779,67	780,75
572,70	780,00	780,86
680,00	780,34	780,99
800,00	780,67	781,15
930,00	781,00	781,34
1.079,80	781,34	781,56
1.559,20	782,28	782,33
1.876,60	782,83	782,84
2.277,70	783,47	783,47
2.575,20	783,90	783,90
2.870,50	784,31	784,31
3.846,30	785,49	785,48
4.820,40	786,51	786,49
5.640,05	787,31	787,36

### 5.3.2 Desvio do Rio

#### 5.3.2.1 Cheias de Projeto e Proteções Adotadas

O tempo de recorrência determinado para o desvio do barramento da PCH Canoas foi de 50 anos anual para o desvio de 1ª fase e de 10 anos seco para o desvio de 2ª fase. Essas proteções foram estipuladas considerando o tempo de exposição previsto no cronograma de obras para cada fase e o nível de importância das estruturas internas às áreas ensecadas. O quadro a seguir apresenta a proteção para cada fase do desvio.

Quadro 76 – Proteção do desvio do rio no barramento

Fase de Desvio	1ª	1ª	2ª	2ª
Ensecadeira	Montante	Jusante	Montante	Jusante
Vazão (m³/s)	2.522,2	2.522,2	737,4	737,4
Cheia de Proteção	50 anos anual	50 anos anual	10 anos seco	10 anos seco
El. Crista (m)	769,10	765,70	772,20	764,90 / 763,10
Nível de Água (m)	768,27	765,12	771,59	764,26 / 762,46
Borda Livre (m)	0,83	0,68	0,61	0,54 / 0,64

O prejuízo de um eventual galgamento caracteriza-se na recuperação das ensecadeiras, esgotamento e limpeza da área ensecada.

#### 5.3.2.2 Desvio Barramento – 1ª Fase

Na primeira fase do desvio do rio, a margem direita será alargada cerca de 25 m, com fundo no topo rochoso. Após a retirada do solo da margem direita, o lançamento da pré ensecadeira através da margem esquerda pode começar.

A pré-ensecadeira foi projetada de enrocamento lançado, com crista na El. 764,00 m e com 3 m de largura.

Finalizada com solo na face oposta ao contato com água, a ensecadeira completa da primeira fase é composta de solo compactado, transição fina e graúda e enrocamento lançado. Foi projetada para suportar a cheia de 50 anos de recorrência anual (2.522,2 m³/s), com uma borda livre de 83 cm (Quadro 76)

No interior da área ensecada, além do circuito de geração, ombreira esquerda e bloco de ligação, serão implantadas as estruturas destinadas ao desvio da segunda fase: vertedouro de comportas segmento e 2 blocos do vertedouro de soleira livre (44 m no total). As características dos vertedouros estão descritas no item 5.3.3.

A penúltima atividade do desvio de primeira fase deve ser o fechamento das comportas da tomada de água e da casa de força, que precederão a retirada da ensecadeira de primeira fase.

As configurações dos canais escavados, bem como das ensecadeiras a serem implantadas nesta fase de desvio estão apresentadas no desenho SCA-2C-DEDV-001.

As figuras a seguir apresentam o comportamento do escoamento durante o desvio de 1ª fase.

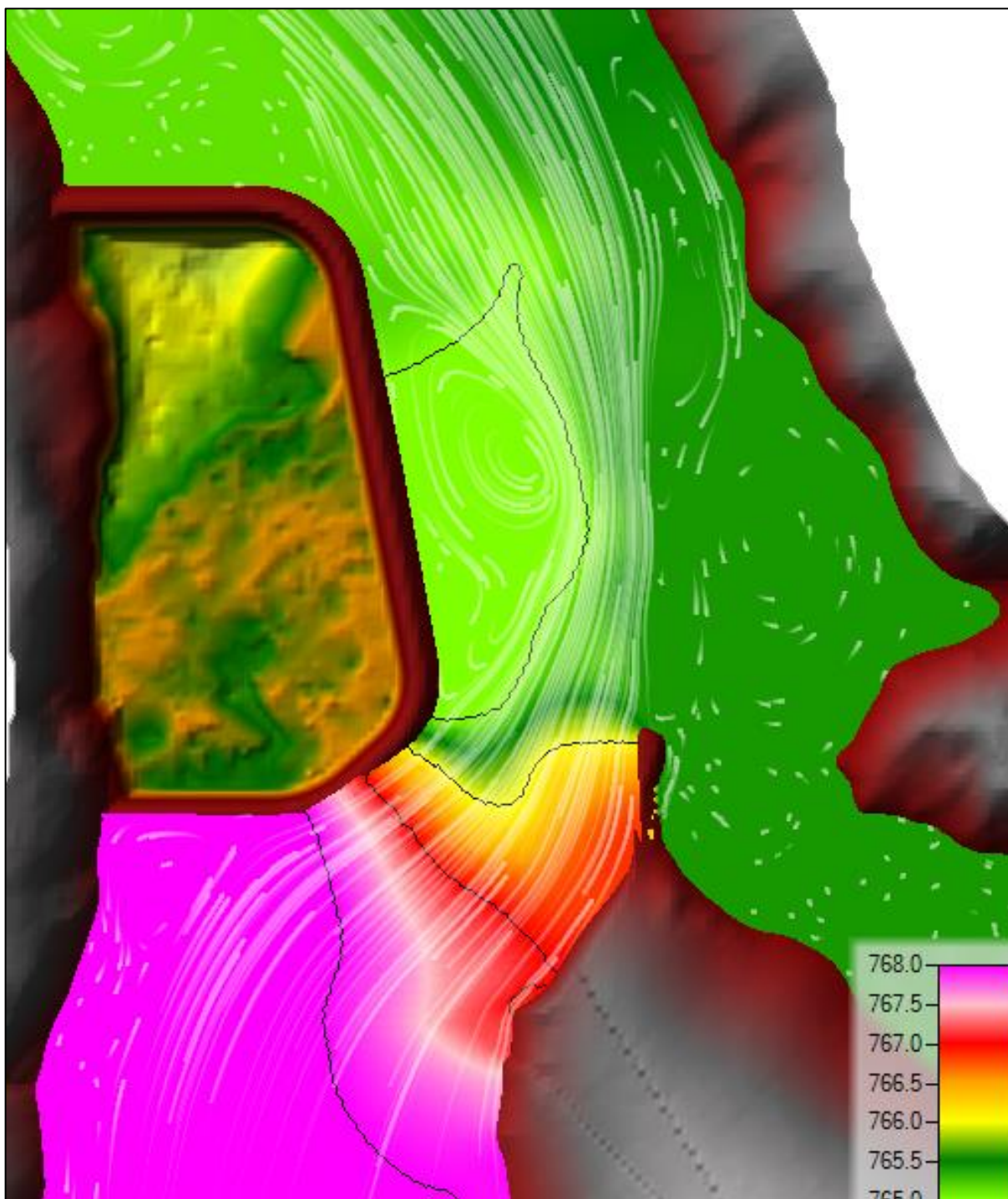


Figura 76 – Desvio 1ª fase –Mapa de cores do nível de água e vetores de velocidade

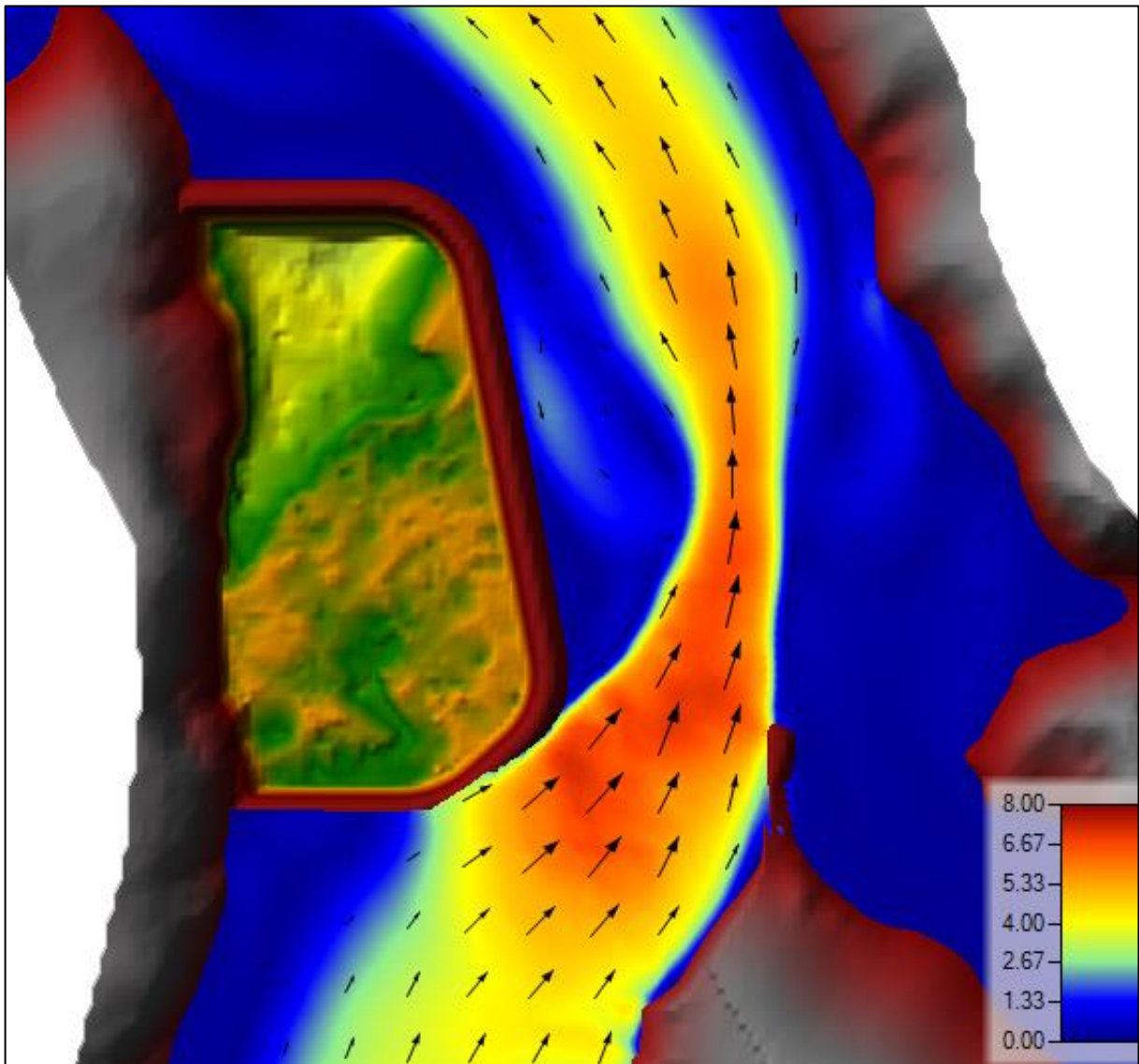


Figura 77 – Desvio 1ª fase – Mapa de cores da velocidade do escoamento

### 5.3.2.3 Desvio Barramento – 2ª Fase

Após a conclusão destas estruturas será realizada a remoção da ensecadeira longitudinal da primeira fase para dar início ao desvio da segunda fase.

O desvio do rio da segunda fase será realizado através das estruturas anteriormente mencionadas. Para tanto, foi considerada como vazão de desvio a vazão de 737,4 m<sup>3</sup>/s, correspondente a cheia de 10 anos de recorrência do período seco (Quadro 76).

Para ensecar a área destinada a implantação da estrutura do vertedouro no leito do rio, foram projetadas duas ensecadeiras: de montante com topo na El. 772,20 m e de jusante com topo na El. 764,90 m até o fim da primeira curva, realizando uma descida com 5% de inclinação até a El. 763,10 m. Estas ensecadeiras serão de enrocamento lançado e vedado com solo na face oposta à água.



No interior da área ensecada serão implantados 96 m do vertedouro de soleira livre e a barragem de enrocamento da margem direita. Para dar celeridade ao desvio de 2ª fase, o muro ala na barragem deve ser construído ao longo do desvio de 1ª fase.

A configuração do desvio de segunda fase - primeira etapa está apresentada no desenho SCA-2C-DEDV-002. As figuras a seguir apresentam o comportamento do escoamento durante o desvio de 2ª fase.

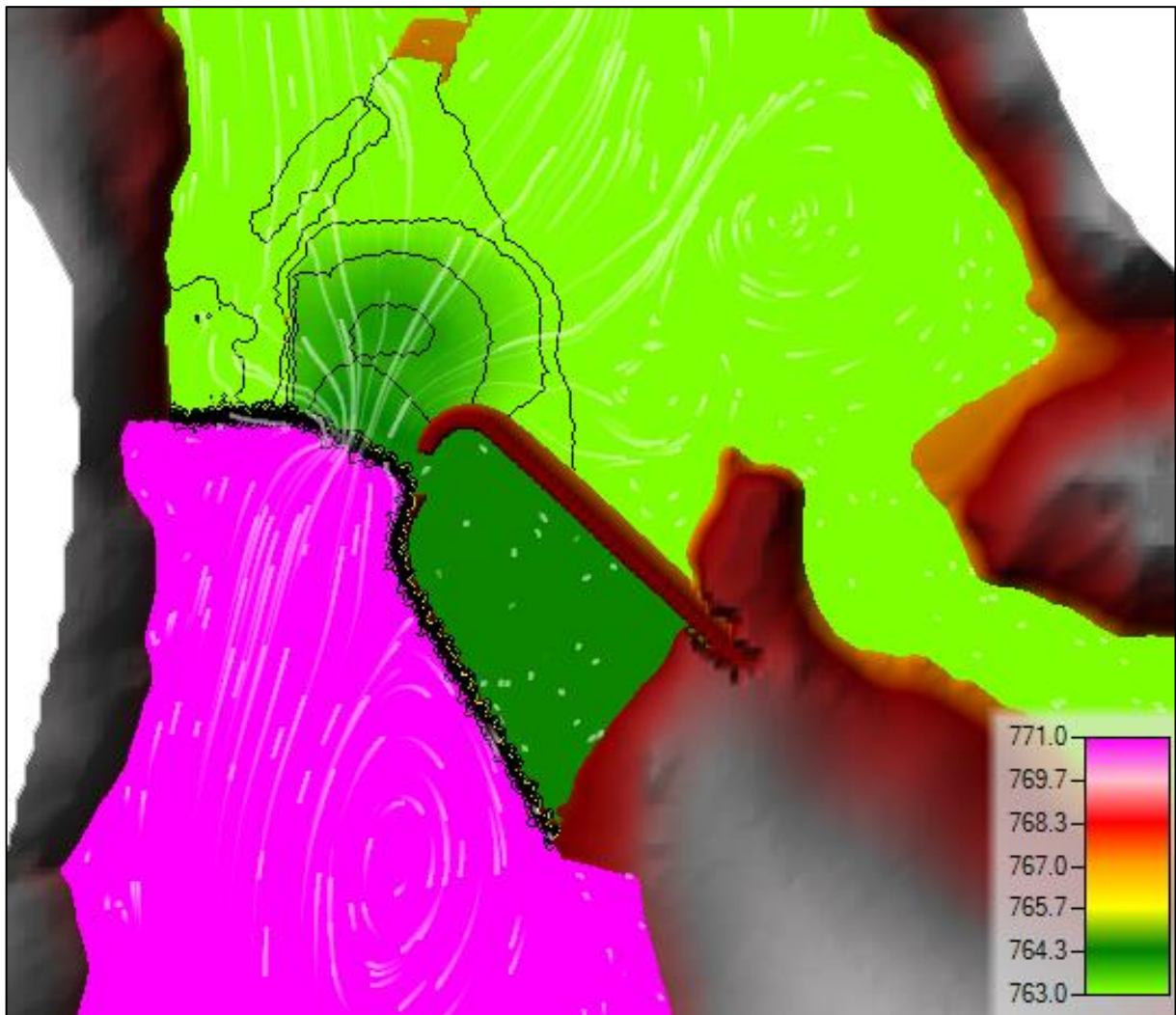


Figura 78 – Desvio 2ª Fase – Mapa de cores do nível de água e vetores de velocidade



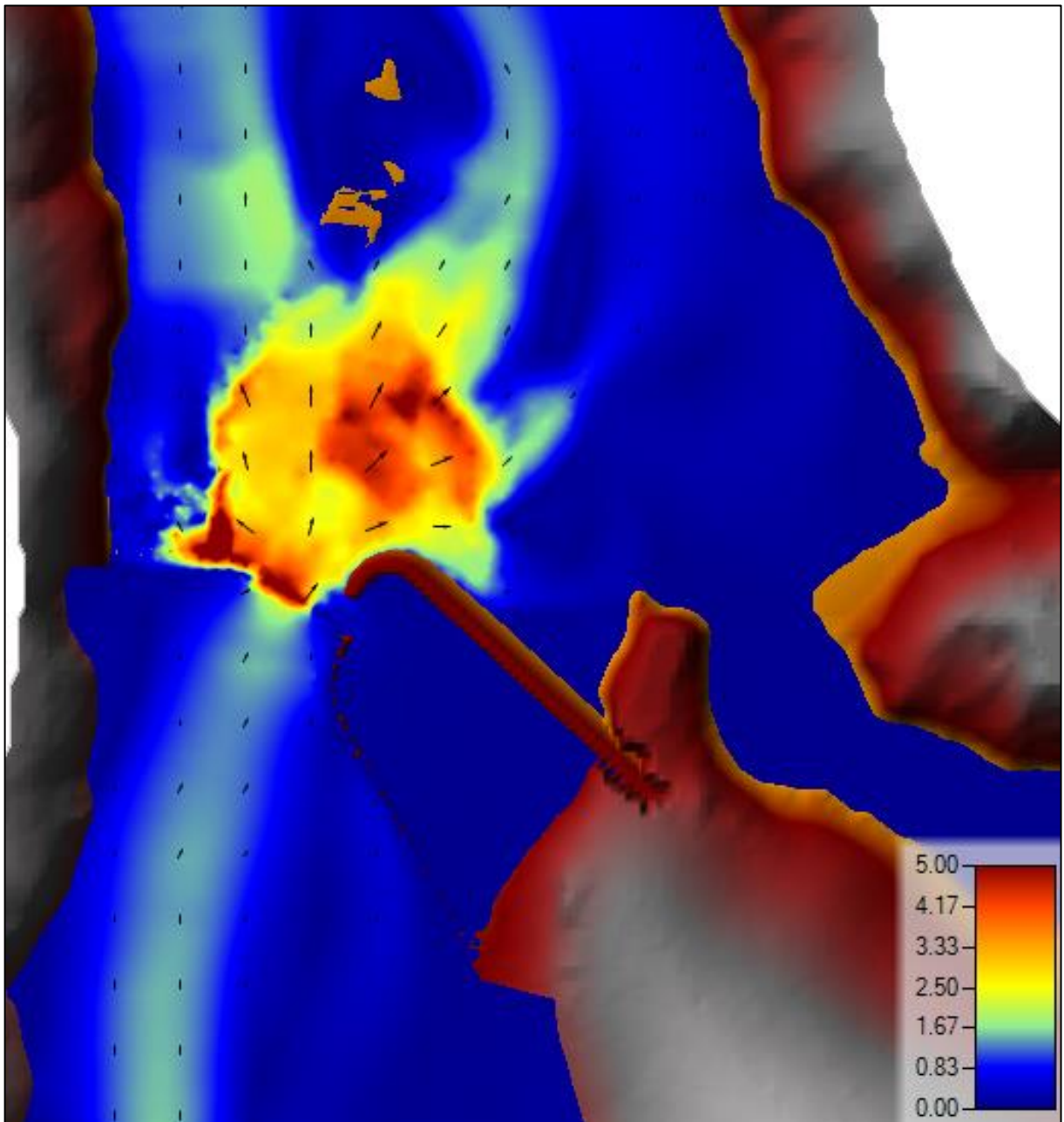


Figura 79 – Desvio 2ª Fase – Mapa de cores da velocidade do escoamento

### 5.3.3 Dispositivos de Descarga de Cheias

Os dispositivos de descarga de cheias da PCH Canoas consistem em um vertedouro de soleira livre, com 140 m de largura e crista na El. 780,00 m, e um vertedouro controlado por duas comportas segmento, cada uma com 8 m de largura, 18,5 m de altura e soleira na El. 763,00 m.

As curvas de descarga dos dois vertedouros são apresentadas a seguir. A regra de operação definida para o Projeto Básico é permitir a sobrelevação de 50 cm do reservatório para começar a abrir as comportas. Assim é possível obter um ganho energético e um aumento de 50 cm na queda de referência das turbinas.

Quadro 77 – Vertedouros PCH Canoas – Curva de descarga

Nível de Água (m)	Vazão (m³/s)		
	Total	Vertedouro Soleira Livre	Vertedouro Comportas
780,00	0,00	0,00	0,00
780,50	91,02	91,02	0,00
780,50	2.459,15	91,02	2.368,13
781,00	2.751,53	270,34	2.481,19
781,50	3.108,89	515,71	2.593,18
782,00	3.528,06	820,82	2.707,23
782,50	4.003,03	1.178,51	2.824,53
783,00	4.531,52	1.585,24	2.946,28
783,50	5.111,31	2.040,97	3.070,34
784,00	5.736,99	2.541,23	3.195,76

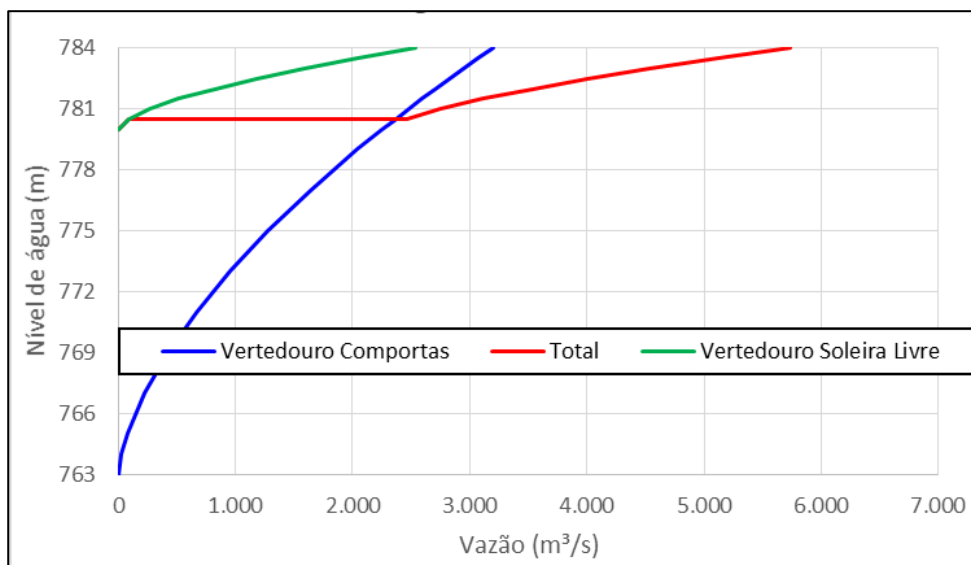


Figura 80 – Vertedouros PCH Canoas – Curva de descarga

#### 5.3.3.1 Vertedouro de Soleira Livre

O vertedouro de soleira livre da PCH Canoas apresenta-se incorporado ao barramento, sendo executado em concreto compactado com rolo (CCR). A soleira vertente apresenta soleira de pequena espessura e perfil hidráulico de maneira a melhorar o seu coeficiente de descarga.

A soleira vertente possui pequena espessura e perfil hidráulico Creager, de maneira a melhorar o coeficiente de descarga do vertedouro. O perfil da soleira vertente foi definido para carga de projeto de 3,01 m. A carga máxima no vertedouro foi projetada em 3,93 m, correspondente à vazão decamilenar. O fundo na aproximação foi considerado na El. 762,00 m, assim a profundidade de aproximação resultou em 18,00 m. O coeficiente de descarga para a carga de projeto foi considerado igual a 2,18.

Para favorecer a dissipação de energia, o paramento de jusante é composto de degraus, além de uma laje de comprimento de 5,00 m no pé da barragem.

O dimensionamento do vertedouro foi executado de maneira a possibilitar o escoamento da cheia com recorrência decamilenar e pico instantâneo. Considerando ambos os vertedouros trabalhando simultaneamente, o nível de água máximo excepcional resultou em 783,93 m. Assim, a carga máxima sobre a soleira do vertedouro resultou em 3,93 m para escoamento da vazão de 2.460 m<sup>3</sup>/s, conforme apresentado no Quadro 77.

O detalhamento do vertedouro é apresentado nos desenhos SCA-2C-DEBA-001.

#### 5.3.3.2 Vertedouro de Comportas Segmento

O vertedouro controlado por comportas segmento apresenta-se incorporado ao barramento, sendo executado em concreto estrutural.

A soleira vertente possui pequena espessura e perfil hidráulico Creager, de maneira a melhorar o coeficiente de descarga do vertedouro. O perfil da soleira vertente foi definido para carga de projeto de 16,11 m. A carga máxima no vertedouro foi projetada em 20,93 m, correspondente à vazão decamilenar. O fundo na aproximação foi considerado na El. 759,00 m, de modo que a profundidade de aproximação foi considerada em 4,00 m. O coeficiente de descarga para a carga de projeto foi considerado igual a 2,18.

O dimensionamento do vertedouro foi executado de maneira a possibilitar o escoamento da cheia com recorrência decamilenar e pico instantâneo. Considerando ambos os vertedouros trabalhando simultaneamente, o nível de água máximo excepcional resultou em 783,93 m. Assim, a carga máxima sobre a soleira do vertedouro resultou em 20,93 m para escoamento da vazão de 3.180 m<sup>3</sup>/s, conforme apresentado no Quadro 77.

Quando abertas as comportas, o vertedouro de comportas segmento também funcionará como descarregador de fundo, eliminando parte dos sedimentos depositados no reservatório.

O detalhamento do vertedouro é apresentado nos desenhos SCA-2C-DEVT-001 a 004.

#### 5.3.4 Borda Livre

O topo das estruturas foi estabelecido na El. 786,00 m, através da análise de operação da vazão decamilenar com falha na abertura de uma das comportas segmento. Nessas condições, o nível de água alcança a El. 785,19 m, passando 1.747 m<sup>3</sup>/s pela comporta segmento aberta e 3.893 m<sup>3</sup>/s pelo vertedouro de soleira livre.

Como o topo das estruturas foi estabelecido na El. 786,00 m e o nível de água máx maximorum resultou na El. 783,93 m em condições ideais de operação durante a cheia decamilenar, a borda livre resultante foi de 2,07 m.

#### 5.3.5 Circuito Hidráulico de Geração

O circuito hidráulico de geração, proposto na margem esquerda, compõe-se de tomada de água, condutos forçados, casa de força (três unidades Kaplan Tubular S de 10,0 MW cada) e canal de fuga. O sistema foi dimensionado para as vazões turbinadas a seguir:

- Vazão de projeto: 177,03 m<sup>3</sup>/s;
- Vazão máxima turbinada: 180,01 m<sup>3</sup>/s;
- Vazão máxima turbinada unitária: 60,00 m<sup>3</sup>/s;
- Vazão mínima turbinada: 18,00 m<sup>3</sup>/s;
- Vazão sanitária: 0 m<sup>3</sup>/s

##### 5.3.5.1 Tomada de Água

A tomada de água projetada é do tipo gravidade aliviada, com coroamento na El. 786,00 m, soleira na El. 762,0 m e fundação na El. 761,0 m.

A sua estrutura é de concreto armado, com 25 m de altura, 27,10 m de largura e 16,40 m de comprimento. A elevação da soleira da tomada de água foi definida conforme fundo do rio. Assim, o dimensionamento hidráulico permite um deplecionamento do nível de água do reservatório de 9,3 m.

A montante da tomada de água foi projetada um muro de concreto na El. 765,0 m com o intuito de formar uma barreira contra os sedimentos do reservatório.

Esta estrutura apresenta-se com 3 vãos de 6,3 m de largura que se destinam a instalação de grades de mesma largura por 9,00 m de altura. As suas barras apresentam 1,25 cm de espessura e 9,50 cm de espaçamento e consistem em uma barreira para entrada de detritos no circuito de geração. A limpeza das grades deve ser feita com limpa grades automático conforme a necessidade. Ambas as grades ficarão instaladas com a soleira na El. 762,0 m e o topo na El. 771,0 m.

Em seguida, estes 3 vãos passam a ter largura de 4,3 m, onde em cada um destes vãos serão instaladas uma comporta ensecadeira e uma comporta vagão, com as mesmas dimensões. Cada comporta possui 4,3 m de largura por 5,5 m de altura.

Nos quadros a seguir são apresentadas as dimensões da comporta e da grade atendendo aos critérios hidráulicos de dimensionamento e a submersão mínima para a PCH Canoas.

Quadro 78 – Dimensionamento da grade e comporta da tomada de água

Grade		Comporta	
Q <sub>máx</sub> turbinada (m <sup>3</sup> /s)	180,01	Q <sub>máx</sub> turbinada (m <sup>3</sup> /s)	180,01
Quantidade	3	Quantidade	3
L projeto (m)	6,3	L projeto (m)	4,3
H projeto (m)	9,0	H projeto (m)	5,5
A projeto (m <sup>2</sup> )	170,1	A projeto (m <sup>2</sup> )	70,95
V projeto (m/s)	1,06	V projeto (m/s)	2,54

Quadro 79 – Submersão na Tomada de Água

Características	Valores
N.A. máx. normal (m)	780,00
N.A. mínimo (m)	779,00
Q <sub>máx</sub> turbinada (m <sup>3</sup> /s)	180,01
C	0,5434
n° de Froude	0,35
Submersão (m)	3,23
Elevação máxima (m)	770,3
Elevação adotada (m)	762,0

### 5.3.5.2 Condutos Forçados

A transição da tomada de água para os condutos forçados é realizada suavemente através de 11 m. Ao fim da transição, cada conduto, que possui 4,20 m de diâmetro e 19,7 m de comprimento no eixo, desenvolve-se através de uma curva com 10 m de raio e ângulo de 45°. Após a curva, o conduto forçado possui um trecho linear de 4,6 m de comprimento e finaliza-se em outra curva com 10 m de raio e ângulo de 45°.

Para esse trecho do conduto forçado, a velocidade máxima é de 4,33 m/s.

### 5.3.5.3 Canal de Fuga

O canal de fuga escavado em rocha apresenta 32,2 m de largura, 15,0 m de comprimento e fundo na El. 747,40 m na saída da sucção da casa de força. Após esse trecho, o canal de fuga apresenta um alargamento para 60 m através de uma rampa com 53 m de comprimento

e 20% de inclinação até a El. 758,0 m. O canal de fuga segue com 60 m de largura e fundo na El. 758,0 m por aproximadamente 45 m até encontrar a El. 758,0 m no fundo do rio.

A velocidade no trecho inicial do canal de fuga é de 0,43 m/s e no trecho final é de 1,29 m/s.

O item 5.3.1.8.1 apresenta a curva de descarga do canal de fuga, determinada através dos Estudos de Remanso e de medições de descarga líquida.

#### 5.3.5.4 Perdas de carga no circuito hidráulico de geração

O quadro a seguir apresenta as dimensões básicas e as perdas de carga ao longo de todo o circuito hidráulico de geração, para a vazão máxima turbinada de 180,01 m<sup>3</sup>/s referente à potência instalada de 30,0 MW.

Quadro 80 – Perdas de carga circuito de geração

<b>1. PERDAS DE CARGA NA TOMADA D'ÁGUA</b>	
<b>1.1. Perda de carga localizada na aproximação</b>	
Base (m) =	10,30
Altura (m) =	18,00
Área (m <sup>2</sup> ) =	185,40
Velocidade (m/s) =	0,32
Coefficiente K =	0,100
Perdas (m) =	0,001
<b>1.2. Perda de carga localizada nas grades</b>	
Inclinação das barras (°) =	75
Espessura das barras (cm) =	1,25
Distância entre as barras (cm) =	9,50
Fator de forma das barras =	2,42
Velocidade nas barras (m/s) =	1,06
Coefficiente K =	0,167
Perdas (m) =	0,010
<b>1.3. Perda de carga localizada no nicho da comporta</b>	
Base (m) =	4,30
Altura (m) =	5,50
Área (m <sup>2</sup> ) =	23,65
Velocidade (m/s) =	2,54
Coefficiente K =	0,100
Perdas (m) =	0,033
<b>1.4. Perda de carga contínua na câmara de carga</b>	
Comprimento (m) =	12,0
Base (m) =	4,30
Altura (m) =	5,50
Diâmetro equivalente (m) =	4,83
Velocidade (m/s) =	2,54
Número de Manning (m-1/3.s) =	0,014
Fator de atrito =	0,014
Perdas (m) =	0,012
<b>1.5. Perda de carga localizada na transição tomada de água x conduto</b>	
Velocidade na tomada =	2,54
Velocidade no conduto =	4,33



	Coeficiente K =	0,100
	Perdas =	0,033
	<b>Perda total na TOMADA D'ÁGUA (m) =</b>	<b>0,087</b>
<b>2. PERDAS DE CARGA NOS CONDUTOS FORÇADOS</b>		
2.1. Perdas contínuas		
	Comprimento (m) =	19,70
	Diâmetro (m) =	4,20
	Área (m <sup>2</sup> ) =	13,85
	Velocidade (m/s) =	4,33
	Número de Manning (m-1/3.s) =	0,0115
	Fator de atrito =	0,0102
	Perdas (m) =	0,046
2.2. Perdas localizadas em curvas		
	Número de curvas =	2
	Ângulo da curva =	45,0
	Raio =	10,0
	Diâmetro =	4,200
	Velocidade =	4,331
	Coeficiente K =	0,096
	Perdas =	0,184
	<b>Perda total no CONDUTO FORÇADO (m) =</b>	<b>0,230</b>
<b>3. PERDAS DE CARGA NO CANAL DE FUGA</b>		
3.1. Perdas localizadas na saída do tubo de sucção		
	Área Saída Sucção (m <sup>2</sup> ) =	31,08
	Velocidade (m/s) =	1,93
	Área CF (m <sup>2</sup> ) =	416,28
	Coeficiente K =	0,856
	Perdas (m) =	0,163
3.2. Perdas contínuas no canal de fuga		
	Comprimento (m) =	45,00
	Área (m <sup>2</sup> ) =	139,53
	Perímetro (m) =	64,65
	Raio Hidráulico (m) =	2,16
	Velocidade (m/s) =	1,29
	Coeficiente de Manning =	0,025
	Perdas (m) =	0,017
	<b>Perda total no CANAL DE FUGA (m) =</b>	<b>0,179</b>
	<b>Perda total no CIRCUITO DE GERAÇÃO (m) =</b>	<b>0,497</b>

### 5.3.6 Vazão Remanescente

Durante a operação da PCH Canoas não será criado trecho de vazão reduzida.

No eventual caso de ser necessário permitir a passagem de vazão sanitária, seja por interrupção na geração e não vertimento, ou qualquer outro motivo, deve-se abrir 17 cm uma das comportas segmento, para a vazão  $Q_{7,10}$  calculada de 17,28 m<sup>3</sup>/s.

## 5.4 Estudos Energéticos

Este capítulo visa apresentar os estudos econômico-energéticos relativos à implantação da PCH Canoas, realizados com o intuito de definir os parâmetros energéticos deste aproveitamento. A potência instalada da PCH Canoas foi definida conforme Estudos de Motorização (item 6.5.2). Os estudos foram realizados com base em simulações energéticas a partir de um modelo computacional de usinas individualizadas.

### 5.4.1 Dados Básicos

#### Vazões médias mensais

As vazões médias mensais utilizadas nas simulações estão indicadas nos estudos hidrometeorológicos, item 5.1. O período histórico determinado foi de março de 1942 a fevereiro de 2018.

#### Vazão ecológica (sanitária e de uso consuntivo)

Nas simulações energéticas foi considerada vazão sanitária nula e vazão de uso consuntivo igual a 1,46 m<sup>3</sup>/s.

Esse valor será definido pela ANA através da resolução de outorga de usos de água. O valor de 1,46 m<sup>3</sup>/s foi definido através na análise da outorga de usos de água da PCH Ado Popinhaki (Resolução n° 1318/2014 - ANEXO 01). Foi considerado a média dos valores indicados e extrapolados entre 2020 e 2055, após correção de área de drenagem. O quadro e figura a seguir apresentam os dados utilizados e o resultado.

Quadro 81 – Vazão de usos consuntivos

AD (km <sup>2</sup> )	5.344	5.648
Ano	Consumo PCH Ado Popinhak (m <sup>3</sup> /s)	Consumo PCH Canoas (m <sup>3</sup> /s)
2015	<b>0,51</b>	0,54
2020	<b>0,60</b>	0,63
2025	<b>0,70</b>	0,74
2030	<b>0,84</b>	0,89
2035	<b>1,16</b>	1,23
2040	<b>1,37</b>	1,45
2045	<b>1,72</b>	1,82
2050	<b>2,11</b>	2,23
2055	<b>2,55</b>	2,69
Média		1,46

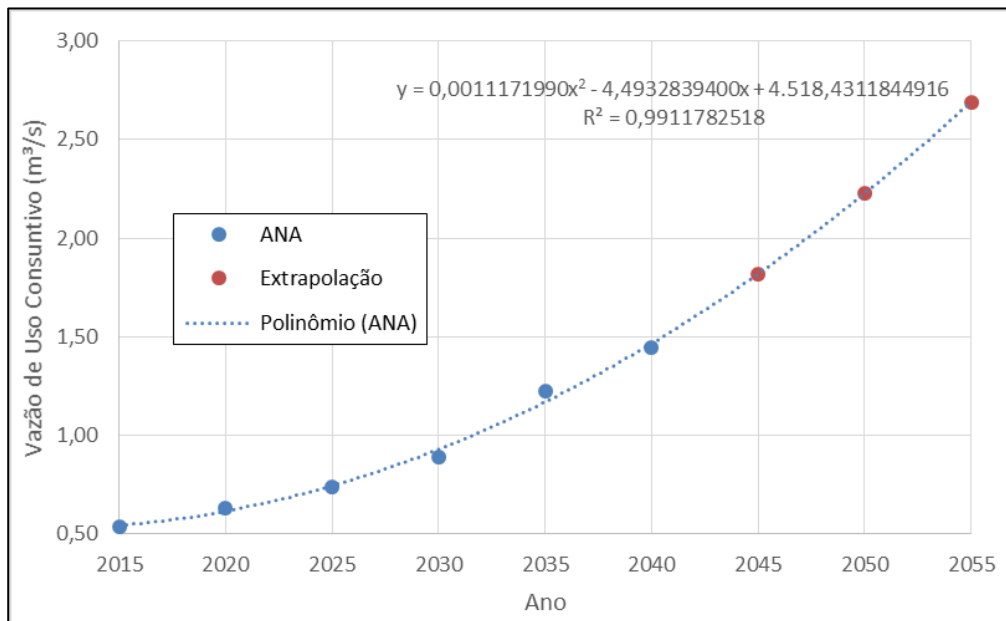


Figura 81 – Vazão de usos consuntivos – PCH Canoas

Níveis de montante

Foi considerado como nível de montante a curva de descarga conjunta dos vertedouros, conforme apresentada no 5.3.3. Quando não há vertimento, o nível de montante é igual ao nível máximo normal do reservatório, El. 780,00 m.

Níveis de jusante

A curva de descarga do rio Canoas, junto à saída do canal de fuga, foi apresentada no item 5.3.1.8.1. O nível de jusante foi considerado variado conforme a vazão turbinada, obedecendo à curva de descarga no local do canal de fuga.

Perda de carga

Foram determinadas as perdas de carga relativas a cada uma das motorizações analisadas. O item 5.3.5.4 apresenta as perdas de carga para a vazão máxima turbinada.

Indisponibilidade

Para efeito de determinação da energia assegurada, foi considerada uma indisponibilidade forçada de 1,28% do tempo total (14 dias por ano para as três máquinas), e uma indisponibilidade programada de 2,19% para manutenção (24 dias por ano para as três máquinas), totalizando uma indisponibilidade de 3,44% do tempo.

Quadro 82 – Indisponibilidade

Número de Máquinas	Indisponibilidade Forçada (A)	Indisponibilidade Programada (B)	Total de Disponibilidade (100 – A – B)
3	14/365 = 1,28 %	24/365 = 2,19 %	96,56 %

Rendimentos das unidades de geração

O rendimento nominal da turbina foi considerado como 93,07%, para o gerador o rendimento médio considerado foi de 96,78%. Assim o rendimento para o conjunto turbina/gerador resultou igual a 90,08%.

Quadro 83 – Curva de rendimento da Kaplan Tubular S Jusante

FHS	
Q	η
(%)	[%]
36%	84,3
45%	87,5
55%	89,6
64%	91,0
68%	91,5
77%	92,1
82%	92,4
86%	92,5
91%	92,7
95%	92,9
98%	93,0
100%	93,1

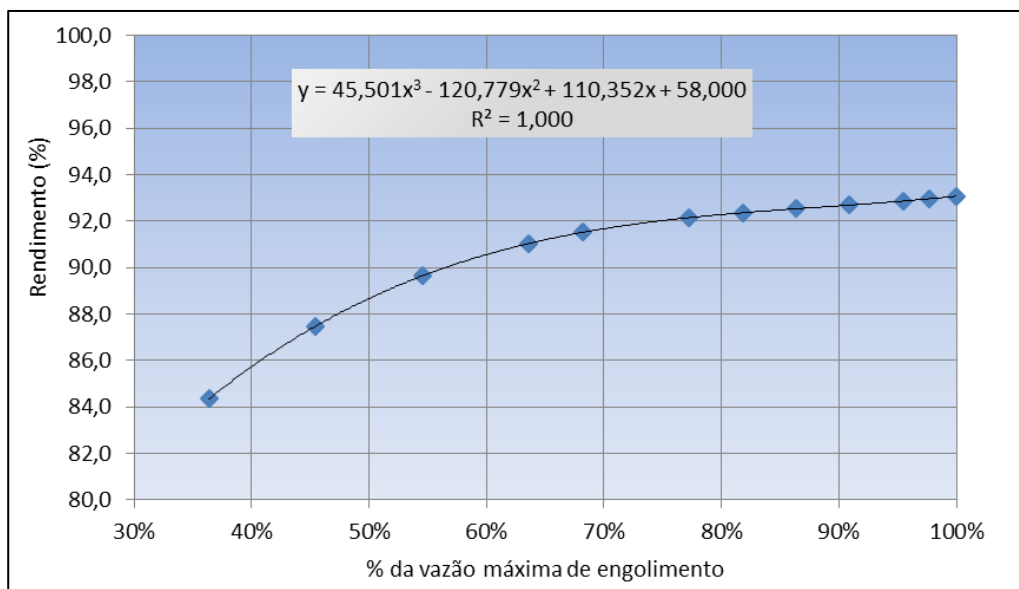


Figura 82 – Curva de rendimento da Kaplan Tubular S Jusante

### Perdas elétricas até o ponto de conexão e consumo interno

A LT que transportará a energia gerada pela PCH Canoas até a interligação com a PCH Pery II da Celesc Geração S.A. será implantada com tensão nominal de 138 kV extensão de aproximadamente 5 km, circuito simples, cabo 336,4 MCM – CA.

Para esta configuração de interligação foi considerada nos estudos uma perda elétrica de 1,371 %, além de 38 kW médios referentes ao consumo interno da usina. Os cálculos desses valores estão apresentados no Volume V – Relatório Adendo Portaria 463 (3857-SCA-2G-RTGE-002-00-18).

### Parâmetros econômicos

Foram definidos alguns critérios econômicos para serem utilizados nos estudos de alternativas presentes no relatório. São os critérios:

- Taxa de desconto: 12,0 % a.a.;
- Período de construção: 24 meses;
- Juros durante a construção: 12,14%;
- Vida útil do empreendimento: 30 anos;
- Fator de recuperação de capital: 0,1229;
- Valor da energia gerada: 226,23 R\$/MWh (valor corrigido referente ao 26º leilão A-6 de energia nova, realizado em 2017, atualizado pelo IPCA);
- Custo de operação e manutenção: 25,00 R\$/MWh;
- Impostos, seguros, comercialização e administração: 16% da receita bruta;
- Encargo TFSEE: 2,315 R\$/kW;
- Encargo TUSD: 2,6435 R\$/kW (desconto de 50% até 30 MW).

#### 5.4.2 Características Energéticas e Econômicas

As características energéticas finais do projeto da PCH Canoas, considerando os parâmetros mencionados anteriormente, são as seguintes:

- Potência instalada = 30,0 MW;
- Rendimento do conjunto turbina/gerador principal = 90,08%;
- Perda de carga máxima = 0,497 m;
- Queda bruta = 19,67 m;
- Queda líquida = 19,18 m;

- Queda de referência = 18,86 m;
- Vazão de projeto = 177,03 m<sup>3</sup>/s;
- Nível de água normal de jusante = 760,33 m;
- Nível de água mínimo de jusante = 759,05 m;
- Fator de indisponibilidade total = 3,44%;
- Perdas elétricas até o ponto de conexão = 1,371%;
- Consumo interno médio = 38,0 kW;
- Energia média = 18,56 MW;
- Fator de capacidade = 0,619 (energia média);
- Energia assegurada = 17,64 MW;
- Fator de capacidade = 0,588 (energia assegurada).

O nível de água mínimo de jusante foi calculado com base na curva de descarga natural do canal de fuga, uma vez que o reservatório da UHE São Roque poderá estar deplecionado, ou então a PCH Canoas poderá ser implantada antes da UHE São Roque.

Finalmente, calcularam-se os valores associados ao ICB (índice custo benefício) e à tarifa de referência, com o intuito de avaliar sua competitividade econômica.

O ICB, que corresponde à relação entre os custos associados ao empreendimento e o benefício decorrente da energia por ele propiciada, foi calculado com base nos seguintes parâmetros econômico-energéticos:

- Vida útil do empreendimento = 30 anos
- Taxa de juros = 12,0% ao ano
- Custo de operação e manutenção = R\$ 25,00/MWh
- Custo de investimento com JDC = R\$ 193.907.700,00
- Fator de recuperação do capital ( $n = 30$  e  $i = 12,0\%$ ) = 0,1229

Obteve-se a partir dos parâmetros supracitados um ICB de R\$ 154,14/MWh.

O custo unitário de referência (fev-2018) foi obtido corrigindo pelo IPCA o preço médio de venda da energia hídrica do leilão de energia nova A-6 n° 26, realizado no dia 20 de dezembro de 2017, resultando R\$ 226,23/MWh. Através da tarifa de referência e dos custos da PCH Canoas, encontra-se um TIR (taxa interna de retorno) de 12,1%. Comparando os resultados obtidos, chega-se à conclusão de que o empreendimento é economicamente viável e competitivo.



## 6 ESTUDOS DE ALTERNATIVAS

Durante a elaboração de um Projeto Básico, é necessário interpretar as informações disponíveis e analisar as diferentes soluções possíveis para o mesmo aproveitamento hidrelétrico.

No caso específico da PCH Canoas, detalhou-se primeiramente qual seria o eixo ideal do barramento. Uma vez que o local de interesse do rio Canoas não apresenta uma queda considerável localizada, não é interessante propor uma solução com derivação (e conseqüente perda energética da vazão sanitária). Os estudos de alternativas de eixo foram desenvolvidos apenas com as informações provenientes dos estudos anteriores, e serviram como base para a especificação dos levantamentos de campo do Projeto Básico.

Após o término dos levantamentos de campo (item 4), foram estudadas alternativas de tipos de barramento, circuito de geração, elevação do reservatório, número de unidades geradoras e potência instalada. Os levantamentos de campo foram especificados dia 16 de maio de 2018 e englobaram topografia, sondagens mecânicas, sondagens geofísicas e hidrometria. A figura a seguir apresenta o fluxo de andamento dos estudos de alternativas.

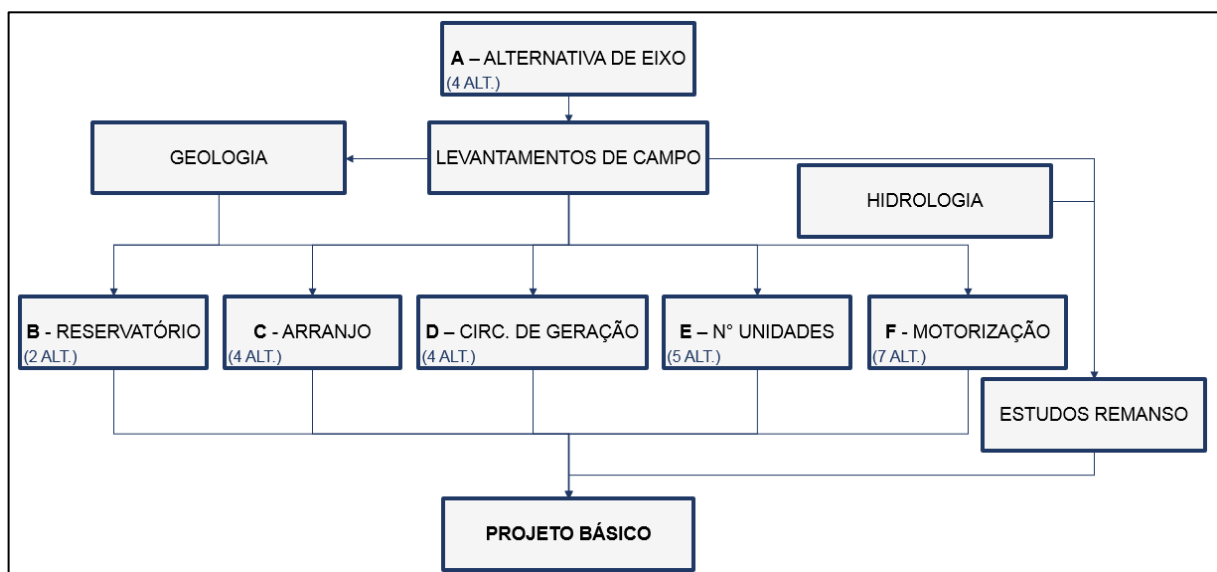


Figura 83 – Sequência dos estudos de alternativas

As características da PCH Canoas de queda e vazão indicam a turbina Kaplan como solução ideal. Foi investigado a possibilidade de adotar-se Kaplan S Montante ou dois arranjos distintos para Kaplan S Jusante.

Através da determinação dos custos de implantação e dos benefícios energéticos, determinou-se o número ideal de unidades geradoras e a potência instalada ótima. Finalmente, definiu-se três diferentes alternativas de arranjo geral, através da determinação dos custos intrínsecos a cada alternativa.

## 6.1 Etapa A – Alternativas de Eixo

O estudo de alternativas de eixo foi realizado apenas com os dados disponíveis provenientes dos estudos de inventários, mencionados no item 2.4.

Nesta etapa procurou-se analisar as diferentes soluções possíveis para o mesmo aproveitamento hidrelétrico. No caso específico da PCH Canoas, que não possui uma queda considerável localizada, não é interessante propor uma solução com derivação (e consequentemente perda energética da vazão sanitária).

A fim de determinar o local do eixo do barramento e do circuito de geração, foram estudados 4 locais possíveis para implantação da PCH Canoas, apresentados na figura a seguir e no desenho SCA-2C-DEGE-002.

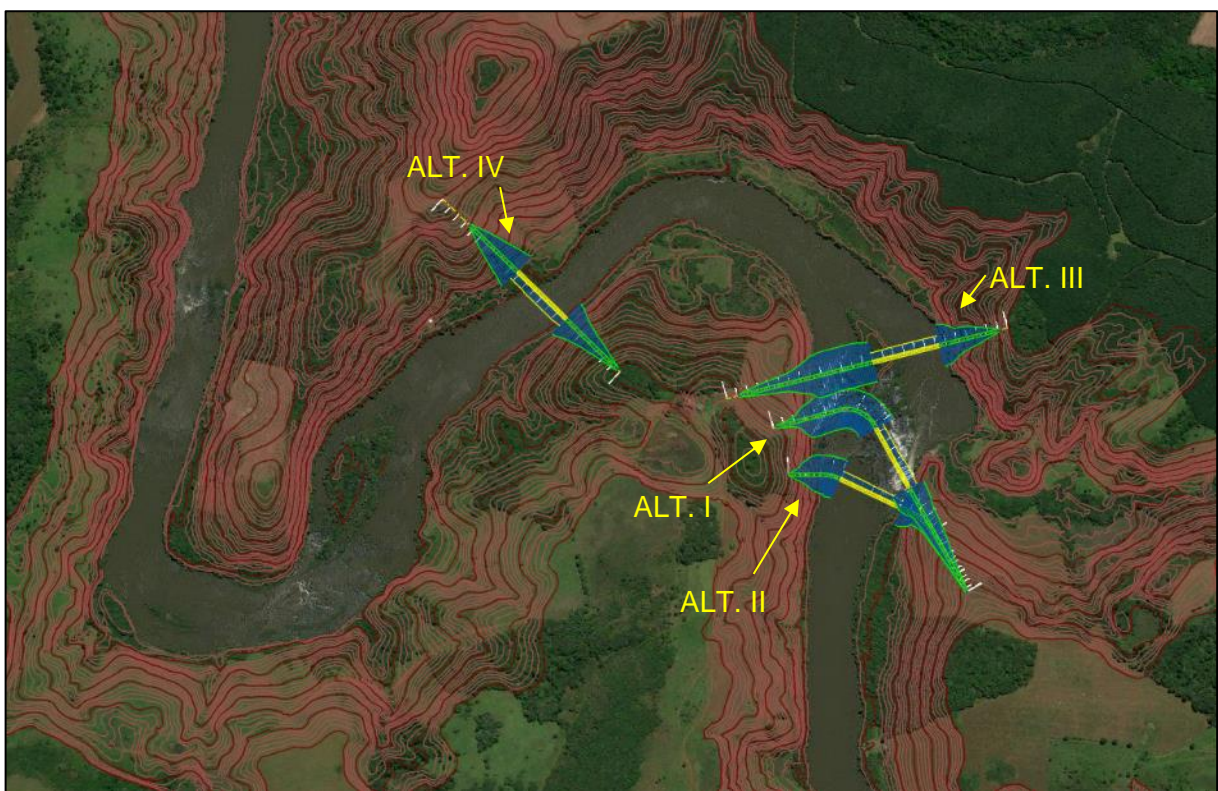


Figura 84 – Eixo do barramento das 4 alternativas estudadas

Para determinar a melhor alternativa, foram identificadas e calculadas as principais diferenças nos custos entre as alternativas. Foram determinados os custos referentes à aquisição de terras referentes ao reservatório e APP, custos referentes à escavação do circuito de geração, implantação das barragens de enrocamento em ambas as margens e custo do concreto do vertedouro de soleira livre. Os demais custos foram considerados praticamente iguais entre as alternativas, logo não impactam na determinação da alternativa selecionada.

O quadro a seguir apresenta o resultado dos Estudos de Alternativas Preliminar.

Quadro 84 – Orçamento diferencial entre alternativas

ITEM	PREÇO UNIT. R\$	UN.	QUANTIDADES				CUSTOS (R\$ x 10 <sup>3</sup> )			
			ALT A-I	ALT A-II	ALT A-III	ALT A-IV	ALT A-I	ALT A-II	ALT A-III	ALT A-IV
<b>ÁREAS</b>							<b>27.811</b>	<b>27.804</b>	<b>30.654</b>	<b>32.640</b>
Reservatório	50.000	ha	205	205	228	251	10.235	10.227	11.424	12.544
APP	50.000	ha	352	352	385	402	17.576	17.577	19.230	20.096
<b>VOLUMES</b>							<b>14.190</b>	<b>15.625</b>	<b>20.037</b>	<b>17.682</b>
Ensecadeiras	15	m <sup>3</sup>	39.246	50.092	72.279	68.665	589	751	1.084	1.030
Barragem de enrocamento ME	25	m <sup>3</sup>	52.853	30.027	23.448	37.581	1.321	751	586	940
Barragem de enrocamento MD	25	m <sup>3</sup>	18.229	88.916	155.475	26.200	456	2.223	3.887	655
Vertedouro concreto	450	m <sup>3</sup>	21.913	24.147	29.102	30.897	9.861	10.866	13.096	13.904
Escavação comum	15	m <sup>3</sup>	18.339	0	13.408	8.209	275	0	201	123
Escavação em rocha	45	m <sup>3</sup>	37.530	22.975	26.277	22.896	1.689	1.034	1.182	1.030
<b>SOMA CUSTO</b>							<b>42.002</b>	<b>43.429</b>	<b>50.691</b>	<b>50.321</b>

No quadro anterior é possível observar que as alternativas III e IV possui custos maiores em relação ao reservatório e às estruturas do barramento.

As alternativas A-I e A-II situam-se praticamente no mesmo local e possuem um comparativo de custos praticamente iguais.

É importante ressaltar que o Estudo de Alternativas de Eixo propôs investigar quais eixos seriam viáveis além do indicado no Estudo de Inventário. O resultado deste estudo permite o aprofundamento para as etapas subsequentes, como por exemplo os estudos de potência e número de unidades, considerando o resultado de viabilidade dos eixos indicado no presente estudo como premissa para os próximos.

Para ser possível o levantamento dos volumes apresentados neste estudo, calculou-se a volumetria a partir de um desenho esquemático de como ficariam alocadas as estruturas de barramento, canal de fuga e ensecadeira para cada alternativa, conforme figuras de Figura 85 a Figura 88. Ressaltando-se que estes desenhos são conceituais, e a alternativa de eixo escolhida ainda será detalhada e finalizada. As espessuras de solo apresentada nas sondagens disponíveis do inventário foram consideradas constantes para as respectivas margens, ao longo do rio.

Ressalta-se que a casa de força não está representada nas figuras abaixo. Para a alternativa A-I e A-III a mesma está alocada na margem esquerda; e para as alternativas A-II e A-IV a casa de força está alocada na margem direita.



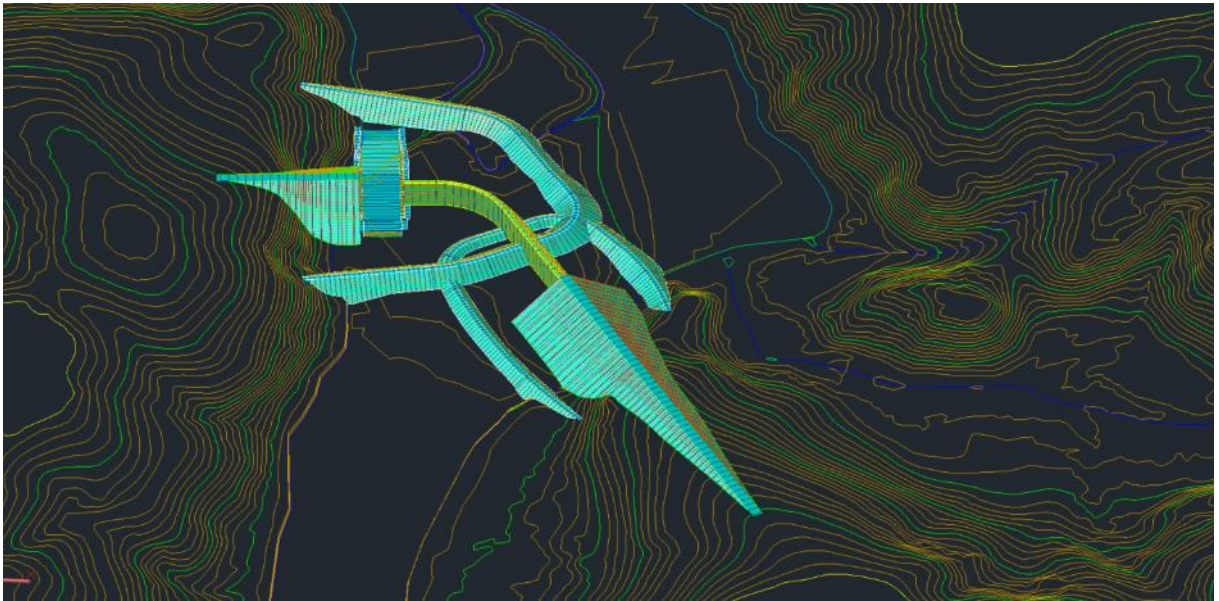


Figura 85 – Alternativa A-I

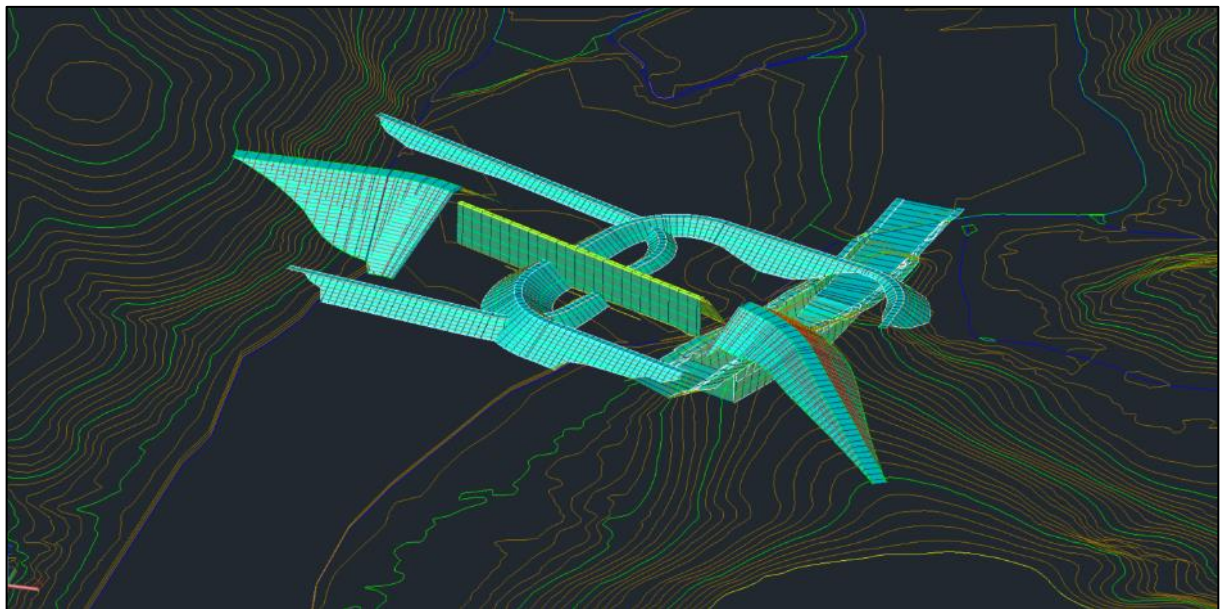


Figura 86 – Alternativa A-II



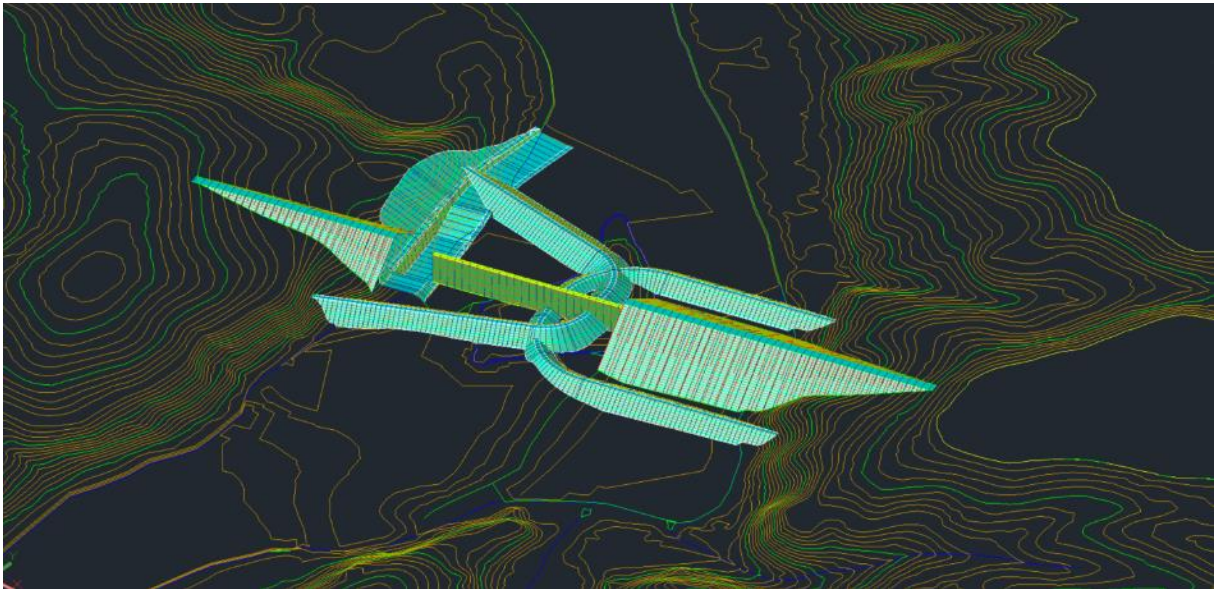


Figura 87 – Alternativa A-III

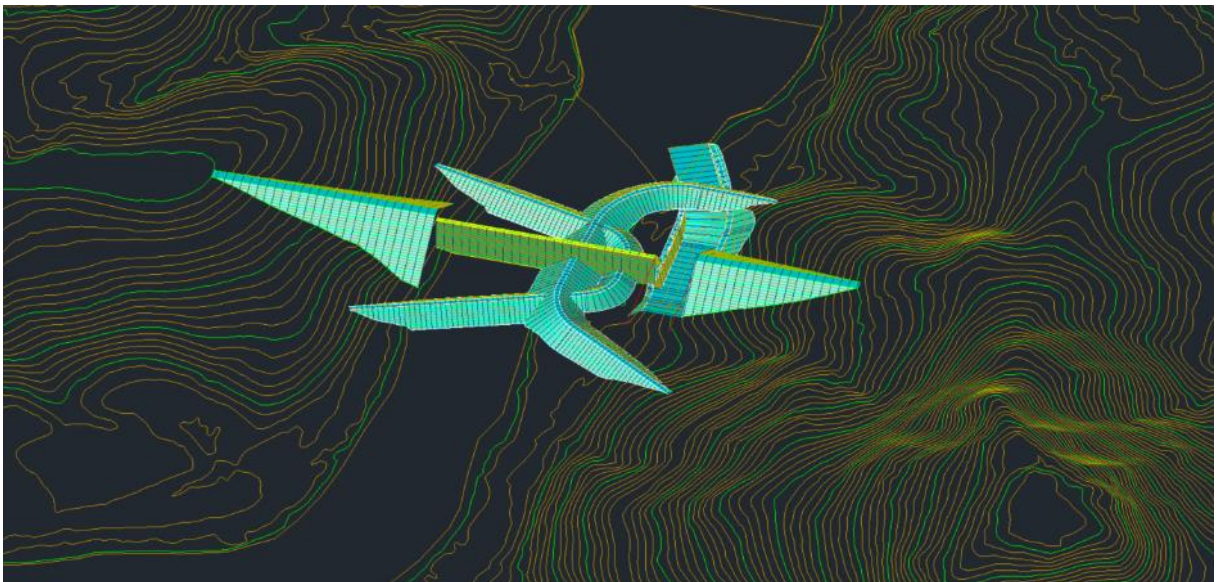


Figura 88 – Alternativa A-IV

## 6.2 Etapa B – Alternativas de Reservatório

De acordo com os Estudos de Inventário, tanto o nível de água de montante da PCH Canoas quanto o nível de água de jusante da PCH Pery foram estabelecidos na El. 780,00 m.

Atualmente o canal de fuga da PCH Pery opera entre as El. 778,00 e El. 778,50 m, portanto a implantação do reservatório da PCH Canoas irá diminuir a queda disponível da PCH Pery, reduzindo sua energia gerada.

Com isto, analisou-se a viabilidade de rebaixar o reservatório da PCH Canoas para a El. 778,00.

Ressalta-se que a análise foi realizada com os dados preliminares oriundos do desenvolvimento do Projeto Básico, e qualquer que seja a alternativa selecionada, os resultados ainda serão consolidados e modificados se necessário.

### 6.2.1 Premissas

As alternativas estudadas no presente relatório foram baseadas nas seguintes informações:

- **Nível de água do Reservatório:** Duas alternativas de nível de água máximo normal para o reservatório da PCH Canoas foram consideradas: El. 778,00 e 780,00 m. A El. 778,00 m foi definida com o objetivo de não se afogar o canal de fuga da PCH Pery. Os desenhos em anexos apresentam ambos os reservatórios;
- **Curva de descarga no canal de fuga:** Retirada dos Estudos de Inventário. A curva de descarga do canal de fuga com base nos levantamentos de campo ainda não foi determinada;
- **Número e tipo de unidades:** Foi considerada a implantação de 3 unidades geradoras Kaplan S Jusante, baseado nos Estudos de Alternativas em desenvolvimento, item 6.5.1;
- **Potência instalada:** Conforme motorização de cada alternativa realizada;
- **Quantitativos:** Calculados conforme concepção inicial do projeto em desenvolvimento, considerando a variação devida para cada alternativa.

### 6.2.2 Simulações Energéticas e Motorização

A partir das premissas descritas no item 6.2.1 realizou-se a motorização para cada uma das alternativas.



## 6.2.2.1 Alt B-I – NA 778,0 m – 28 MW

Quadro 85 - Análise Benefício / Custo – Motorização alternativa EI. 778,0 m

Potência (MW)	Garantia Física (MW médios)	Fc	Custo (10 <sup>3</sup> R\$)					Benefício (10 <sup>3</sup> R\$)				$\Delta B / \Delta C$	B/C	R\$/MW assegurado	ICB (R\$/MWh)	hp (m)	R\$/MW Instalado	
			Investimento c/ juros	Investimento anual	O&M	Total anual	Incremental	Bruto anual	Descontos	Líquido anual	Incremental							
24,00	15,22	0,6342	170.295	20.830	3333	24.163		30.183	5.877	19,5%	24.307		1,01	1,01	11.189	181,23	0,42	7.096
26,00	15,73	0,6052	175.232	21.434	3446	24.880	717	31.204	6.127	19,6%	25.076	770	1,07	1,01	11.137	180,50	0,42	6.740
28,00	16,19	0,5782	179.878	22.002	3545	25.548	668	32.106	6.359	19,8%	25.747	671	1,00	1,01	11.111	180,14	0,43	6.424
30,00	16,59	0,5529	184.764	22.600	3632	26.232	685	32.892	6.572	20,0%	26.320	574	0,84	1,00	11.140	180,54	0,42	6.159
32,00	16,93	0,5289	189.837	23.220	3707	26.927	695	33.567	6.799	20,3%	26.768	448	0,64	0,99	11.215	181,60	0,42	5.932
34,00	17,20	0,5058	194.738	23.820	3766	27.586	659	34.106	7.004	20,5%	27.102	334	0,51	0,98	11.323	183,11	0,41	5.728
36,00	17,44	0,4844	199.682	24.424	3819	28.243	657	34.581	7.199	20,8%	27.382	280	0,43	0,97	11.451	184,89	0,41	5.547

A potência instalada resultante para esta alternativa é 28 MW.

## 6.2.2.2 Alt B-II – NA 780,0 m – 30 MW

Quadro 86 - Análise Benefício / Custo – Motorização EI. 780,0 m

Potência (MW)	Garantia Física (MW médios)	Fc	Custo (10 <sup>3</sup> R\$)					Benefício (10 <sup>3</sup> R\$)				$\Delta B / \Delta C$	B/C	R\$/MW assegurado	ICB (R\$/MWh)	hp (m)	R\$/MW Instalado	
			Investimento c/ juros	Investimento anual	O&M	Total anual	Incremental	Bruto anual	Descontos	Líquido anual	Incremental							
24,00	16,12	0,6718	179.573	21.965	3531	25.496		31.975	6.163	19,3%	25.811		1,01	1,01	11.138	180,51	0,44	7.482
26,00	16,73	0,6437	184.408	22.556	3665	26.221	725	33.188	6.445	19,4%	26.743	932	1,28	1,02	11.019	178,86	0,44	7.093
28,00	17,27	0,6168	189.091	23.129	3782	26.911	690	34.252	6.702	19,6%	27.550	807	1,17	1,02	10.948	177,87	0,43	6.753
30,00	17,76	0,5920	193.780	23.702	3890	27.592	681	35.222	6.945	19,7%	28.278	728	1,07	1,02	10.910	177,34	0,43	6.459
32,00	18,19	0,5683	198.476	24.277	3983	28.260	668	36.068	7.199	20,0%	28.869	591	0,89	1,02	10.913	177,38	0,42	6.202
34,00	18,56	0,5460	203.265	24.863	4066	28.928	668	36.816	7.438	20,2%	29.378	510	0,76	1,02	10.949	177,88	0,42	5.978
36,00	18,89	0,5246	207.875	25.427	4136	29.563	634	37.453	7.659	20,4%	29.794	416	0,66	1,01	11.007	178,69	0,42	5.774

A potência instalada resultante para esta alternativa é 30 MW.

### 6.2.3 Orçamento Padrão Eletrobrás

A seguir são apresentados os dois orçamentos para a PCH Canoas, o primeiro com o nível de água de montante na El. 780,00 m e o segundo na El. 778,00. Ressalta-se que o projeto se encontra em desenvolvimento, e os orçamentos a seguir não estão consolidados.

Os itens que mais diferem entre as duas alternativas e impactam no comparativo são aquisição de áreas (reservatório e APP), quantitativos de concreto do vertedouro e materiais das barragens de enrocamento e rateio da linha de transmissão com a PCH Pery (ver item 0). Ambos orçamentos apresentados a seguir apresentam conexão na SE da PCH Pery com rateio.

Quadro 87 – Diferença entre áreas das alternativas – Etapa B (ha)

Área (ha)	ALT B-I NA 778 m	ALT B-II NA 780 m
Reservatório	161,37	206,56
APP	265,57	353,61

Quadro 88 - OPE das alternativas de níveis de reservatório

CONTA	ITEM	CUSTO ALT B-I NA 778 m (R\$)	CUSTO ALT B-II NA 780 m (R\$)
<b>.10.</b>	<b>TERRENOS, RELOCAÇÕES E OUTRAS AÇÕES SOCIOAMBIENTAIS</b>	<b>32.088.737</b>	<b>39.193.056</b>
<b>.10.10</b>	<b>AQUISIÇÃO DE TERRENOS E BENFEITORIAS</b>	<b>17.788.085</b>	<b>23.150.593</b>
.10.10.11	PROPRIEDADES RURAIS	15.467.900	20.130.950
.10.10.11.10	Reservatório	5.647.950	7.229.600
.10.10.11.11	Canteiro, acampamento, jazidas e áreas afins	525.000	525.000
.10.10.11.12	Unidades de conservação e áreas de preservação permanente	9.294.950	12.376.350
.10.10.12	DESPESAS LEGAIS E DE AQUISIÇÃO	2.320.185	3.019.643
<b>.10.11</b>	<b>RELOCAÇÕES</b>	<b>3.950.000</b>	<b>4.550.000</b>
<b>.10.12</b>	<b>OUTRAS AÇÕES SOCIOAMBIENTAIS</b>	<b>7.433.494</b>	<b>7.929.458</b>
	Subtotal da conta .10	29.171.579	35.630.051
<b>.10.13</b>	<b>EVENTUAIS DA CONTA .10</b>	<b>2.917.158</b>	<b>3.563.005</b>
<b>.11.</b>	<b>ESTRUTURAS E OUTRAS BENFEITORIAS</b>	<b>11.580.533</b>	<b>11.219.853</b>
<b>.12.</b>	<b>BARRAGENS E ADUTORAS</b>	<b>44.458.401</b>	<b>48.614.347</b>
<b>.12.10</b>	<b>DESVIO DO RIO</b>	<b>903.040</b>	<b>903.040</b>
<b>.12.11</b>	<b>BARRAGENS E DIQUES</b>	<b>4.050.300</b>	<b>5.221.760</b>
<b>.12.12</b>	<b>VERTEDOUROS</b>	<b>24.006.281</b>	<b>26.469.657</b>
.12.12.10	VERTEDOUROS DE SUPERFÍCIE	10.524.250	12.289.080
.12.12.11	VERTEDOUROS DE FUNDO E OUTROS	13.482.031	14.180.577
<b>.12.13</b>	<b>TOMADA D'ÁGUA E ADUTORAS</b>	<b>11.457.107</b>	<b>11.600.403</b>
.12.13.10	TOMADA D'ÁGUA	5.131.314	5.179.430
.12.13.11	CANAL DE ADUÇÃO	343.767	365.521
.12.13.14	CONDUTO FORÇADO	4.612.526	4.638.944
.12.13.15	CANAL E/OU TÚNEL DE FUGA	1.369.500	1.416.509
	Subtotal obras civis	32.743.997	36.496.237
	Subtotal equipamentos	7.672.731	7.698.624
<b>.12.15</b>	<b>EVENTUAIS DA CONTA .12 obras civis</b>	<b>3.274.400</b>	<b>3.649.624</b>
<b>.12.16</b>	<b>EVENTUAIS DA CONTA .12 equipamentos</b>	<b>767.273</b>	<b>769.862</b>
		1.115	1.066
<b>.13.</b>	<b>TURBINAS E GERADORES</b>	<b>31.181.758</b>	<b>31.983.553</b>
.13.10.10.10	Turbinas	9.709.600	9.838.745
.13.10.10.11	Comporta ensecadeira	1.122.559	1.112.964
.13.10.10.12	Guindaste	240.000	240.000
.13.10.10.13	Peças fixas extras	121.236	120.200

CONTA	ITEM	CUSTO ALT B-I NA 778 m (R\$)	CUSTO ALT B-II NA 780 m (R\$)
.13.10.10.14	Geradores	17.153.657	17.764.048
	Subtotal da conta .13	28.347.053	29.075.957
<b>.13.12</b>	<b>EVENTUAIS DA CONTA .13</b>	<b>2.834.705</b>	<b>2.907.596</b>
<b>.14.</b>	<b>EQUIPAMENTO ELÉTRICO ACESSÓRIO</b>	<b>16.605.967</b>	<b>17.108.300</b>
.14.10.10.10	Equipamento elétrico acessório	5.233.000	5.313.000
.14.10.10.10.10	Quadros média tensão	3.173.000	3.233.000
.14.10.10.10.13	Subestação elevadora	2.060.000	2.080.000
.14.10.10.11	Integração ao sistema	9.863.333	10.240.000
.14.10.10.11.10	Bay 138 kV - Usina Pery II	1.400.000	1.400.000
.14.10.10.11.11	Rateio Custos LT Pery	5.273.333	5.650.000
.14.10.10.11.11	Linha de transmissão 138 kV	3.190.000	3.190.000
	Subtotal da conta .14	15.096.333	15.553.000
<b>.14.11</b>	<b>EVENTUAIS DA CONTA .14</b>	<b>1.509.633</b>	<b>1.555.300</b>
<b>.15.</b>	<b>DIVERSOS EQUIPAMENTOS DA USINA</b>	<b>2.504.530</b>	<b>2.576.200</b>
.15.10.10.10	Ponte rolante	857.683	888.202
.15.10.10.11	Pórtico rolante		
.15.10.10.12	Equipamentos diversos (sistemas mecânicos auxiliares)	1.419.163	1.453.798
	Subtotal da conta .15	2.276.846	2.342.000
<b>.15.11</b>	<b>EVENTUAIS DA CONTA .15</b>	<b>227.685</b>	<b>234.200</b>
<b>CUSTO DIRETO</b>			
	Custo direto total equivalente	138.417.935	150.695.308
		14,8%	13,6%
<b>.17.</b>	<b>CUSTOS INDIRETOS</b>	<b>20.438.000</b>	<b>20.438.000</b>
<b>CUSTO TOTAL SEM JUROS</b>		<b>158.855.935</b>	<b>171.133.308</b>
<b>.18.</b>	<b>JUROS DURANTE A CONSTRUÇÃO</b>	<b>21.021.781</b>	<b>22.646.475</b>
<b>CUSTO TOTAL</b>		<b>179.877.716</b>	<b>193.779.783</b>
<b>POTÊNCIA INSTALADA</b>		<b>28.000,00</b>	<b>30.000,00</b>
<b>CUSTO EM R\$/kW INSTALADO (sem juros)</b>		<b>5.673</b>	<b>5.704</b>

## 6.2.4 Conclusão

Foram analisadas duas concepções para a PCH Canoas, que diferem entre si no nível de água máximo normal do reservatório. O quadro a seguir apresenta o resumo dos resultados.

Quadro 89 – Etapa B – Resumo das análises

Alternativa	Alt B-I NA 778,0	Alt B-II NA 780,0
Potência instalada (MW)	28,00	30,00
Energia média (MW)	16,94	18,59
Energia assegurada (MW)	16,19	17,76
Fator de Capacidade	57,8%	59,2%
Custo sem JDC (R\$ x 10 <sup>3</sup> )	158.856	171.133
Custo com JDC (R\$ x 10 <sup>3</sup> )	179.878	193.780
ICB (R\$/MWh)	180,14	177,34
R\$/kW assegurado	11.111	10.910

Quadro 90 – Etapa B - Análise índice benefício/custo incremental

Alternativa	Potência (MW)	Energia Assegurada (MW)	Custo Total Anual (10 <sup>3</sup> R\$)	Custo Incremental (10 <sup>3</sup> R\$)	Benefício Líquido Anual (10 <sup>3</sup> R\$)	Benefício Incremental (10 <sup>3</sup> R\$)	B/C Incremental
B-I	28	16,19	25.548		25.747		
B-II	30	17,76	27.592	2.045	28.278	2.531	1,24

Analisando os quadros anteriores é possível concluir que a alternativa B-II (com o nível da água na elevação 780,0 m) é mais vantajosa. Os estudos subsequentes irão ter como premissa o reservatório no NA 780,0 m.

Ressalta-se que a análise foi realizada com os dados preliminares oriundos do desenvolvimento do Projeto Básico, e qualquer que seja a alternativa selecionada, os resultados ainda serão consolidados e modificados se necessário.



## 6.3 Etapa C – Alternativas de Arranjo do Barramento

### 6.3.1 Alternativas Estudadas

As alternativas de barramento tiveram como premissas os resultados do estudo de alternativas de número de unidades geradoras e motorização, abordado no tópico 6.5 deste relatório. Portanto, foram consideradas 3 unidades geradoras com potência total instalada de 28 MW para dimensionamento das estruturas.

Ressalta-se que o dimensionamento das estruturas foi realizado com os dados preliminares oriundos do desenvolvimento do Projeto Básico, e qualquer que seja a alternativa selecionada o projeto ainda será consolidado e modificado se necessário.

#### 6.3.1.1 Alternativa C-I

A Alternativa C-I apresenta o circuito de geração na margem esquerda do rio Canoas. As estruturas extravasoras consistem em duas comportas segmento, com dimensões de 8,0 m de largura por 17,8 m de altura, e soleira El. 763,0 m. Ainda possui 140 m de vertedouro soleira livre, com crista na El. 780,0 m. O desenho SCA-2C-DEAJ-001 e Figura 89 apresentam a configuração desta alternativa.

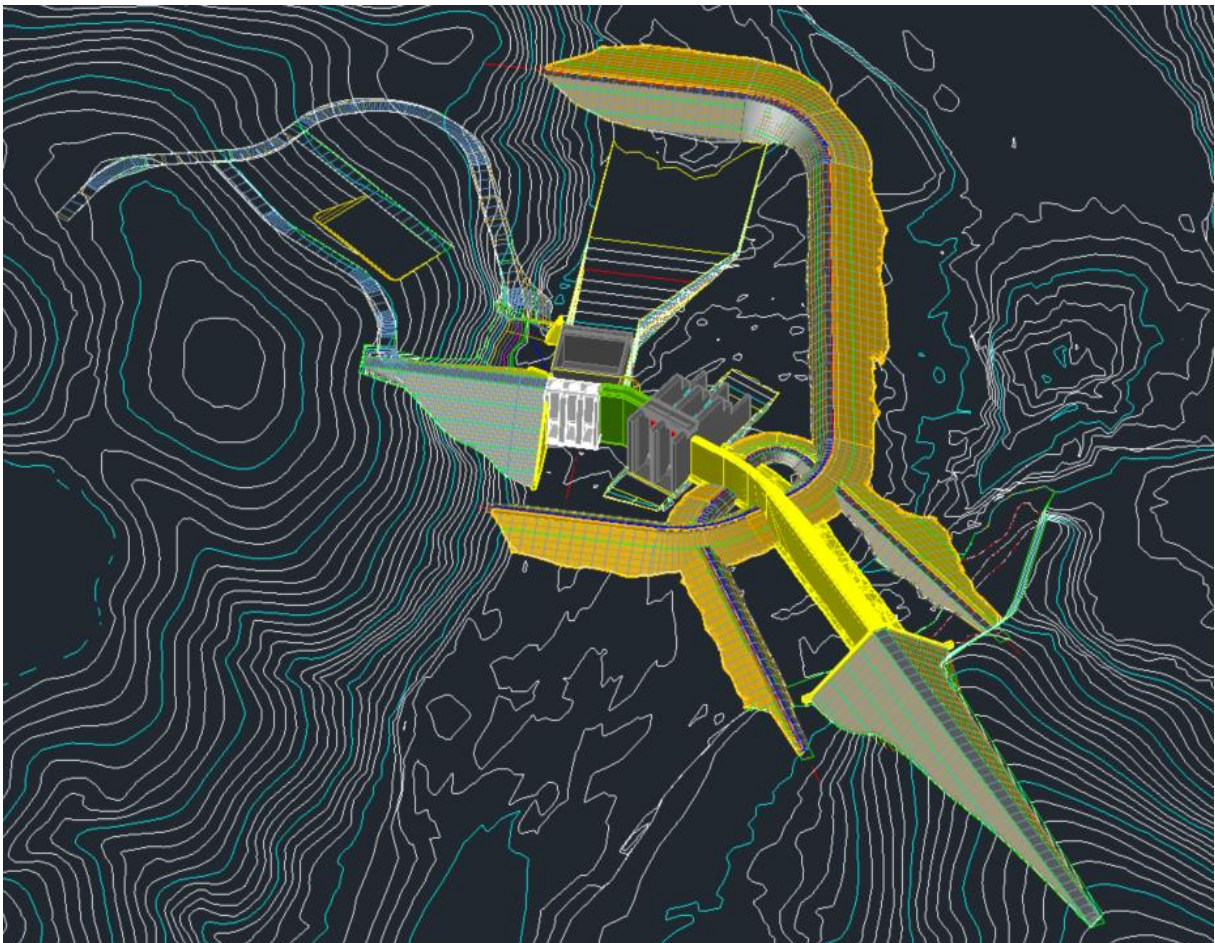


Figura 89 – Arranjo barramento Alternativa C-I



### 6.3.1.2 Alternativa C-II

Outra proposta estudada com circuito de geração na margem esquerda coloca quatro comportas segmento, com dimensões de 8,0 m de largura e 17,8 m de altura, com soleira na El. 763,0 m, sendo esta estrutura a única responsável por manter o nível do reservatório. O barramento possui elevação na El. 785,0 e optou-se por quantificar uma barragem de terra. A Alternativa II está apresentada na Figura 90, e o desenho SCA-2C-DEAJ-002.

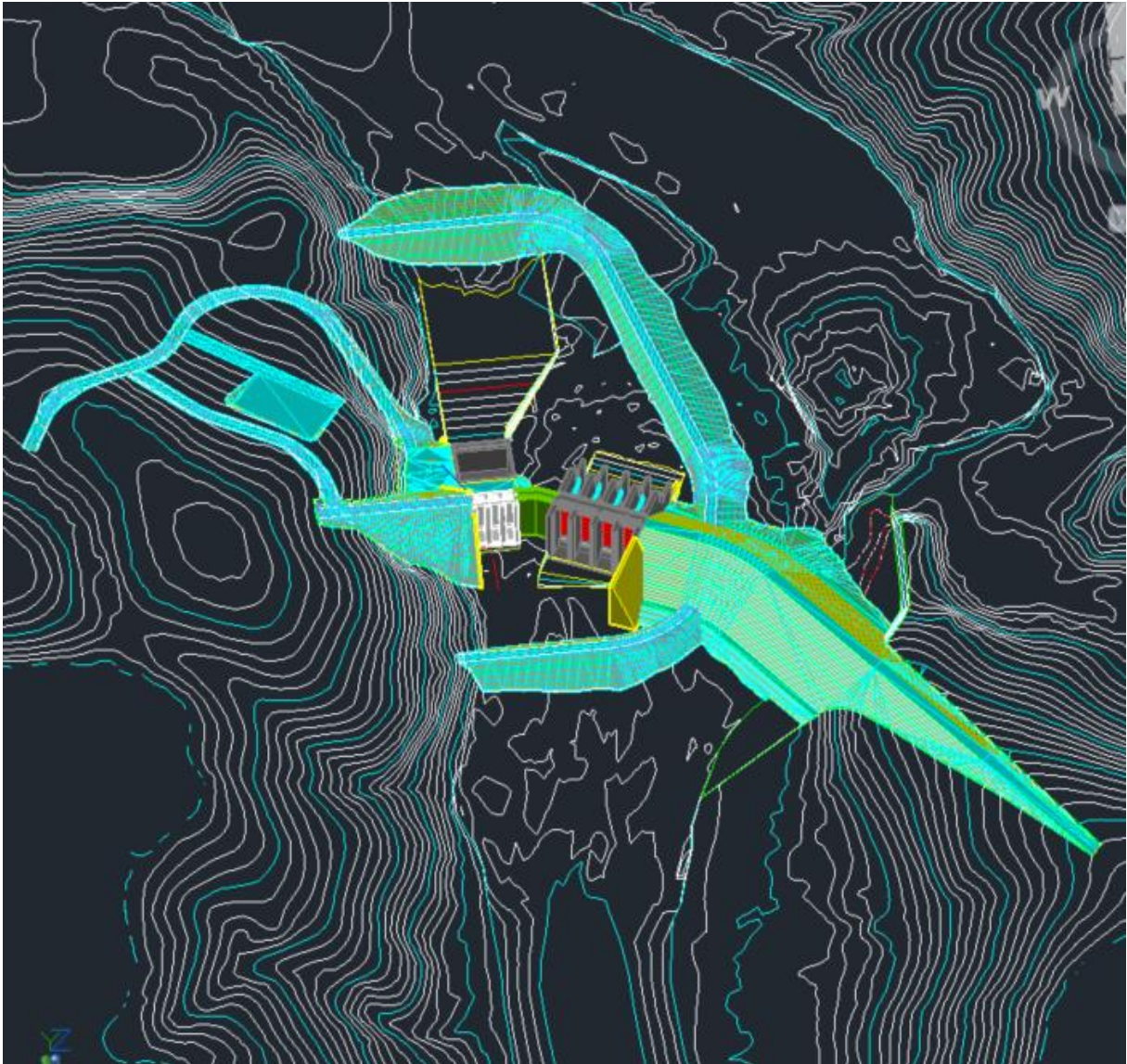


Figura 90 - Arranjo barramento Alternativa C-II

### 6.3.1.3 Alternativa C-III

Para a Alternativa C-III propôs-se a casa de força na margem direita. Como na Alternativa C-I, apresenta duas comportas segmento, de dimensões 8,0 m por 17,8 de altura e elevação na El.763,0 m. O vertedouro de 140,0 m apresenta crista na El. 780,0 m, e o arranjo da alternativa pode ser observado na Figura 91 e no desenho SCA-2C-DEAJ-003.



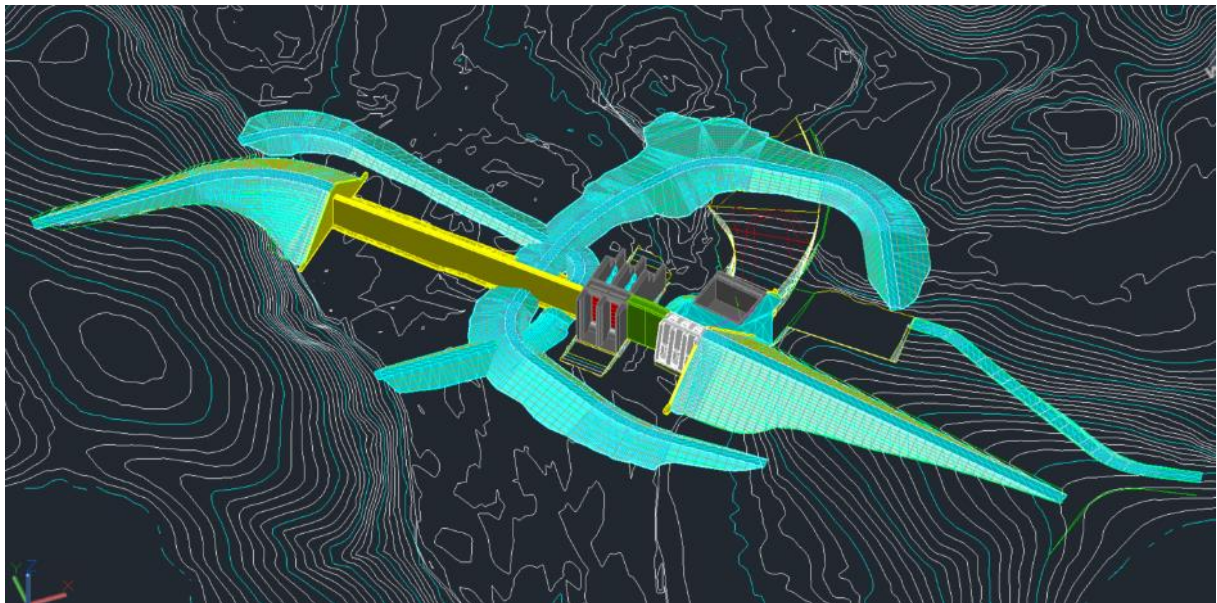


Figura 91 – Arranjo barramento Alternativa C-III

#### 6.3.1.4 Alternativa C-IV

A Alternativa C-IV apresenta as estruturas como a Alternativa C-I, sendo composto por duas comportas segmento, com dimensões de 8,0 m de largura por 17,8 m de altura, e soleira El. 763,0 m, 140 m de vertedouro soleira livre, com crista na El. 780,0 m. A diferença para a alternativa C-I é que o arranjo se encontra mais a montante, lugar onde o rio se encontra mais estreito. O desenho SCA-2C-DEAJ-004 e Figura 92 apresentam a configuração desta alternativa.

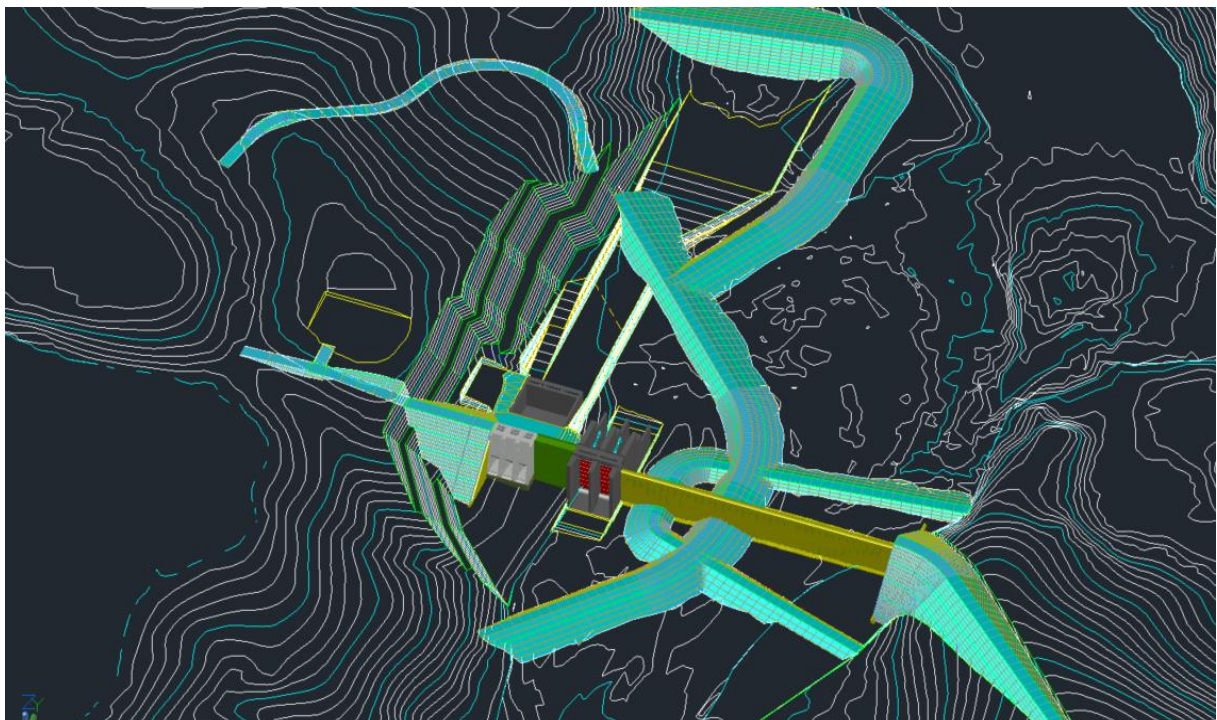


Figura 92 – Arranjo barramento Alternativa C-IV

### 6.3.2 Estudo de Orçamento das Alternativas

O balanço de materiais de cada alternativa é impactado pelos diferentes volumes de corte, aterro e concreto que os arranjos proporcionam, alterando o orçamento de cada alternativa. A conta .12 – Barragens e Adutoras é a que mais altera em decorrência dessa variação de volumes, sendo assim, os volumes de material e o orçamento de cada alternativa está apresentado no quadro abaixo.

Quadro 91 – Principais Custos das Alternativas de Barramento – Conta .12

CONTA	ITEM	PREÇO UNIT. R\$	UN.	QNTD ALT. I	QNTD ALT. II	QNTD ALT. III	QNTD ALT. IV	CUSTO ALT. I	CUSTO ALT. II	CUSTO ALT. III	CUSTO ALT. IV
<b>.12.</b>	<b>BARRAGENS E ADUTORAS</b>							<b>54.744.520</b>	<b>62.401.351</b>	<b>58.590.151</b>	<b>57.154.019</b>
<b>.12.10</b>	<b>DESVIO DO RIO</b>							<b>1.501.950</b>	<b>1.520.935</b>	<b>1.515.218</b>	<b>1.883.517</b>
<b>.12.10.10</b>	<b>ENSECADEIRAS</b>		<b>gl</b>					<b>1.362.489</b>	<b>1.381.474</b>	<b>1.375.757</b>	<b>1.744.056</b>
.12.10.10.10	Ponte de serviço		gl					0	0	0	0
.12.10.10.11	Solo	12	m³	26.577,0	26.042,0	26.036,0		318.924	312.504	312.432	395.868
.12.10.10.12	Transição	50	m³	3.698,0	3.039,0	2.668,0		184.900	151.950	133.400	169.200
.12.10.10.13	Enrocamento	10	m³	33.131,0	37.056,0	38.023,0		331.310	370.560	380.230	482.150
.12.10.10.14	Remoção de ensecadeiras	10	m³	44.384,2	46.295,9	46.708,9		443.842	462.959	467.089	592.116
.12.10.10.15	Esgotamento e outros custos		%	10,0	10,0	10,0		83.513	83.501	82.606	104.722
<b>.12.10.12</b>	<b>CANAL OU GALERIA / ADUFA DE DESVIO</b>		<b>gl</b>					<b>139.461</b>	<b>139.461</b>	<b>139.461</b>	<b>139.461</b>
.12.10.12.11	Limpeza e tratamento de fundação							139.461	139.461	139.461	139.461
.12.10.12.11.10	Limpeza	40	m²	1.603,0	1.603,0	1.603,0		64.120	64.120	64.120	64.120
.12.10.12.11.15	Concreto de regularização							75.341	75.341	75.341	75.341
.12.10.12.11.15.10	Cimento	400	t	48,1	48,1	48,1		19.236	19.236	19.236	19.236
.12.10.12.11.15.11	Concreto sem cimento	350	m³	160,3	160,3	160,3		56.105	56.105	56.105	56.105
<b>.12.11</b>	<b>BARRAGENS E DIQUES</b>							<b>7.741.600</b>	<b>11.929.007</b>	<b>10.270.485</b>	<b>7.990.864</b>
<b>.12.11.10</b>	<b>BARRAGENS E DIQUES DE TERRA E ENROCAMENTO</b>		<b>gl</b>					<b>1.769.860</b>	<b>4.445.455</b>	<b>2.928.165</b>	<b>1.486.270</b>
.12.11.10.13	Enrocamento	15	m³	33.044	99.485	57.227	28.320	495.660	1.492.275	858.405	424.800
.12.11.10.14	Núcleo de argila	60	m³	17.015	39.038	27.426	13.932	1.020.900	2.342.280	1.645.560	835.920
.12.11.10.15	Transições / Filtros	50	m³	5.066	12.218	8.484	4.511	253.300	610.900	424.200	225.550
<b>.12.11.11</b>	<b>BARRAGENS DE CONCRETO</b>		<b>gl</b>					<b>2.328.720</b>	<b>2.325.012</b>	<b>2.204.500</b>	<b>2.091.234</b>
.12.11.11.10	Escavação		m3					67.920	64.212	119.160	54.684
.12.11.11.10.10	Comum	12	m³	5.660	5.351	9.930	4.557	67.920	64.212	119.160	54.684
.12.11.11.12	Concreto-massa		m3					1.601.460	1.601.460	1.570.300	1.400.150
.12.11.11.12.10	Cimento	400	t	781	781,2	766,0		312.480	312.480	306.400	273.200
.12.11.11.12.11	Concreto sem cimento	330	m³	3.906	3.906,0	3.830,0		1.288.980	1.288.980	1.263.900	1.126.950
.12.11.11.13	Concreto		m3					659.340	659.340	515.040	636.400

CONTA	ITEM	PREÇO UNIT. R\$	UN.	QNTD ALT. I	QNTD ALT. II	QNTD ALT. III	QNTD ALT. IV	CUSTO ALT. I	CUSTO ALT. II	CUSTO ALT. III	CUSTO ALT. IV
.12.11.11.13.10	Cimento	400	t	267	267,3	208,8		106.920	106.920	83.520	103.200
.12.11.11.13.11	Concreto sem cimento	500	m³	891	891,0	696,0		445.500	445.500	348.000	430.000
.12.11.11.13.12	Armadura	6.000	t	18	17,8	13,9		106.920	106.920	83.520	103.200
<b>.12.11.12</b>	<b>TRANSIÇÕES E MUROS DE CONCRETO</b>							<b>3.643.020</b>	<b>5.158.540</b>	<b>5.137.820</b>	<b>4.413.360</b>
.12.11.12.13	Concreto		m3					3.643.020	5.158.540	5.137.820	4.413.360
.12.11.12.13.10	Cimento	400	t	1.477	2.091,3	2.082,9		590.760	836.520	833.160	715.680
.12.11.12.13.11	Concreto sem cimento	500	m³	4.923	6.971,0	6.943,0		2.461.500	3.485.500	3.471.500	2.982.000
.12.11.12.13.12	Armadura	6.000	t	98	139,4	138,9		590.760	836.520	833.160	715.680
<b>.12.12</b>	<b>VERTEDOUROS</b>							<b>27.271.114</b>	<b>28.351.953</b>	<b>27.280.892</b>	<b>27.782.495</b>
<b>.12.12.10</b>	<b>VERTEDOUROS DE SUPERFÍCIE</b>		<b>gl</b>					<b>12.164.546</b>	<b>381.032</b>	<b>12.160.194</b>	<b>12.667.332</b>
.12.12.10.10	Escavação		m3					225.096	236.472	219.384	175.152
.12.12.10.10.10	Comum	12	m³	18.758	19.706	18.282	14.596	225.096	236.472	219.384	175.152
.12.12.10.11	Limpeza e tratamento de fundação		gl					144.560	144.560	144.560	144.560
.12.12.10.11.10	Limpeza	#REF!	m²	3.614	3.614	3.614	3.614	144.560	144.560	144.560	144.560
.12.12.10.11.11	Tratamento		%	10	10	10	10	22.510	23.647	21.938	17.515
.12.12.10.11.12	Concreto-massa		m3					7.206.160	0	7.258.640	7.695.700
.12.12.10.12.12.10	Cimento	400	t	3.515	0	3.541	3.754	1.406.080	0	1.416.320	1.501.600
.12.12.10.12.12.11	Concreto sem cimento	330	m³	17.576	0	17.704	18.770	5.800.080	0	5.842.320	6.194.100
.12.12.10.13	Concreto		m3					4.588.730	0	4.537.610	4.651.920
.12.12.10.13.10	Cimento	400	t	1.939	0	1.917	1.966	775.560	0	766.920	786.240
.12.12.10.13.11	Concreto sem cimento	500	m³	6.463	0	6.391	6.552	3.231.500	0	3.195.500	3.276.000
.12.12.10.13.12	Armadura	6.000	t	97	0	96	98	581.670	0	575.190	589.680
<b>.12.12.11</b>	<b>VERTEDOUROS DE FUNDO E OUTROS</b>		<b>gl</b>					<b>15.106.568</b>	<b>27.970.921</b>	<b>15.120.698</b>	<b>15.115.163</b>
.12.12.11.10	Escavação		m3					280.800	565.785	294.930	289.395
.12.12.11.10.11	Em rocha a céu aberto	45	m³	6.240,0	12.573,0	6.554,0	6.431,0	280.800	565.785	294.930	289.395
.12.12.11.12	Concreto		m3					9.932.000	17.617.600	9.932.000	9.932.000
.12.12.11.12.10	Cimento	400	t	2.865,0	5.082,0	2.865,0	2.865,0	1.146.000	2.032.800	1.146.000	1.146.000
.12.12.11.12.11	Concreto sem cimento	500	m³	9.550,0	16.940,0	9.550,0	9.550,0	4.775.000	8.470.000	4.775.000	4.775.000



CONTA	ITEM	PREÇO UNIT. R\$	UN.	QNTD ALT. I	QNTD ALT. II	QNTD ALT. III	QNTD ALT. IV	CUSTO ALT. I	CUSTO ALT. II	CUSTO ALT. III	CUSTO ALT. IV
.12.12.11.12.12	Armadura	6.000	t	668,5	1.185,8	668,5	668,5	4.011.000	7.114.800	4.011.000	4.011.000
.12.12.11.13	Equipamento de fechamento		gl					4.893.768	9.787.536	4.893.768	4.893.768
.12.12.11.13.11	Comporta ensecadeira	20.000	t	62,1	124,2	62,1	62,1	1.241.639	2.483.278	1.241.639	1.241.639
.12.12.11.13.12	Comporta segmento	28.000	t	126,4	252,9	126,4	126,4	3.540.382	7.080.763	3.540.382	3.540.382
3'.12.12.11.13.12	Peças fixas extras	12.000	t	9,3	18,6	9,3	9,3	111.747	223.495	111.747	111.747
<b>.12.13</b>	<b>TOMADA D'ÁGUA E ADUTORAS</b>							<b>10.220.564</b>	<b>10.220.564</b>	<b>10.178.965</b>	<b>12.225.573</b>
<b>.12.13.10</b>	<b>TOMADA D'ÁGUA</b>		<b>gl</b>					<b>5.907.844</b>	<b>5.907.844</b>	<b>5.877.680</b>	<b>5.838.408</b>
.12.13.10.10	Escavação							123.435	123.435	120.240	165.420
.12.13.10.10.11	Em rocha a céu aberto	45	m³	2.743	2.743	2.672	3.676	123.435	123.435	120.240	165.420
.12.13.10.11	Limpeza e tratamento de fundação							24.624	24.624	24.304	28.822
.12.13.10.11.10	Limpeza	40	m²	307	307	307	307	12.280	12.280	12.280	12.280
.12.13.10.11.11	Tratamento		%	10	10	10	10	12.344	12.344	12.024	16.542
.12.13.10.12	Concreto							2.512.300	2.512.300	2.512.300	2.512.300
.12.13.10.12.10	Cimento	400	t	1.019	1.019	1.019	1.019	407.400	407.400	407.400	407.400
.12.13.10.12.11	Concreto sem cimento	500	m³	3.395	3.395	3.395	3.395	1.697.500	1.697.500	1.697.500	1.697.500
.12.13.10.12.12	Armadura	6.000	t	68	68	68	68	407.400	407.400	407.400	407.400
.12.13.10.13	Concreto-massa		m3					510.450	510.450	483.800	394.830
.12.13.10.13.11.10	Cimento	400	t	249	249	236	193	99.600	99.600	94.400	77.040
.12.13.10.13.11.11	Concreto sem cimento	330	m³	1.245	1.245	1.180	963	410.850	410.850	389.400	317.790
.12.13.10.14	Equipamento de fechamento							2.737.036	2.737.036	2.737.036	2.737.036
.12.13.10.14.11	Comporta-vagão	35.000	t	34,39	34,39	34,39	34,39	1.203.562	1.203.562	1.203.562	1.203.562
.12.13.10.14.12	Comporta-ensecadeira	20.000	t	30,34	30,34	30,34	30,34	606.715	606.715	606.715	606.715
.12.13.10.14.13	Peças fixas extras	12.000	t	11,00	11,00	11,00	11,00	132.048	132.048	132.048	132.048
.12.13.10.14.14	Guindaste (talha monovia)	12.000	gl	11,46	11,46	11,46	11,46	137.550	137.550	137.550	137.550
.12.13.10.14.15	Limpa grades	400.000	gl	1,00	1,00	1,00	1,00	400.000	400.000	400.000	400.000
.12.13.10.14.16	Grades	4.200	m²	61,23	61,23	61,23	61,23	257.160	257.160	257.160	257.160
<b>.12.13.14</b>	<b>CONDUTO FORÇADO</b>							<b>3.042.153</b>	<b>3.042.153</b>	<b>3.042.153</b>	<b>3.042.153</b>
.12.13.14.11	Limpeza e tratamento de fundação							22.680	22.680	22.680	22.680

CONTA	ITEM	PREÇO UNIT. R\$	UN.	QNTD ALT. I	QNTD ALT. II	QNTD ALT. III	QNTD ALT. IV	CUSTO ALT. I	CUSTO ALT. II	CUSTO ALT. III	CUSTO ALT. IV
.12.13.14.11.10	Limpeza	40	m <sup>2</sup>	567	567	567	567	22.680	22.680	22.680	22.680
.12.13.14.12	Concreto		m <sup>3</sup>					1.196.800	1.196.800	1.196.800	1.196.800
.12.13.14.12.10	Cimento	400	t	326	326	326	326	130.560	130.560	130.560	130.560
.12.13.14.12.11	Concreto sem cimento	500	m <sup>3</sup>	1.088	1.088	1.088	1.088	544.000	544.000	544.000	544.000
.12.13.14.12.12	Armadura	6.000	t	87	87	87	87	522.240	522.240	522.240	522.240
.12.13.14.13	Equipamento de fechamento							1.822.673	1.822.673	1.822.673	1.822.673
.12.13.14.13.10	Revestimento metálico	18.000	t	73,6	73,6	73,6	73,6	1.325.110	1.325.110	1.325.110	1.325.110
.12.13.14.13.12	Equipamento (Válvula Borboleta)	40.000	m	12,44	12,44	12,44	12,44	497.563	497.563	497.563	497.563
<b>.12.13.15</b>	<b>CANAL E/OU TÚNEL DE FUGA</b>		<b>gl</b>					<b>1.270.566</b>	<b>1.270.566</b>	<b>1.259.132</b>	<b>3.345.012</b>
.12.13.15.10	Escavação		m <sup>3</sup>					1.155.060	1.155.060	1.144.665	3.040.920
.12.13.15.10.11	Em rocha a céu aberto	45	m <sup>3</sup>	25.668	25.668	25.437	67.576	1.155.060	1.155.060	1.144.665	3.040.920
.12.13.15.11	Limpeza e tratamento de fundação			1,07	1,07	1,07	1,07	115.506	115.506	114.467	304.092
.12.13.15.11.11	Tratamento		%	10	10	10	10	115.506	115.506	114.467	304.092
<b>.12.14</b>	<b>CONSTRUÇÕES ESPECIAIS</b>							<b>3.032.518</b>	<b>4.706.042</b>	<b>4.018.214</b>	<b>2.458.125</b>
.12.14.11	OUTRAS CONSTRUÇÕES ESPECIAIS		gl					3.032.518	4.706.042	4.018.214	2.458.125
.12.14.11.10	Jazida solo	10	m <sup>3</sup>	32.745	60.949	39.898	0	327.450	609.490	398.980	0
.12.14.11.11	Pedreira	38	m <sup>3</sup>	71.186	107.804	95.243	54.625	2.705.068	4.096.552	3.619.234	2.458.125
	Subtotal obras civis							40.314.269	42.381.256	43.810.297	42.887.097
	Subtotal equipamentos							9.453.477	14.347.245	9.453.477	9.453.477
<b>.12.15</b>	<b>EVENTUAIS DA CONTA .12 obras civis</b>		%	10,0	10,0	10,0		4.031.427	4.238.126	4.381.030	4.288.710
<b>.12.16</b>	<b>EVENTUAIS DA CONTA .12 equipamentos</b>		%	10,0	10,0	10,0		973.186	1.434.724	973.186	973.186

A alternativa que apresenta o menor custo é a Alternativa C-I.

### 6.3.3 Conclusão

Tendo em vista a OPE apresentada para os estudos do eixo do barramento, a alternativa que se mostrou economicamente mais atraente é a Alternativa C-I, que possui circuito de geração na margem esquerda, duas comportas segmento e vertedouro de soleira livre.

Decorrente disto, irá se trabalhar com a Alternativa C-I para os próximos estudos. Destaca-se que a alternativa escolhida ainda não está consolidada e será otimizada nas próximas etapas do desenvolvimento do Projeto Básico.

## 6.4 Etapa D – Alternativas de Circuito de Geração

Foram estudadas quatro alternativas para o conjunto tomada da água, conduto e casa de força. As quatro alternativas são detalhadas no tópico 6.4.1.

Como premissa para o estudo de alternativas do circuito de geração, as estruturas foram dimensionadas para a potência de 28 MW, destacando que a análise está baseada em dados preliminares, e qualquer que seja a alternativa selecionada estará sujeita a alterações. Os desenhos apresentados não estão consumados e o circuito selecionado ainda será detalhado e finalizado.

### 6.4.1 Alternativas Estudadas

#### 6.4.1.1 Alternativa D-I

Este arranjo propôs como alternativa a tomada da água junto a casa de força, conforme pode ser observado na Figura 93 e desenhos SCA-2C-DECG-004 a 005. Este tipo de arranjo exige que a tomada da água tenha uma altura de soleira inferior em relação as outras alternativas, exigindo mais concreto para sua construção. Entretanto esta opção tem como benefício uma perda de carga inferior, pelo fato deste arranjo possuir menor caminho de escoamento e curvas.

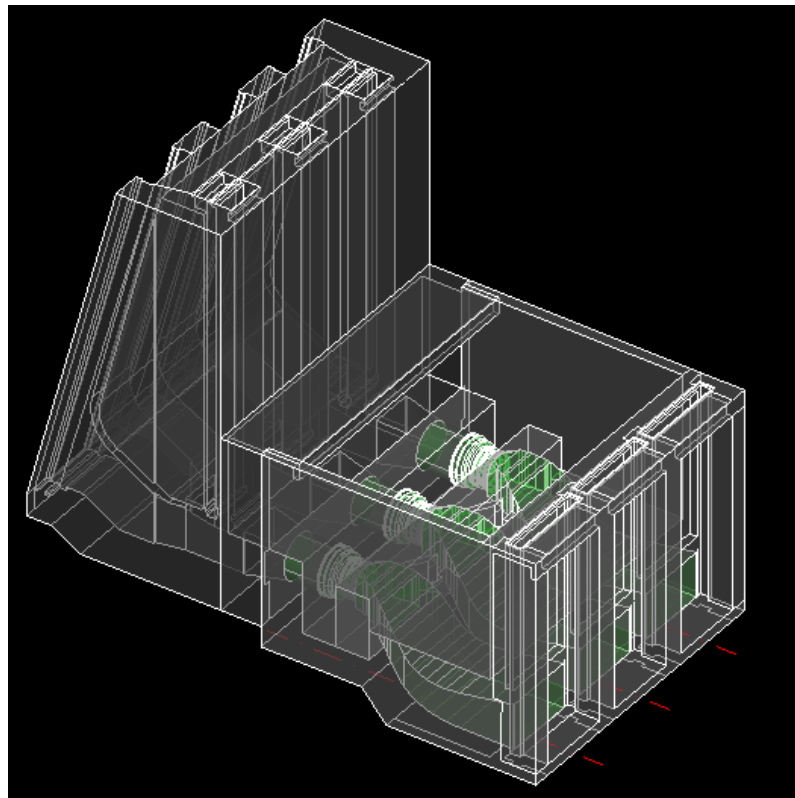


Figura 93 – Alternativa D-I - circuito de geração

As características da Alternativa D-I são:

- Elevação Soleira da Tomada da Água: 755,50 m
- Comprimento do conduto: 0,0 m
- Número de curvas do conduto: 0 curvas
- Perda de carga: 0,206 m
- Tipo de turbina: Kaplan S Jusante

#### 6.4.1.2 Alternativa D-II

Esta alternativa propõem a tomada da água separada da casa de força, ligados por condutos forçados.

A diferença de elevação da tomada da água para a casa de força permite se projetar uma tomada da água menor, diminuindo a quantidade de concreto. O arranjo da Alternativa D-II está demonstrado esquematicamente na Figura 94 e desenhos SCA-2C-DECG-006 a 007.

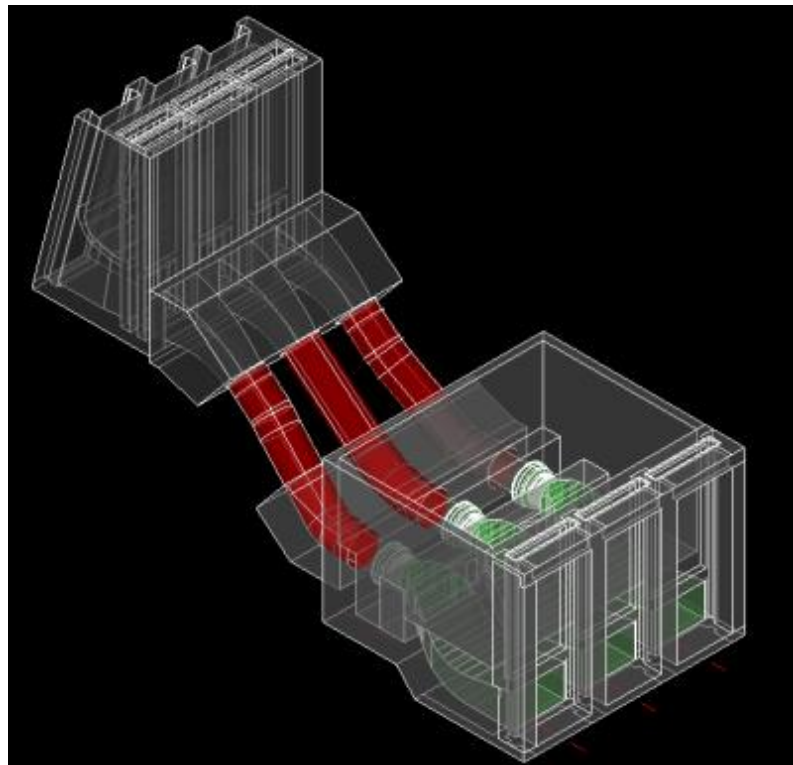


Figura 94 – Alternativa D-II - circuito de geração

Este arranjo possui como características:

- Elevação Soleira da Tomada da Água: 766,00 m
- Comprimento do conduto: 25,0 m
- Número de curvas do conduto: 2 curvas
- Perda de carga: 0,410 m
- Tipo de turbina: Kaplan S Jusante

#### 6.4.1.3 Alternativa D-III

Esta alternativa possui a tomada da água ligada a casa de força, entretanto diferente da Alternativa I possui conduto, conforme demonstra a Figura 95 e desenhos SCA-2C-DECG-008 a 009.

A vantagem deste tipo de arranjo é o fato da turbina Kaplan Montante apresentar rendimento ligeiramente superior à Kaplan Jusante, da ordem de 0,3%.



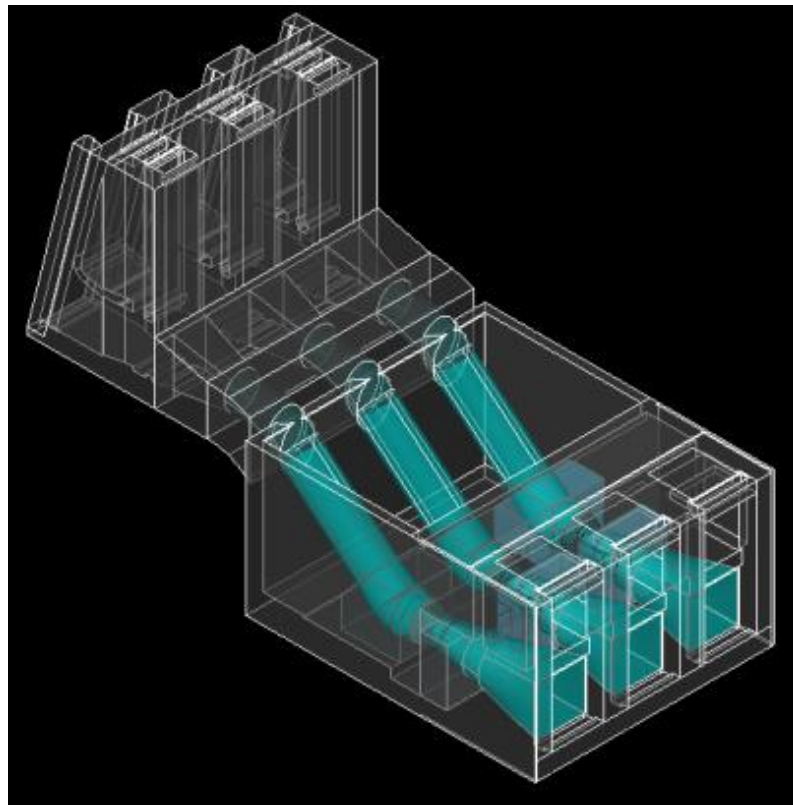


Figura 95 – Alternativa D-III – circuito de geração

Este arranjo possui como características:

- Elevação Soleira - Tomada da Água: 766,00 m
- Comprimento do conduto: 25,0 m
- Número de curvas do conduto: 1 curva
- Perda de carga: 0,317 m
- Tipo de turbina: Kaplan S Montante

#### 6.4.1.4 Alternativa D-IV

Esta alternativa propõe duas turbinas do tipo Kaplan Vertical. A tomada da água para esta alternativa é igual a Alternativa D-II e o pátio da casa de força, diferente das outras alternativas, foi projetado na cota 760,0m, pois nesta alternativa a casa de força foi dimensionada para 30 MW. Estas diferenças se devem pelo fato desta alternativa ter sido estudada posteriormente as demais, porém isto não ocasionou diferenças que impedissem comparação, conforme será demonstrado posteriormente.

O objetivo de estudar esta alternativa foi comparar como a redução do número de unidades impactava nos custos eletromecânicos em comparação com as outras alternativas. O arranjo da Alternativa D-IV está demonstrado esquematicamente na Figura 96 e desenhos SCA-2C-DECG-0010 a 0011.

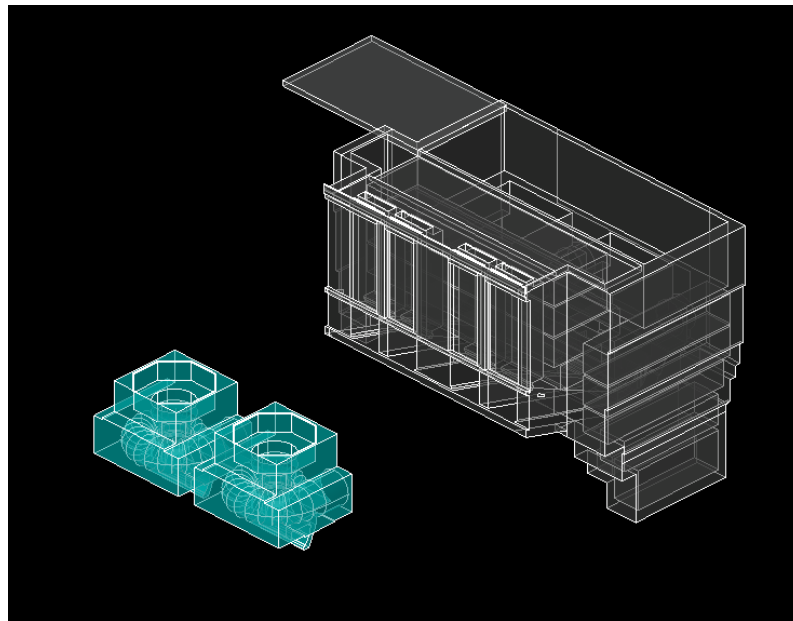


Figura 96 - Alternativa D-IV – circuito de geração

Este arranjo possui como características:

- Elevação Soleira - Tomada da Água: 766,00 m
- Comprimento do conduto: 25,0 m
- Número de curvas do conduto: 2 curvas
- Perda de carga: 0,410 m
- Tipo de turbina: Kaplan S Jusante

#### 6.4.2 Perda de carga no circuito de geração

O quadro a seguir apresenta as dimensões básicas e as perdas de carga ao longo de todas as quatro alternativas apresentadas de circuito hidráulico. Pela similaridade, a Alternativa D-IV terá a mesma perda de carga da Alternativa D-II.

Quadro 92 – Perdas de carga circuito hidráulico de geração

<b>PERDAS DE CARGA NO CIRCUITO HIDRÁULICO DE GERAÇÃO</b>	ALT. I	ALT. II	ALT. III	ALT. IV
<b>1. PERDAS DE CARGA NO CANAL DE ADUÇÃO MONTANTE</b>				
1.1. Perdas contínuas no canal				
Comprimento (m) =	20,00	20,00	20,00	20,00
Base (m) =	36,00	36,00	36,00	24,00
Altura (m) =	4,54	4,59	4,55	7,44
Área Seção Molhada (m <sup>2</sup> ) =	163,42	165,19	163,85	178,57
Perímetro Molhado (m) =	45,08	45,18	45,10	38,88
Rh (m) =	3,63	3,66	3,63	4,59
Velocidade (m/s) =	1,00	1,00	1,00	1,00
Número de Manning (m <sup>-1/3</sup> .s) =	0,025	0,025	0,025	0,025
Perdas (m) =	0,002	0,002	0,002	0,002

**Perda total no CANAL DE ADUÇÃO MONTANTE(m) = 0,002 0,002 0,002 0,002**

## 2. PERDAS DE CARGA NA TOMADA DE ÁGUA

### 2.1. Perda de carga localizada na aproximação

Base (m) =	5,50	5,50	5,50	6,50
Altura (m) =	9,90	10,01	9,93	13,67
Área (m <sup>2</sup> ) =	54,47	55,06	54,62	88,83
Velocidade (m/s) =	1,00	1,00	1,00	1,00
Coeficiente K =	0,100	0,100	0,100	0,100
Perdas (m) =	0,005	0,005	0,005	0,005

### 2.2. Perda de carga localizada nas grades

Inclinação das barras (°) =	75	75	75	75
Espessura das barras (cm) =	1,25	1,25	1,25	1,25
Distância entre as barras (cm) =	9,50	9,50	9,50	9,50
Fator de forma das barras =	2,42	2,42	2,42	2,42
Velocidade nas barras (m/s) =	1,00	1,00	1,00	1,00
Coeficiente K =	0,167	0,167	0,167	0,167
Perdas (m) =	0,009	0,009	0,009	0,009

### 2.3. Perda de carga localizada no nicho da comporta

Base (m) =	4,00	4,00	4,00	5,00
Altura (m) =	5,50	5,50	5,50	7,00
Área (m <sup>2</sup> ) =	22,00	22,00	22,00	35,00
Velocidade (m/s) =	2,48	2,50	2,48	2,54
Coeficiente K =	0,100	0,100	0,100	0,100
Perdas (m) =	0,031	0,032	0,031	0,033

### 2.4. Perda de carga contínua na câmara de carga

Comprimento (m) =	12,00	12,00	12,00	12,00
Base (m) =	4,00	4,00	4,00	5,00
Altura (m) =	5,50	5,50	5,50	7,00
Diâmetro equivalente (m) =	4,63	4,63	4,63	5,83
Velocidade (m/s) =	2,48	2,50	2,48	2,54
Número de Manning (m <sup>-1/3</sup> .s) =	0,014	0,014	0,014	0,014
Fator de atrito =	0,015	0,015	0,015	0,014
Perdas (m) =	0,012	0,012	0,012	0,009

### 2.5. Perda de carga localizada na transição tomada de água x conduto

Velocidade na tomada =	2,48	2,50	2,48	2,54
Velocidade no conduto =	4,38	4,38	4,38	4,38
Coeficiente K =	0,100	0,100	0,100	0,100
Perdas =	0,031	0,032	0,031	0,033

**Perda total na TOMADA DE ÁGUA (m) = 0,088 0,090 0,088 0,088**

**5. PERDAS DE CARGA NO CONDUTO FORÇADO**

## 5.1. Perdas contínuas no trecho 1

Comprimento (m) =	0,00	25,00	25,00	25,00
Diâmetro (m) =	3,98	4,00	3,98	5,08
Área (m <sup>2</sup> ) =	12,44	12,57	12,47	20,28
Velocidade (m/s) =	4,38	4,38	4,38	4,38
Número de Manning (m <sup>-1/3</sup> .s) =	0,0115	0,0115	0,0115	0,0115
Fator de atrito =	0,010	0,010	0,010	0,010
Perdas (m) =	0,000	0,063	0,064	0,046

## 5.2. Perdas localizadas em curvas

Número de curvas =	0,00	2,00	1,00	2,00
Ângulo da curva =	40,00	40,00	40,00	40,00
Raio =	15,00	15,00	15,00	15,00
Diâmetro =	3,98	4,00	3,98	5,08
Velocidade =	4,38	4,38	4,38	4,38
Coefficiente K =	0,070	0,070	0,070	0,079
Perdas =	0,000	0,137	0,068	0,155

**Perda total no CONDUTO FORÇADO (m) = 0,000 0,200 0,132 0,201**

**6. PERDAS DE CARGA NO CANAL DE FUGA**

## 6.1. Perdas localizadas na saída do tubo de sucção

Área saída máquina (m <sup>2</sup> )=	28,06	28,26	30,80	94,27
Velocidade <sup>1</sup> (m/s) =	1,94	1,95	1,77	1,96
Área CF (m <sup>2</sup> ) =	252,77	258,79	254,40	222,23
Velocidade <sup>2</sup> (m/s) =	0,65	0,64	0,64	0,80
Coefficiente K =	0,790	0,794	0,773	0,351
Perdas (m) =	0,085	0,088	0,065	0,069

## 6.2. Perdas contínuas no canal de fuga

Comprimento (m) =	45,00	45,00	45,00	45,00
Área (m <sup>2</sup> ) =	125,68	126,80	126,39	136,53
Perímetro (m) =	74,93	75,18	74,95	47,25
Raio Hidráulico (m) =	1,68	1,69	1,69	2,89
Velocidade (m/s) =	1,30	1,30	1,30	1,30
Coefficiente de Manning =	0,028	0,028	0,028	0,028
Perdas (m) =	0,030	0,030	0,030	0,015

**Perda total no CANAL DE FUGA (m) = 0,115 0,117 0,095 0,083**

**Perda total no CIRCUITO DE GERAÇÃO (m) = 0,206 0,410 0,317 0,375**

A Alternativa D-I é a que possui a menor perda de carga, seguida da Alternativa D-III e da Alternativa D-IV e D-II.

### 6.4.3 Estudo de Orçamento das Alternativas

Para cada uma das quatro alternativas de concepção de arranjo do circuito hidráulico é possível gerar um comparativo orçamentário entre as propostas, devido as mudanças ocasionadas nos quantitativos. O quadro abaixo apresenta o orçamento.

Quadro 93 – Comparativo Orçamentário

ITEM	PREÇO UNIT. R\$	UN.	QUANTIDADES				CUSTOS (R\$ x 10 <sup>3</sup> )			
			ALT I	ALT II	ALT III	ALT IV	ALT I	ALT II	ALT III	ALT IV
<b>CONCRETO</b>							<b>10.785</b>	<b>9.597</b>	<b>10.583</b>	<b>27.219</b>
Tomada de Água	740	m <sup>3</sup>	6.686	2.346	3.021	1.877	4.948	1.736	2.236	1.389
Enchimentos	330	m <sup>3</sup>	0	1.341	2.205	1.073	0	443	728	354
Conduto Forçado	1.100	m <sup>3</sup>	701	2.138	1.244	1.432	771	2.352	1.368	1.576
Casa de Força	1.070	m <sup>3</sup>	4.735	4.735	5.842	22.337	5.066	5.066	6.251	23.900
<b>COMPORTAS</b>							<b>3.163</b>	<b>2.585</b>	<b>2.524</b>	<b>1.723</b>
Tomada de Água - Vagão	35.000	t	43,32	32,49	32,49	21,66	1.516	1.137	1.137	758
Tomada de Água - Ensecadeira	20.000	t	38,54	28,60	28,60	19,07	771	572	572	381
Casa de Força - Ensecadeira	20.000	t	43,79	43,79	40,72	29,19	876	876	814	584
<b>REVESTIMENTO METÁLICO</b>							<b>0</b>	<b>3.299</b>	<b>3.224</b>	<b>2.200</b>
Conduto Forçado	18.000	t	0	61	60	61	0	1.098	1.080	1.098
<b>UNIDADES GERADORAS</b>							<b>16.691</b>	<b>16.526</b>	<b>17.480</b>	<b>17.081</b>
Geradores	55.000	t	303,48	300,48	317,82	310,56	16.691	16.526	17.480	17.081
<b>SOMA CUSTO</b>							<b>30.639</b>	<b>29.806</b>	<b>31.666</b>	<b>47.121</b>

A alternativa mais vantajosa em termos financeiros é a Alternativa D-II. O que mais impacta os custos é o volume de concreto desta alternativa ser consideravelmente inferior as demais.

### 6.4.4 Estudo Energético entre as Alternativas

Além dos custos de cada alternativa do circuito de geração, é necessário comparar a perda de carga e rendimento da turbina, a fim de se calcular a energia assegurada para cada alternativa e posteriormente permitir uma conclusão sobre as mesmas.

Quadro 94 – Comparativo energético entre os circuitos de geração

ALTERNATIVA	ALT D-I	ALT D-II	ALT D-III	ALT D-IV
PERDA DE CARGA (m)	0,206	0,410	0,317	0,375
RENDIMENTO	93,1%	93,1%	93,4%	93,1%
ENERGIA ASSEGURADA (MW)	17,321	17,276	17,327	17,286

Através dos estudos é possível concluir que a Alternativa D-III gera mais energia em comparação com as demais.



#### 6.4.5 Estudo Benefício/Custo Incremental

Analizou-se o investimento total pelo fator de recuperação de capital de 0,1229, e considerou-se o incremento da energia como o benefício para o estudo de benefício/custo, conforme quadro abaixo.

Quadro 95 – Etapa D – Comparativo benefício/custo

Alternativa	Custo			Benefício		$\Delta B / \Delta C$
	Investimento Total	Investimento Total Anual	Incremental	Energia kW/h	Incremental	
ALT D-II	29.808	3.646		34.261		
ALT D-I	30.639	3.748	112	34.350	75	0,67
ALT D-III	31.661	3.873	126	34.362	10	0,08
ALT D-IV	47.121	5.764	1.881	34.280	-124	-0,07

Pelo quadro é possível verificar que a Alternativa D-I, a Alternativa D-III e a Alternativa D-IV não são economicamente atraentes em comparação com a Alternativa D-II. Logo, para as próximas etapas do Projeto Básico, se trabalhará com a Alternativa D-II como arranjo escolhido para o circuito de geração.

## 6.5 Etapas E e F – Alternativas de Número de Unidades e Motorização

Os estudos de motorização da usina e número de unidades geradoras realizaram-se em paralelo. Primeiramente utilizou-se os resultados do estudo de inventário da PCH Canoas, sendo 28 MW o parâmetro utilizado no estudo do número de unidades, e três máquinas para o estudo de motorização.

Com o refinamento dos resultados do estudo de uma alternativa, voltava-se para calibrar o número de unidades ou potência estudada, chegando-se nos resultados de 30,0 MW para motorização e 3 (três) unidades geradoras. Os resultados apresentados nos tópicos 6.5.1 e 6.5.2 a seguir partem destes parâmetros para seus estudos.

### 6.5.1 Etapa E – Alternativas de Número de Unidades

Nesta fase a potência instalada foi definida conforme estudos de motorização, em concordância com o que foi abordado no tópico 6.5, para a potência de 30 MW. Estudou-se cinco alternativas de número de unidades conforme apresentado no quadro abaixo.

Quadro 96 – Alternativas estudadas para número de unidades geradoras

Alternativa	Número de unidades	Potência de cada máquina (MW)
1	2	15,00
2	3	10,00
3	4	7,50
4	5	6,00
5	6	5,00

#### 6.5.1.1 Definição do número de unidades geradoras

Para definição do número de unidades geradoras da PCH Canoas avaliou-se principalmente a relação benefício/ custo e valores de indisponibilidade e perdas elétricas.

Os resultados das simulações realizadas estão apresentados no quadro a seguir.

Quadro 97 – Resultados das simulações do número de máquinas

N.A. máximo normal de montante (m)	780,00				
N.A. normal de jusante (m)	760,32	760,32	760,33	760,33	760,33
N.A. mínimo de jusante (m) - 1 unidade	759,25	759,25	759,05	758,93	758,86
Vazão de uso consuntivo (m <sup>3</sup> /s)	1,50				
Potência instalada (kW)	30.000,00	30.000,00	30.000,00	30.000,00	30.000,00
Número de unidades	2	3	4	5	6
Rendimento nominal da turbina	0,931	0,931	0,931	0,931	0,931
Rendimento nominal do gerador	0,968				
Rendimento nominal do conjunto turbina/gerador	0,901	0,901	0,901	0,901	0,901
Perda de carga máxima (m)	0,470	0,476	0,477	0,498	0,503
Constante de perda de carga (K = hp/Q <sup>2</sup> )	0,000015	0,000015	0,000015	0,000016	0,000016
Percentual de perda de carga	2,39%	2,42%	2,42%	2,53%	2,56%
Queda bruta (m)	19,68	19,67	19,67	19,67	19,67
Queda líquida (m)	19,21	19,20	19,20	19,18	19,17
Queda de referência (m)	19,01	19,01	19,01	18,99	18,99
Queda de projeto (m)	19,65	19,67	19,67	19,67	19,67
Vazão turbinada mínima (m <sup>3</sup> /s)	26,79	17,86	13,39	10,72	8,94
Vazão turbinada máxima unitária (m <sup>3</sup> /s)	89,28	59,52	44,64	35,75	29,80
Vazão turbinada máxima (m <sup>3</sup> /s)	178,57	178,55	178,55	178,75	178,80
Vazão de projeto (m <sup>3</sup> /s)	176,77	176,84	176,84	177,04	177,09
% Q nominal para geração	30,0%				
Energia média (MW)	18,394	18,577	18,612	18,619	18,623
Fator de capacidade (energia média)	0,613	0,619	0,620	0,621	0,621
Disponibilidade geral	95,26%	96,56%	97,21%	97,60%	97,86%
Perdas elétricas até o ponto de conexão	0,900%	0,900%	0,900%	0,900%	0,900%
Consumo interno (kW médio)	25,6	29,0	32,4	35,8	39,1
Energia assegurada (MW)	17,338	17,747	17,898	17,974	18,022
Fator de capacidade (energia assegurada)	0,578	0,592	0,597	0,599	0,601
Geração anual de energia (MWh)	17,208	17,552	17,682	17,743	17,785
Disponibilidade para geração	95,94%	99,01%	99,56%	99,78%	99,89%

A disponibilidade geral apresentada no Quadro 97 possui relação direta com o número de máquinas instaladas, sendo:

$$\text{Disponibilidade Geral} = (1 - \text{TEIF}) * (1 - \text{IP})$$

Sendo:

- TEIF – Taxa Equivalente de indisponibilidade forçada da usina:
- IP – Indisponibilidade programada da usina

Entretanto, para cada uma das duas taxas, o número de dias indisponível varia. Outros parâmetros também são levados em consideração, como a indisponibilidade da linha de transmissão, conforme cálculos apresentados abaixo.

$$\text{TEIF} = (14 \text{ dias indisponíveis} * 0,70 \text{ (indisponibilidade linha)} / \text{número de máquinas} / 365) + 0,38\% \text{ (indisponibilidade real no ano para linha)}$$

$$\text{IP} = (24 \text{ dias indisponíveis} * 0,80 \text{ (indisponibilidade linha)} / \text{número de máquinas} / 365) + 0,44\% \text{ (indisponibilidade real no ano para linha)}$$

Com os dados das unidades geradoras avaliou-se os custos envolvidos em cada alternativa variando o número de máquinas. Os quadros a seguir resumem os benefícios e custos associados.

Quadro 98 – Motorização – Custo das alternativas (R\$ x 10<sup>3</sup>)

Conta	Descrição	2 unidades	3 unidades	4 unidades	5 unidades	6 unidades
.10	Terrenos, relocações e outras ações	39.191	39.215	39.236	39.249	39.267
.11	Estruturas e outras benfeitorias	8.631	8.676	8.861	9.041	9.268
.12	Barragens e adutoras	49.156	50.014	50.514	51.030	51.540
	- Desvio do rio, barragens e vertedouro	38.219	38.219	38.219	38.219	38.219
	- Tomada d'água e adutoras	10.937	11.795	12.295	12.811	13.321
.13	Turbinas e geradores	30.694	32.174	33.599	34.170	35.227
.14	Equipamento elétrico acessório	17.108	17.196	17.284	17.372	17.460
.15	Diversos equipamentos da usina	2.482	2.586	2.688	2.725	2.799
.16	Estradas de rodagem	0	0	0	0	0
	Custo direto total	147.262	149.861	152.182	153.587	155.560
.17	Indiretos	20.292	20.438	20.568	20.646	20.756
	Custo total sem juros	167.554	170.299	172.750	174.233	176.317
.18	Juros durante a construção	22.611	22.974	23.297	23.492	23.766
	Custo total com juros	190.165	193.273	196.047	197.725	200.083

Quadro 99 – Etapa E – Índice Benefício/Custo Incremental

Número de Unidades	Energia Ass. (MW)	Fc	Custo (10³ R\$)					Benefício (10³ R\$)					ΔB / ΔC	B/C	R\$/MW assegurado	ICB (R\$/MWh)	hp (m)	R\$/MW Instalado
			Investimento c/ juros	Investimento anual	O&M	Total anual	Incremental	Bruto anual	Descontos		Líquido anual	Incremental						
2	17,338	0,5779	193.474	23.665	3797	27.462		34.384	6.811	19,8%	27.573		1,00	1,00	11.159	180,81	0,47	96.737
3	17,747	0,5916	196.578	24.045	3887	27.931	469	35.195	6.940	19,7%	28.254	681	1,45	1,01	11.077	179,67	0,48	65.526
4	17,898	0,5966	199.344	24.383	3920	28.303	371	35.494	6.988	19,7%	28.506	251	0,68	1,01	11.138	180,52	0,48	49.836
5	17,974	0,5991	201.012	24.587	3936	28.523	221	35.644	7.012	19,7%	28.632	126	0,57	1,00	11.184	181,16	0,50	40.202
6	18,022	0,6007	203.359	24.874	3947	28.821	298	35.740	7.028	19,7%	28.712	80	0,27	1,00	11.284	182,56	0,50	33.893

O número ideal de unidades para a PCH Canoas resultou em 3.



## 6.5.2 Etapa F – Alternativas de Potência (Motorização)

### 6.5.2.1 Metodologia

As alternativas estudadas de motorização estão dentro de uma faixa pré-selecionada de potências (de 24 a 36 MW), com incrementos de 2 MW, sempre considerando 3 unidades de turbina Kaplan S Jusante, definidas anteriormente.

O estudo da configuração ótima da potência instalada efetua-se com base na análise da relação benefício/ custo incremental, mesmo método aplicado para determinação do número de unidades geradoras.

Para todas as alternativas foram realizados os dimensionamentos do circuito hidráulico e o cálculo das perdas de carga resultantes. As simulações energéticas basearam-se nas características dos equipamentos e do circuito hidráulico, das indisponibilidades e perdas elétricas.

Os estudos foram realizados com base em simulações energéticas, a partir de um modelo computacional de usinas individualizadas.

### 6.5.2.2 Critérios Básicos

- Operação a fio d'água;
- Curva de descarga proveniente dos Estudos de Inventário;
- Perda de carga variável com a vazão turbinada, com a utilização do coeficiente de perda de carga diferentes de acordo com a vazão e o número de unidades em operação;
- Queda bruta: determinado pela diferença entre o nível de água do reservatório e o nível de água no canal de fuga para 3 unidades em operação a plena carga;
- Queda líquida: queda bruta descontado das perdas de carga para 3 unidades em operação a plena carga;
- Queda de referência: queda líquida correspondente a 95% de permanência;

### 6.5.2.3 Simulações Energéticas

Os resultados das simulações realizadas com os critérios e dados mencionados anteriormente estão apresentados nos quadros a seguir.

Quadro 100 – Etapa F – Resultados das simulações – Circuito de geração principal

N.A. máximo normal de montante (m)	780,00						
N.A. normal de jusante (m)	760,25	760,27	760,30	760,32	760,36	760,43	760,50
N.A. mínimo de jusante (m) - 1 unidade	758,96	758,99	759,02	759,05	759,08	759,11	759,14
Vazão de uso consuntivo (m³/s)	1,50						
Potência instalada (kW)	24.000,0	26.000,0	28.000,0	30.000,0	32.000,0	34.000,0	36.000,0
Número de unidades	3						
Rendimento nominal da turbina	0,931	0,931	0,931	0,931	0,931	0,931	0,931
Rendimento nominal do gerador	0,968						
Rendimento nominal do conjunto turbina/gerador	0,901	0,901	0,901	0,901	0,901	0,901	0,901
Perda de carga máxima (m)	0,488	0,481	0,481	0,475	0,472	0,468	0,466
Constante de perda de carga ( $K = \text{hp}/Q^2$ )	2,4E-05	2,0E-05	1,7E-05	1,5E-05	1,3E-05	1,1E-05	1,0E-05
Percentual de perda de carga	2,47%	2,44%	2,44%	2,41%	2,41%	2,39%	2,39%
Queda bruta (m)	19,75	19,73	19,70	19,68	19,64	19,57	19,50
Queda líquida (m)	19,27	19,25	19,22	19,20	19,16	19,10	19,04
Queda de referência (m)	19,08	19,06	19,04	19,02	18,99	18,97	18,95
Queda de projeto (m)	19,57	19,61	19,64	19,67	19,69	19,71	19,72
Vazão turbinada mínima (m³/s)	14,23	15,44	16,65	17,85	19,07	20,28	21,50
Vazão turbinada máxima unitária (m³/s)	47,45	51,45	55,49	59,51	63,56	67,61	71,68
Vazão turbinada máxima (m³/s)	142,35	154,36	166,46	178,54	190,68	202,83	215,04
Vazão de projeto (m³/s)	140,97	152,88	164,86	176,82	188,97	201,43	214,00
% Q nominal para geração	30,0%						
Energia média (MW)	16,842	17,488	18,057	18,577	19,031	19,434	19,779
Fator de capacidade (energia média)	0,70	0,67	0,64	0,62	0,59	0,57	0,55
Disponibilidade geral	96,56%	96,56%	96,56%	96,56%	96,56%	96,56%	96,56%
Perdas elétricas até o ponto de conexão	0,780%	0,820%	0,860%	0,900%	0,940%	0,980%	1,020%
Consumo interno (kW médio)	22,0	23,1	24,3	25,6	26,7	27,7	28,8
Energia assegurada (MW)	16,114	16,725	17,261	17,751	18,176	18,553	18,874
Fator de capacidade (energia assegurada)	0,67	0,64	0,62	0,59	0,57	0,546	0,52
Geração anual de energia (MWh)	141.157	146.510	151.209	155.496	159.224	162.529	165.339
Disponibilidade para geração	99,56%	99,56%	99,34%	99,01%	98,68%	98,57%	98,36%

#### 6.5.2.4 Custos de cada Motorização

Os custos de cada motorização foram determinados conforme a planilha OPE da Eletrobrás. Nesta determinação, para cada potência instalada, as contas que sofreram alterações foram as obras civis referentes ao circuito hidráulico de geração.

Quanto aos equipamentos eletromecânicos, para cada potência instalada, sofreram variações os custos referentes às turbinas, geradores, as grades, as comportas e os equipamentos auxiliares mecânicos e elétricos.

O quadro a seguir apresenta o resumo de custos de cada alternativa de motorização proposta.

Quadro 101 – Motorização – Custo das alternativas (R\$ x 10<sup>3</sup>)

Conta	Descrição	24 MW	26 MW	28 MW	30 MW	32 MW	34 MW	36 MW
.10	Terrenos, relocações e outras ações	39.112	39.146	39.179	39.215	39.249	39.284	39.320
.11	Estruturas e outras benfeitorias	6.976	7.556	8.131	8.715	9.294	9.872	10.455
.12	Barragens e adutoras	48.226	48.754	49.285	50.004	50.719	51.439	52.161
	- Desvio do rio, barragens e vertedouro	38.219	38.219	38.219	38.219	38.219	38.219	38.219
	- Tomada d'água e adutoras	10.007	10.535	11.066	11.785	12.500	13.220	13.943
.13	Turbinas e geradores	26.491	28.392	30.286	32.225	34.095	35.951	37.880
.14	Equipamento elétrico acessório	15.601	16.104	16.606	17.108	17.611	18.113	18.615
.15	Diversos equipamentos da usina	2.119	2.275	2.431	2.588	2.742	2.895	3.051
.16	Estradas de rodagem	0	0	0	0	0	0	0
	Custo direto total	138.527	142.225	145.918	149.856	153.710	157.555	161.482
.17	Indiretos	19.812	20.016	20.220	20.438	20.651	20.862	21.078
	Custo total sem juros	158.338	162.242	166.138	170.294	174.361	178.417	182.560
.18	Juros durante a construção	21.421	21.927	22.432	22.973	23.502	24.029	24.568
	Custo total com juros	179.759	184.169	188.571	193.267	197.863	202.446	207.128

#### 6.5.2.5 Determinação da Potência a Instalar

A potência ótima é definida igualando o índice benefício/custo incremental a 1 (um). O índice é determinado através da razão entre o benefício e o custo incremental entre cada potência estudada.

A potência ótima da PCH Canoas resultou em 30,0 MW. O quadro a seguir apresenta o cálculo do índice benefício/custo incremental.

Quadro 102 – Resultado dos estudos de motorização

Potência (MW)	Energia Ass. (MW)	Fc	Custo (10 <sup>3</sup> R\$)					Benefício (10 <sup>3</sup> R\$)				ΔB / ΔC	B/C	R\$/MW assegurado	ICB (R\$/MWh)	hp (m)	R\$/MW Instalado	
			Investimento c/ juros	Investimento anual	O&M	Total anual	Incremental	Bruto anual	Descontos	Líquido anual	Incremental							
24,00	16,11	0,6714	183.295	22.420	3529	25.949		31.956	6.160	19,3%	25.796		1,00	1,00	11.375	183,83	0,49	7.637
26,00	16,72	0,6433	187.625	22.950	3663	26.612	663	33.168	6.441	19,4%	26.726	930	1,40	1,00	11.218	181,64	0,48	7.216
28,00	17,26	0,6165	191.947	23.478	3780	27.258	646	34.231	6.699	19,6%	27.532	806	1,25	1,01	11.120	180,27	0,48	6.855
30,00	17,75	0,5917	196.572	24.044	3887	27.931	673	35.202	6.942	19,7%	28.260	728	1,08	1,01	11.074	179,63	0,47	6.552
32,00	18,18	0,5680	201.098	24.598	3981	28.578	647	36.046	7.196	20,0%	28.850	590	0,91	1,01	11.064	179,48	0,47	6.284
34,00	18,55	0,5457	205.611	25.150	4063	29.213	635	36.794	7.434	20,2%	29.360	509	0,80	1,01	11.082	179,74	0,47	6.047
36,00	18,87	0,5243	210.222	25.714	4133	29.847	634	37.430	7.655	20,5%	29.775	415	0,65	1,00	11.138	180,52	0,47	5.840

## 6.6 Conclusão

Este relatório teve como objetivo estudar as alternativas de arranjo de barramento e circuito de geração, assim como estudar e definir o número ótimo de máquinas e a potência instalada ótima para PCH Canoas.

Após os estudos, pode-se concluir que o potencial hidráulico para geração de energia elétrica que mais se apresentou viável, no local de aproveitamento da PCH Canoas, permite uma capacidade instalada de 30 MW com três unidades geradoras, energia assegurada de 17,64 MW e fator de capacidade igual a 0,588.

O estudo de alternativas de barramento estudou três alternativas distintas, e a Alternativa I demonstrou-se a mais viável entre elas. Esta alternativa possui a circuito de geração da margem esquerda, duas comportas segmento e 140 m de vertedouro de soleira livre.

O estudo de alternativas de arranjo do circuito de geração concluiu que a Alternativa II possui o melhor arranjo entre as três alternativas estudadas. Neste arranjo a casa de força e a tomada da água são ligados através de conduto forçado, e a turbina é do tipo Kaplan S Jusante.

Com base no presente estudo de alternativas, o Projeto Básico da PCH Canoas será desenvolvido e otimizado.

## 7 DESCRIÇÃO DAS ESTRUTURAS DO APROVEITAMENTO

### 7.1 Concepção Geral do Projeto

A PCH Canoas está sendo proposta no rio Canoas, na região serrana do estado de Santa Catarina, nos municípios de Curitibanos e São José do Cerrito.

A PCH Canoas é um aproveitamento hidrelétrico a fio d'água, que conta com o desnível e afluência do rio Canoas, possuindo uma potência total instalada de 30,0 MW.

A área de drenagem no local da barragem é de 5.647,6 km<sup>2</sup>. A vazão média de longo termo no barramento é igual a 136,90 m<sup>3</sup>/s. No local do aproveitamento (figuras a seguir) existe uma corredeira com desnível natural de 3,8 m.

O nível máximo normal do reservatório da PCH Canoas situa-se na El. 780,00 m e o nível normal de jusante na El. 760,33 m (influenciado pelo reservatório da UHE São Roque), resultando em uma queda bruta de 19,67 m. Com perda hidráulica máxima calculada de 0,497 m (2,53% da queda bruta), a PCH Canoas possui queda líquida de 19,18 m.

A energia assegurada calculada para a PCH Canoas é de 17,64 MW (0,588 de fator de capacidade), já considerando as perdas elétricas e indisponibilidades.

O arranjo da PCH Canoas apresenta o circuito de geração incorporado ao barramento, sem derivação do rio. Conforme apresentado na Figura 101 e no desenho SCA-2C-DEAJ-001, as estruturas estão situadas na seguinte ordem, da esquerda para a direita: barragem de enrocamento margem esquerda, tomada de água, bloco de ligação, vertedouro de comportas segmento, vertedouro de soleira livre, muro ala e barragem de enrocamento margem direita. A cota de proteção das estruturas de montante foi projetada na El. 786,00 m.

O circuito hidráulico de geração apresenta-se na margem esquerda do rio Canoas. O circuito será constituído de tomada de água, condutos forçados, casa de força e canal de fuga.

A casa de força conta com três unidades geradoras do tipo Kaplan Tubular S Jusante, com potência unitária de 10,0 MW. O patamar do pátio da casa de força encontra-se na El. 770,0 m, enquanto o eixo das turbinas está na El. 755,00 m e a fundação da casa de força encontra-se na El. 745,90 m.

A PCH Canoas conectar-se-á ao SIN por meio do bay de 138 kV na SE Curitibanos de propriedade da Celesc Distribuição S.A. Para tanto, a partir da Subestação da PCH Pery II, as usinas compartilharão 19,2 km de LT 138 kV, cabo 336,4 MCM, circuito simples.

O orçamento total previsto para a implantação deste aproveitamento, considerando a sua interligação ao Sistema Interligado Nacional, é de R\$ 172.909.700,00 (sem JDC). O planejamento construtivo do empreendimento prevê um prazo total de implantação de 24 meses.





Figura 97 – Corredeira margem direita no eixo do barramento



Figura 98 – Corredeira margem direita – Vista de jusante



Figura 99 – Corredeira margem esquerda no eixo do barramento – Vista de jusante



Figura 100 – Platô de montante da corredeira – Vista de jusante

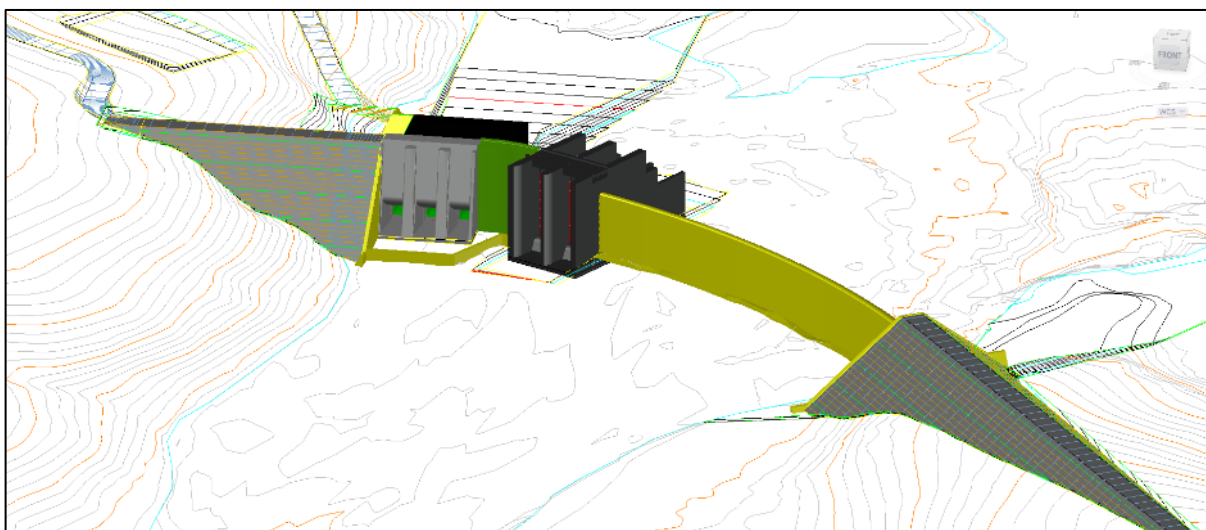


Figura 101 – Arranjo geral PCH Canoas – Vista de montante

## 7.2 Reservatório

O reservatório da PCH Canoas possui nível de água máximo normal na El. 780,00 m e nível máx. máximo na El. 783,93 m, dimensionado para a cheia de 10.000 anos de recorrência (5.640 m<sup>3</sup>/s). Nesta elevação, a área do reservatório resultou em 328,92 ha, área inundada em 20,93 ha e o volume total armazenado em 23,6 hm<sup>3</sup>. O desenho SCA-2C-DERE-001 e 002 apresenta a planta do reservatório.

O reservatório da PCH Canoas será operado praticamente a fio d'água. O nível mínimo do reservatório foi definido na El. 779,00 m, ou seja, um metro de deplecionamento, apesar do dimensionamento hidráulico da tomada de água possibilitar 9,3 m de deplecionamento.

O volume útil do deplecionamento considerado é de 3,03 hm<sup>3</sup> [35,07 (m<sup>3</sup>/s)/dia].



As características principais do reservatório estão apresentadas no quadro a seguir. O reservatório da PCH Canoas está localizado nos municípios de Curitibanos e São José do Cerrito.

Quadro 103 - Características Principais do Reservatório.

Área (ha)				
Item / Local	Margem Direita	Margem esquerda	Calha	Total
Inundada	65,30	140,27	123,35	328,92
Faixa de Preservação	119,47	229,89		349,36
Total	184,78	370,16	123,35	678,28
Área Inundada Sem a Calha (ha)				205,57
Extensão do Reservatório (km)				10,74
Área a desapropriar (ha)				554,93
Perímetro do Reservatório (km)				39,29

A curva cota área volume do reservatório é apresentada a seguir.

Quadro 104 – Curva cota área volume do reservatório

Cota (m)	Área (ha)	Volume (hm³)	Cota (m)	Área (ha)	Volume (hm³)
762	0	0	775	175,47	11,768
763	0,39	0,002	776	190,74	13,599
764	29,61	0,152	777	215,53	15,630
765	37,64	0,532	778	251,01	17,963
766	60,49	1,023	779	277,10	20,604
767	72,88	1,690	780	328,92	23,634
768	86,96	2,489	781	358,49	27,071
769	100,24	3,425	782	409,52	30,911
770	114,04	4,496	783	448,04	35,199
771	128,14	5,707	784	482,96	39,853
772	140,73	7,051	785	510,16	44,819
773	151,96	8,515	786	535,66	50,048
774	161,59	10,083	787	559,72	55,525

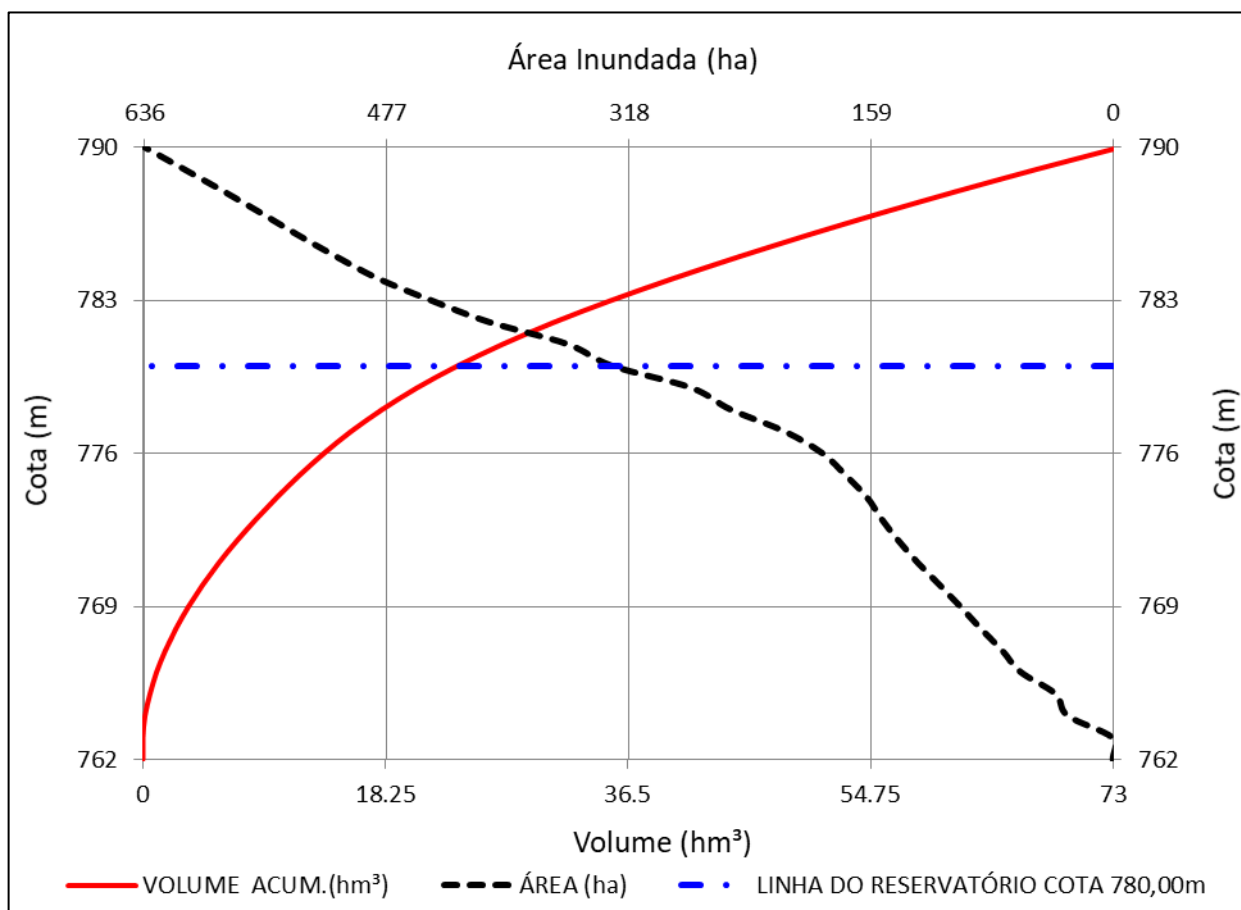


Figura 102 – Curva cota área volume do reservatório

### 7.3 Desvio do Rio

Levando em consideração as características topomorfológicas do local do eixo do barramento, os aspectos hidrológicos, geológicos, o tipo da estrutura do barramento, o desvio do rio necessário para a construção deste barramento está sendo proposto para ser realizado em duas fases. Os desenhos SCA-2C-DEDV-001 a 004 apresentam as características do desvio do rio da PCH Canoas.

#### 7.3.1 Cheias de Projeto e Proteções Adotadas

O tempo de recorrência determinado para o desvio do barramento da PCH Canoas foi de 50 anos anual para o desvio de 1ª fase e de 10 anos seco para o desvio de 2ª fase. Essas proteções foram estipuladas considerando o tempo de exposição previsto no cronograma de obras para cada fase e o nível de importância das estruturas internas às áreas ensecadas. O quadro a seguir apresenta a proteção para cada fase do desvio.

Quadro 105 – Proteção do desvio do rio no barramento

Fase de Desvio	1ª	1ª	2ª	2ª
Ensecadeira	Montante	Jusante	Montante	Jusante
Vazão (m³/s)	2.522,2	2.522,2	737,4	737,4
Cheia de Proteção	50 anos anual	50 anos anual	10 anos seco	10 anos seco

Fase de Desvio	1ª	1ª	2ª	2ª
El. Crista (m)	769,10	765,70	772,20	764,90 / 763,10
Nível de Água (m)	768,27	765,12	771,59	764,26 / 762,46
Borda Livre (m)	0,83	0,68	0,61	0,54 / 0,64

O prejuízo de um eventual galgamento caracteriza-se na recuperação das ensecadeiras, esgotamento e limpeza da área ensecada.

### 7.3.2 Desvio Barramento – Primeira Fase

Na primeira fase do desvio do rio, a margem direita será alargada cerca de 25 m, com fundo no topo rochoso. Após a retirada do solo da margem direita, o lançamento da pré ensecadeira através da margem esquerda pode começar.

A pré-ensecadeira foi projetada de enrocamento lançado, com crista na El. 764,00 m e com 3 m de largura.

Finalizada com solo na face oposta ao contato com água, a ensecadeira completa da primeira fase é composta de solo compactado, transição fina e graúda e enrocamento lançado. Foi projetada para suportar a cheia de 50 anos de recorrência anual (2.522,2 m<sup>3</sup>/s), com uma borda livre de 83 cm (Quadro 76)

No interior da área ensecada, além do circuito de geração, ombreira esquerda e bloco de ligação, serão implantadas as estruturas destinadas ao desvio da segunda fase: vertedouro de comportas segmento e 2 blocos do vertedouro de soleira livre (44 m no total). As características dos vertedouros estão descritas no item 5.3.3.

A penúltima atividade do desvio de primeira fase deve ser o fechamento das comportas da tomada de água e da casa de força, que precederão a retirada da ensecadeira de primeira fase.

As configurações dos canais escavados, bem como das ensecadeiras a serem implantadas nesta fase de desvio estão apresentadas no desenho SCA-2C-DEDV-001. A Figura 76 e a Figura 77 apresentam as características do escoamento do rio Canoas durante o desvio de 1ª fase.

### 7.3.3 Desvio Barramento – Segunda Fase

Após a conclusão destas estruturas será realizada a remoção da ensecadeira longitudinal da primeira fase para dar início ao desvio da segunda fase.

O desvio do rio da segunda fase será realizado através das estruturas anteriormente mencionadas. Para tanto, foi considerada como vazão de desvio a vazão de 737,4 m<sup>3</sup>/s, correspondente a cheia de 10 anos de recorrência do período seco (Quadro 76).

Para ensecar a área destinada a implantação da estrutura do vertedouro no leito do rio, foram projetadas duas ensecadeiras: de montante com topo na El. 772,20 m e de jusante com topo na El. 764,90 m até o fim da primeira curva, realizando uma descida com 5% de inclinação até a El. 763,10 m. Estas ensecadeiras serão de enrocamento lançado e vedado com solo na face oposta à água.

No interior da área ensecada serão implantados 96 m do vertedouro de soleira livre e a barragem de enrocamento da margem direita. Para dar celeridade ao desvio de 2ª fase, o muro ala na barragem deve ser construído ao longo do desvio de 1ª fase.

A configuração do desvio de segunda fase - primeira etapa está apresentada no desenho SCA-2C-DEDV-002. A Figura 78 e a Figura 79 apresentam o comportamento do escoamento durante o desvio de 2ª fase.

## 7.4 Barragem

A PCH Canoas possui em ambas as ombreiras de fechamento barragens de enrocamento com núcleo de argila, com a mesma seção típica, apresentada nos desenhos SCA-2C-DEBA-001 a 003. Na margem esquerda o fechamento é realizado através de uma barragem com 78,2 m de comprimento apoiada no muro ala, ambos com 23,8 m de altura máxima. Na margem direita o fechamento é realizado através de uma barragem com 207,7 m de comprimento apoiada em um muro ala, ambos com 23,0 m de altura máxima.

O coroamento das barragens de terra encontra-se na El. 786,00 m.

Conforme ilustrado na figura a seguir, a barragem possui 6 m de largura na crista. A vedação é feita através de solo compactado no núcleo da barragem.

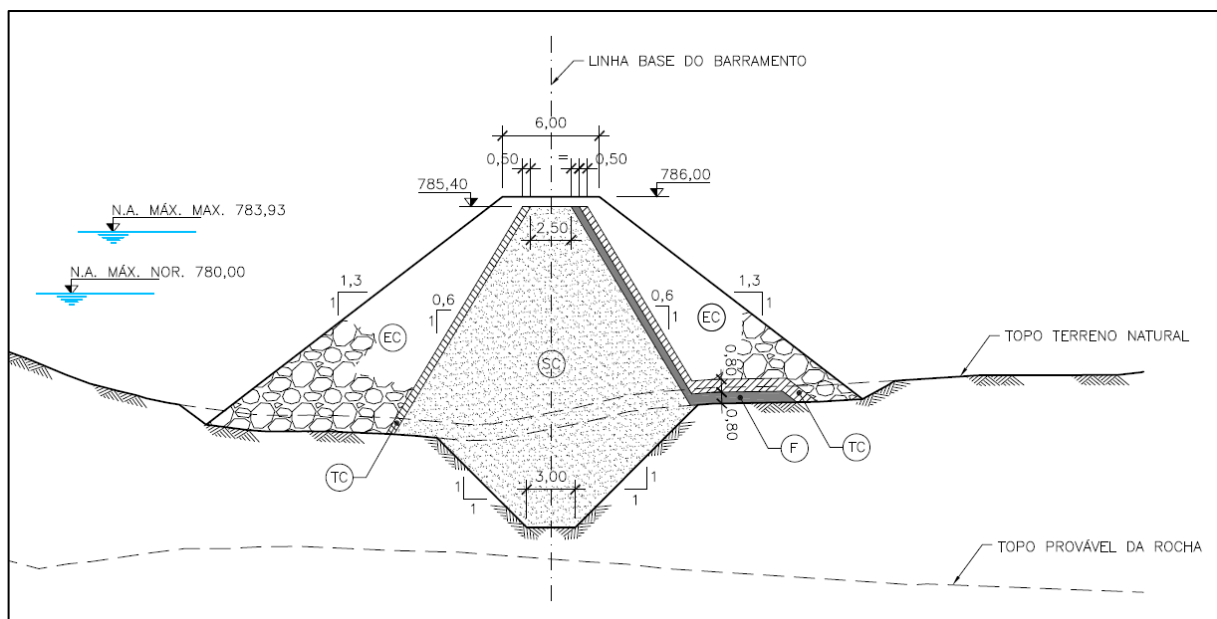


Figura 103 – Seção típica barragem de enrocamento



## 7.5 Dispositivos de Descarga de Cheias

Os dispositivos de descarga de cheias da PCH Canoas consistem em um vertedouro de soleira livre, com 140 m de largura e crista na El. 780,00 m, e um vertedouro controlado por duas comportas segmento, cada uma com 8 m de largura, 18,5 m de altura e soleira na El. 763,00 m.

As curvas de descarga dos dois vertedouros são apresentadas a seguir. A regra de operação definida para o Projeto Básico é permitir a sobrelevação de 50 cm do reservatório para começar a abrir as comportas. Assim é possível obter um ganho energético e um aumento de 50 cm na queda de referência das turbinas.

### 7.5.1.1 Vertedouro de Soleira Livre

O vertedouro de soleira livre da PCH Canoas apresenta-se incorporado ao barramento, sendo executado em concreto compactado com rolo (CCR). A soleira vertente apresenta soleira de pequena espessura e perfil hidráulico de maneira a melhorar o seu coeficiente de descarga.

A soleira vertente possui pequena espessura e perfil hidráulico Creager, de maneira a melhorar o coeficiente de descarga do vertedouro. O perfil da soleira vertente foi definido para carga de projeto de 3,01 m. A carga máxima no vertedouro foi projetada em 3,93 m, correspondente à vazão decamilenar. O fundo na aproximação foi considerado na El. 762,00 m, assim a profundidade de aproximação resultou em 18,00 m. O coeficiente de descarga para a carga de projeto foi considerado igual a 2,18.

Para favorecer a dissipação de energia, o paramento de jusante é composto de degraus, além de uma laje de comprimento de 5,00 m no pé da barragem.

O dimensionamento do vertedouro foi executado de maneira a possibilitar o escoamento da cheia com recorrência decamilenar e pico instantâneo. Considerando ambos os vertedouros trabalhando simultaneamente, o nível de água máximo excepcional resultou em 783,93 m. Assim, a carga máxima sobre a soleira do vertedouro resultou em 3,93 m para escoamento da vazão de 2.460 m<sup>3</sup>/s, conforme apresentado no Quadro 77.

O vertedouro de soleira livre possui 140 m de extensão e desenvolve-se inteiramente em uma curvatura com 281 m de raio.

O detalhamento do vertedouro é apresentado nos desenhos SCA-2C-DEBA-001.

### 7.5.1.2 Vertedouro de Comportas Segmento

O vertedouro controlado por comportas segmento apresenta-se incorporado ao barramento, sendo executado em concreto estrutural.

A soleira vertente possui pequena espessura e perfil hidráulico Creager, de maneira a melhorar o coeficiente de descarga do vertedouro. O perfil da soleira vertente foi definido para

carga de projeto de 16,11 m. A carga máxima no vertedouro foi projetada em 20,93 m, correspondente à vazão decamilenar. O fundo na aproximação foi considerado na El. 759,00 m, de modo que a profundidade de aproximação foi considerada em 4,00 m. O coeficiente de descarga para a carga de projeto foi considerado igual a 2,18.

O dimensionamento do vertedouro foi executado de maneira a possibilitar o escoamento da cheia com recorrência decamilenar e pico instantâneo. Considerando ambos os vertedouros trabalhando simultaneamente, o nível de água máximo excepcional resultou em 783,93 m. Assim, a carga máxima sobre a soleira do vertedouro resultou em 20,93 m para escoamento da vazão de 3.180 m<sup>3</sup>/s, conforme apresentado no Quadro 77.

Quando abertas as comportas, o vertedouro de comportas segmento também funcionará como descarregador de fundo, eliminando parte dos sedimentos depositados no reservatório.

O detalhamento do vertedouro é apresentado nos desenhos SCA-2C-DEVT-001 a 004.

## **7.6 Circuito Hidráulico de Geração**

O circuito hidráulico de geração, proposto na margem esquerda, compõe-se de tomada de água, condutos forçados, casa de força (três unidades Kaplan Tubular S de 10,0 MW cada) e canal de fuga. O sistema foi dimensionado para a vazão máxima turbinada 180,01 m<sup>3</sup>/s, sendo 60,00 m<sup>3</sup>/s em cada uma das unidades. A seguir estão descritas as características de cada componente do circuito hidráulico.

### **7.6.1 Tomada d'água**

A tomada de água projetada é do tipo gravidade aliviada, com coroamento na El. 786,00 m, soleira na El. 762,0 m e fundação na El. 761,0 m.

A sua estrutura é de concreto armado, com 25 m de altura, 27,10 m de largura e 16,40 m de comprimento.

A montante da tomada de água foi projetada um muro de concreto na El. 765,0 m com o intuito de formar uma barreira contra os sedimentos do reservatório.

Esta estrutura apresenta-se com 3 vãos de 6,3 m de largura que se destinam a instalação de grades de mesma largura por 9,00 m de altura. As suas barras apresentam 1,25 cm de espessura e 9,50 cm de espaçamento e consistem em uma barreira para entrada de detritos no circuito de geração. A limpeza das grades deve ser feita com limpa grades automático conforme a necessidade. Ambas as grades ficarão instaladas com a soleira na El. 762,0 m e o topo na El. 771,0 m.

Em seguida, estes 3 vãos passam a ter largura de 4,3 m, onde em cada um destes vãos serão instaladas uma comporta ensecadeira e uma comporta vagão, com as mesmas dimensões. Cada comporta possui 4,3 m de largura por 5,5 m de altura.

O detalhamento da tomada d'água é apresentado no desenho SCA-2C-DECF-001 e 012.

### 7.6.2 Conduto forçado

A transição da tomada de água para os condutos forçados é realizada suavemente através de 11 m. Ao fim da transição, cada conduto, que possui 4,20 m de diâmetro e 19,69 m de comprimento no eixo, desenvolve-se através de uma curva com 10,2 m de raio e ângulo de 41°. Após a curva, o conduto forçado possui um trecho linear de 4,576 m de comprimento e finaliza-se em outra curva com 10 m de raio e ângulo de 45°.

Para esse trecho do conduto forçado, a velocidade máxima é de 4,33 m/s.

### 7.6.3 Casa de força

Projetada para abrigar 3 unidades geradoras do tipo Kaplan Tubular S Jusante, com 10,0 MW instalados cada. A vazão de projeto é de 59,01 m<sup>3</sup>/s para cada unidade, para uma queda líquida de 19,18 m. Possui largura total (na direção do fluxo) de 28,45 m e comprimento total (transversal ao fluxo), excluindo a área de montagem, de 32,20 m, mais 9,50 m de área de montagem.

O nível de água do rio junto à casa de força, para a cheia com tempo de recorrência de 10.000 anos, atinge a elevação 769,09 m. A cota de proteção da Casa de Força estará na elevação 770,0 m, estando protegida da vazão com 10.000 anos de recorrência. O piso dos geradores encontra-se na El. 754,14 m, a fundação da casa de força encontra-se na El. 745,90 m e o poço de drenagem na El. 745,11 m.

Os desenhos SCA-2C-DECF-001 a 012 apresentam os detalhes da casa de força.

#### 7.6.3.1 Organização espacial

O acesso principal à casa de força está localizado na margem esquerda do rio Canoas. Na elevação 770,00 m será executado o pátio de manobras que se localiza no lado esquerdo da casa de força, de onde se tem acesso à área de montagem e à sala de controle.

A área de descarga/montagem está localizada na plataforma no lado esquerdo da casa de força, na elevação 770,10 m, e também está dimensionada para servir de estoque para os componentes eletromecânicos numa eventual sobreposição de fornecimento dos equipamentos, evitando assim o estoque em área externa e descoberta.

A montante da casa de força, na elevação 770,10m, está localizada a área que abriga as salas de comando, gerador de emergência e baterias, a copa e o banheiro. A sala de comando também possui vista para a sala de máquinas.

A subestação também está localizada na lateral esquerda da casa de força, na elevação 780,00 m.

Na elevação 776,60 m está prevista a instalação de uma ponte rolante com capacidade de 500 kN, cobrindo os 41,70 m do comprimento da casa de força, incluindo a área de montagem.

#### 7.6.3.2 Sistema construtivo

A estrutura principal da casa de força abaixo da elevação 770,00 m apresenta largura (na direção do fluxo) de 28,45 m, comprimento (transversal ao fluxo) de 32,20 m e altura de 24,10 m. Toda a estrutura deve ser executada em concreto armado.

A superestrutura acima da 770,00 m vai até a elevação 782,87 m. Deverá ser executada em estruturas metálicas. A cobertura será estruturada por meio de treliças metálicas que sustentarão as telhas de aço pré-pintadas tipo sanduíche.

Os desenhos SCA-2C-DECF-001 a 012 apresentam os detalhes da casa de força.

#### 7.6.4 Canal de Fuga

O canal de fuga escavado em rocha apresenta 32,2 m de largura, 15,0 m de comprimento e fundo na El. 747,40 m na saída da sucção da casa de força. Após esse trecho, o canal de fuga apresenta um alargamento para 60 m através de uma rampa com 53 m de comprimento e 20% de inclinação até a El. 758,0 m. O canal de fuga segue com 60 m de largura e fundo na El. 758,0 m por aproximadamente 45 m até encontrar a El. 758,0 m no fundo do rio.

A velocidade no trecho inicial do canal de fuga é de 0,43 m/s e no trecho final é de 1,29 m/s.

O item 5.3.1.8.1 apresenta a curva de descarga do canal de fuga, determinada através dos Estudos de Remanso e de medições de descarga líquida.

### 7.7 Equipamentos e Sistemas Mecânicos

#### 7.7.1 Turbinas, Reguladores de Velocidade e Válvulas Borboleta

A usina será equipada com três unidades geradoras alimentadas a partir de um circuito hidráulico constituído pela tomada de água, conduto forçado, casa de força e canal de fuga.

##### 7.7.1.1 Turbinas

As turbinas selecionadas são do tipo Kaplan "S" Jusante, de eixo horizontal, com capacidade que garanta uma potência não inferior a 10.333 kW no eixo da turbina, sob queda de referência de 18,86 m.

As turbinas deverão ser fornecidas completas, compreendendo distribuidor e mecanismo de acionamento, servomotor óleo-hidráulico, rotor Kaplan em aço inoxidável, tubo de entrada, tubo de sucção metálico, eixo, mancais de guia, escora e/ou derivados da combinação entre os dois, regulador de velocidade do tipo eletrônico-digital, volante de inércia, componentes periféricos, etc.

As turbinas hidráulicas deverão ser projetadas para operar satisfatoriamente sob quedas correspondentes às condições previstas para a operação do reservatório, sob as diversas faixas de carga, de forma confiável e segura, livre de vibrações, ruídos, instabilidades, etc.

As turbinas deverão ser adequadas para operar entre a queda mínima de 16,66 m e queda máxima de 21,32 m, com uma rotação síncrona de 200 rpm.

Cada turbina deverá ser projetada e fabricada para suportar todas as tensões resultantes da operação da unidade em condições nominais e em caso de disparo, sem que isto venha a incorrer em riscos aos equipamentos. O rotor da turbina deverá ser fabricado inteiramente em aço inoxidável.

O rotor da turbina deverá ser projetado para permitir operação suave em todas as faixas de operação previstas, bem como, para as condições de transientes mais adversas.

As palhetas do distribuidor e mecanismo de operação deverão ter mancais autolubrificantes. O acionamento do mecanismo de regulação será a partir de servomotor, com alimentação a partir do sistema óleo-dinâmico do regulador de velocidade.

As palhetas do distribuidor deverão ser projetadas para ter uma tendência de fechamento tal que atinjam a posição de velocidade síncrona sem carga, somente sob a influência da pressão hidráulica, no caso de perda do controle do servomotor.

O distribuidor e as pás diretrizes deverão ser de construção em chapas de aço, com os mancais das pás dotados de elementos autolubrificantes. A vedação do eixo deverá ser do tipo labirinto e gaxetas e dispor de vedação de manutenção.

O eixo da turbina será suportado por um mancal combinado guia/escora. O eixo da turbina deverá ser executado em aço forjado ou similar. O mancal escora/guia deverá ser dimensionado para operar nas condições mais severas, impostas nas rejeições de carga, e nas condições normais de operação.

As unidades hidráulicas de lubrificação e de regulação deverão possuir trocadores de calor e todas as tubulações, registros e flanges necessários para o circuito de alimentação do mancal combinado e de água de resfriamento.

O volante de inércia deverá ser devidamente dimensionado, em conjunto com o fornecedor do gerador, para completar o  $GD^2$  necessário do sistema para condições de estabilidade.

O tubo de sucção deverá ser construído em chapas de aço ASTM A36 ou similar, constituído de tubulação horizontal com modificação progressiva da seção, e prolongado por trecho tronco-cônico.

As características básicas das turbinas são:



Quadro 106 - Características básicas das turbinas

Quantidade	03
Tipo	Kaplan "S" Jusante
Potência nominal (eixo)	10.333 kW
Queda bruta (Hbr)	19,67 m
Queda mínima operativa (Hmin)	16,66 m
Queda de referência (Hr)	18,86 m
Queda de projeto (Hp)	19,66 m
Queda máxima operativa (Hmax)	21,32 m
Vazão de engolimento unitária nominal (referência)	60,00 m <sup>3</sup> /s
Rotação nominal	200,00 rpm
Elevação do eixo da turbina	El. 755,00 m
Nível de água mínimo normal de jusante	El. 759,05 m
Nível de água máximo normal do reservatório	El. 780,00 m

A queda de referência (Hr) a ser considerada para dimensionamento da turbina será conceitualmente a menor queda na qual a turbina com seu distribuidor completamente aberto ainda é capaz de fornecer a potência nominal.

A queda de projeto (Hp) é conceitualmente aquela queda em que a turbina opera em seu melhor rendimento, e deverá ser fornecida pelo fabricante da turbina.

A turbina deverá ser projetada para a pressão de 35,00 m.c.a. (140% x NA de montante – elevação da linha de centro do distribuidor = 140% x (780,00 - 755,00) = 35,00 m.c.a. de máxima sobrepessão imposta ao circuito hidráulico de geração, devido ao fechamento do regulador de velocidade.

A seguir apresenta-se o fluxo de potência da usina para as unidades operando em condição nominal de operação.

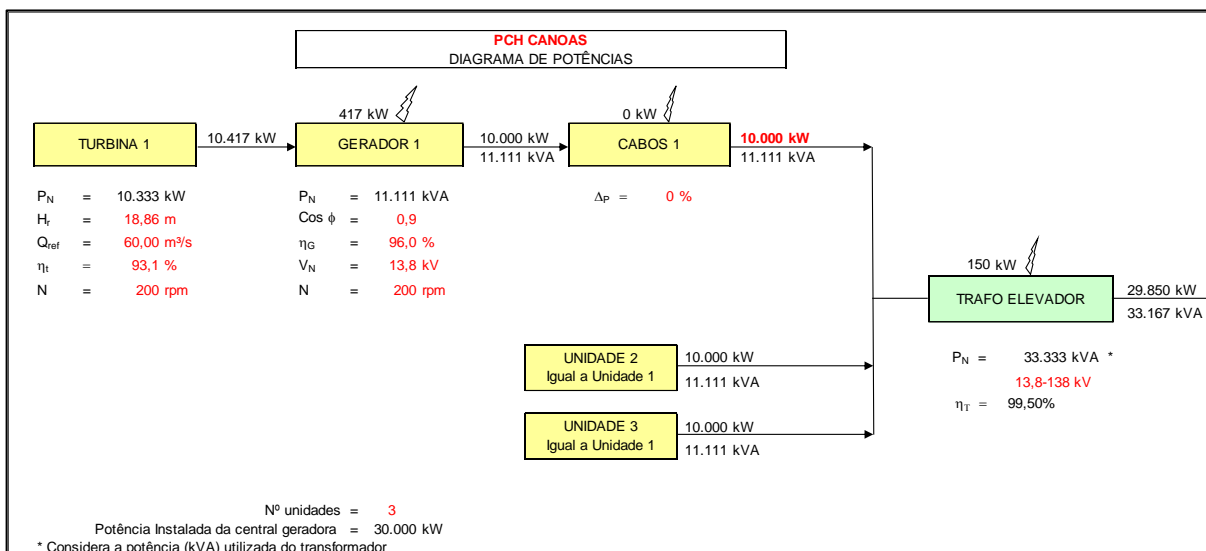


Figura 104 - Fluxo de Potência das Unidades Geradoras.

### 7.7.1.2 Reguladores de Velocidade

As turbinas deverão ser fornecidas com reguladores de velocidade eletrônico-digitais, tipo PID, capazes de controlar individual ou conjuntamente a potência ativa das turbinas em função da carga, frequência ou nível do reservatório. O controle normal será automático, local ou remoto, e incluirá as fases transitórias e de regime permanente sem intervenção de operadores. O controle manual será para testes ou condições excepcionais.

O sistema de pressão do regulador deverá ser dimensionado, tendo em vista o volume do servomotor do distribuidor, a fim de que se tenha capacidade suficiente para evitar paralisações, por queda de pressão, durante distúrbios no sistema. Além disso, deverá ser estabelecida uma margem adequada de segurança, para que o regulador seja capaz de fechar as palhetas do distribuidor, mesmo quando houver falhas em suas bombas.

### 7.7.2 Conduitos Forçados

Para a condução da água do reservatório para cada uma das unidades geradoras, a PCH Canoas apresenta 3 conduitos forçados:

- Trecho horizontal em transição, em concreto, da seção retangular de (4,30 x 5,50) m para a seção circular com 4,20 m de diâmetro e com 11,04 m de comprimento.
- Trecho em curva vertical metálico, com ângulo de 41 graus, raio de 10,23 m e 7,27 m de desenvolvimento.
- Trecho reto de conduto metálico, inclinado 45 graus, com 4,20 m de diâmetro e 4,57 m de comprimento.
- Trecho em curva vertical metálico, com ângulo de 45 graus, raio de 10,0 m e 7,85 m de desenvolvimento.

O conduto forçado, bem como as derivações para as unidades, deverá ser provido de anéis de ancoragem e de anéis coletores de água de percolação na sua extremidade superior e, caso necessário, anéis de reforço para manter a circularidade do conduto durante a concretagem, nos trechos que serão concretados, com dimensões e espaçamento adequadamente definidos.

As chapas dos condutos forçados deverão ser de aço carbono ASTM A516 Gr 70, ASTM A572 Gr 50, SAR 50/60 ou RRSt 52.3.

As chapas e perfis laminados destinados à fabricação das virolas e demais peças com função estrutural geral poderão ser fabricadas em aço ASTM A36 ou NTU-SAR 50 ou similar.

O projeto do conduto deverá ser executado de acordo com a norma ABNT NBR 10132 - Cálculos de condutos forçados, na sua última revisão, considerando-se o conduto como conduto forçado de classe II e com as recomendações da *Comité Européen de la Chaudronnerie et de la Tôlerie (C.E.C.T.) - Recommendation for the Design, Manufacture and Erection of Steel Penstocks of Welded Construction for Hydro Electric Installation*.

Os equipamentos e suas peças deverão satisfazer às condições mais desfavoráveis de carga possível, seja durante seu transporte, montagem ou operação.

O conduto forçado deverá suportar uma carga máxima de pressão transitória devida a uma rejeição de plena carga em ambas as unidades da ordem de 35,00 m.c.a. e sua espessura não inferior ao critério 5.6.2 da norma ABNT NBR 10132.

### 7.7.3 Equipamentos Hidromecânicos

Dimensionamento: deverá atender ao disposto nas normas ABNT NBR 8883 e ABNT NBR 11213, salvo quando explicitamente especificado.

Vedações: em SBR (estireno-butadieno) de perfil tipo nota musical para as laterais e frontal, de perfil retangular para a soleira, fixada ao tabuleiro por prensa vedação em aço carbono com parafusos e porcas em aço inoxidável. Para as comportas vagão, as vedações laterais e frontais serão revestidas com película PTFE na região de contato com a peça fixa.

Peças fixas de segundo estágio: a soleira para apoio e vedação deverá ser constituída de uma viga em perfil "I", duas vigas laterais curvas em perfil "T", para apoio da vedação lateral e rodas principais/cutelos, e outras duas vigas em perfil "U" para apoio das guias laterais, em aço carbono ASTM A-36. A soleira e as vigas laterais deverão ser dotadas de contravedação constituída de tira de aço inoxidável ASTM A-240 304. Chapas e cantoneiras, em aço carbono ASTM A-36, convenientemente espaçadas, soldadas às peças fixas de primeiro estágio para fixação e regulagem, por meio de chumbadores e porcas de aço, às peças fixas de segundo estágio.

Peças fixas de primeiro estágio: constituídas de barras chatas de aço com chumbadores e embutidos no concreto primário, onde serão soldados os niveladores das peças fixas de segundo estágio.

Dispositivos de calagem: compostos por duas vigas articuladas em aço carbono ASTM A-36, eixo em aço inoxidável e bucha autolubrificante. A estrutura deve ser apoiada em suporte com chumbadores e porcas de aço para regulagem no concreto primário.

Não está prevista a instalação de comportas no tubo de sucção, para a manutenção das unidades geradoras. Para tal operação, será usada chapa de aço ASTM A-36 a ser implantada logo após a curva da saída da turbina, no início do tubo de sucção.

#### 7.7.3.1 Comporta Segmento do Vertedouro

O sistema extravasor da barragem da PCH Canoas será formado por um vertedouro constituído de dois vãos de comporta segmento e por um vertedouro de soleira livre. As comportas segmento possuirão uma ranhura para operação e estocagem de uma comporta ensecadeira a montante. As comportas segmento também terão a função de desviar o rio na segunda fase para a construção do restante da barragem e vertedouro de soleira livre.

As comportas segmento serão instaladas com capacidade de obstruir uma passagem de 8,0 m de largura livre por 18,5 m de altura medida na vertical sobre a soleira.

As comportas deverão ser fabricadas de aço estrutural soldado e parafusado, permitindo subdividir o tabuleiro, para fins de transporte, em elementos horizontais sobrepostos, que deverão apresentar facilidade de montagem (pré-montagem em fábrica).

A estrutura do tabuleiro deverá ser composta do paramento, reforçado na sua parte de jusante por vigas horizontais e verticais soldadas ao mesmo, que transmitirão para os braços os esforços decorrentes da carga hidráulica.

A aresta inferior do tabuleiro deverá possuir a rigidez necessária e receber um bom acabamento de modo a assegurar o apoio satisfatório na soleira.

As comportas segmento deverão operar em qualquer grau de abertura e deverão fechar sob a ação do seu peso próprio. Os mancais principais deverão ser dotados de buchas autolubrificantes e serão ancorados às vigas transversais de concreto, por meio de tirantes de ancoragem.

Cada comporta deverá ser manobrada por dois cilindros hidráulicos de simples efeito, acionados por uma central óleo-hidráulica localizada no pilar central entre as comportas. Os cilindros hidráulicos deverão ser conectados, pela parte superior, a vigas metálicas convenientemente posicionadas e ancoradas nos pilares e, na parte inferior, à viga horizontal do tabuleiro que se apóia nos braços inferiores da comporta. As articulações de ligação à comporta e às vigas metálicas dos pilares deverão ser dotadas de juntas esféricas providas

de buchas autolubrificantes. Na sala da central óleo-hidráulica existirá também um grupo motobomba de emergência acionado por um motor de combustão interna. Cada central óleo-hidráulica deverá ter capacidade para movimentar duas comportas segmento.

As comportas deverão ser providas de patins, no mínimo 3 (três) por lado, que servirão para guiá-las nos movimentos de abertura e fechamento, protegendo assim o sistema de vedação.

As comportas deverão ser equipadas com vedações tipo “J” ou “L”, fixadas no paramento por meio de parafusos e porcas de aço inoxidável. A vedação inferior poderá ser do tipo barra ou “J” e deverá ser fixada a jusante do paramento.

O conjunto das peças fixas da comporta deverá ser constituído de peça horizontal da soleira, peças verticais de vedação e apoio dos rodetes guia (com pistas em aço inoxidável), vigas de sustentação dos cilindros hidráulicos com os respectivos chumbadores de ancoragem e peças dos dispositivos de calagem.

As comportas deverão ser projetadas de acordo com as normas NBR 8883 da ABNT e da DIN 19704.

As características básicas das comportas segmento do vertedouro são:

Quadro 107 – Características das comportas segmento do vertedouro

Tipo de equipamento	Comporta segmento
Fechamento	Por peso próprio, pela ação da gravidade
Abertura	Pela atuação dos cilindros hidráulicos
Condição de operação da comporta	Em desequilíbrio de pressões
Quantidade de comportas	02
Quantidade de conjuntos de peças fixas	02
Quantidade de unidades hidráulicas	02 (duas)
Quantidade de cilindros óleo-hidráulicos por comporta	02 (dois)
Vão livre	8.000 mm
Altura da comporta	18.500 mm
Elevação da borda inferior da comporta totalmente aberta	El. 786,60 manm
Cota da Soleira	El. 763,00 manm
Nível de Água Máximo Normal	El. 780,00 manm
Nível de Água Máximo Maximorum	El. 783,93 manm

### 7.7.3.2 Comporta Ensecadeira do Vertedouro

Para a manutenção das comportas segmento, a montante das mesmas está prevista a instalação de comporta ensecadeira com respectivas peças fixas de 1º e 2º estágio.

O painel da comporta deverá ser equipado com vedações de borracha, a jusante, tipo nota musical do tipo plana, fixadas por meio de barras chatas em aço carbono, com parafusos e porcas em aço inoxidável. As superfícies de apoio das vedações deverão ser em aço inoxidável. Para facilitar a movimentação dos tabuleiros nas ranhuras, os mesmos deverão ser providos de rodetes guias laterais.

As operações de colocação e retirada da comporta, para eventual manutenção, serão por viga pescadora, a ser acoplada ao gancho do Pórtico Rolante. A viga deverá ser equipada com dispositivo de contrapeso, com mancais do tipo bucha de material autolubrificante e inoxidável.

A colocação da comporta somente deverá ser feita quando a comporta segmento estiver fechada.

A remoção da comporta com a região entre a comporta segmento e a comporta ensecadeira drenada deverá ser possibilitada mediante a equalização de pressões das câmaras de montante e jusante da comporta. O enchimento da tomada d'água da unidade e a consequente equalização de pressões entre as duas câmaras será realizada por válvula *by-pass* instalada no painel superior da comporta com operação via viga pescadora.

As comportas deverão ser projetadas de acordo com as normas NBR 8883 da ABNT e da DIN 19704. As características básicas da comporta ensecadeira do vertedouro são:

Quadro 108 – Características das comportas ensecadeira do vertedouro

Tipo de equipamento	Comporta Ensecadeira
Movimentação e operação	Através do Pórtico Rolante com auxílio de viga pescadora
Condição de operação da comporta	Em equilíbrio de pressões através de válvula <i>by-pass</i>
Quantidade de comportas	01
Quantidade de tabuleiros por comporta	06
Quantidade de conjuntos de peças fixas	02
Vão livre	8.000 mm
Altura livre	21.600 mm
Altura de um tabuleiro de comporta	3.600 mm
Cota da Soleira	El. 759,00 manm
Nível de Água Máximo Normal	El. 780,00 manm
Nível de Água Máximo Maximorum	El. 783,93 manm

### 7.7.3.3 Comporta Vagão da Tomada de Água

O projeto considera a instalação de três comportas vagão na tomada de água, sendo uma para cada unidade. As comportas vagão deverão ser constituídas por elementos cada um



com estrutura em chapa de aço carbono ASTM A-36, paramento a montante soldado a vigas horizontais principais, vigas auxiliares e suporte das rodas. Os elementos devem ser unidos através de bielas e pinos. A conexão com a haste do cilindro hidráulico deve ser feita através de orelha posicionada no elemento superior da comporta vagão.

As comportas devem ser providas de indicador de posição interligado as chaves de fim de curso para controle de abertura em craking, abertura total, fechamento total e recuperação de posição e de transdutores de posição e mostrador instalado no quadro de controle local. O cilindro hidráulico deve ser previsto para operação submersa.

As comportas de cada unidade deverão ser acionadas por unidade óleo-hidráulica independente, devendo funcionar como fechamento de emergência da unidade geradora, com fechamento simultâneo das comportas.

Em condições normais as comportas vagão deverão operar (abertura ou fechamento) em condições de equilíbrio hidrostático, todavia deverão ser projetadas para fechamento de emergência em condição de fluxo, por seu próprio peso.

As comportas vagão serão operadas nas modalidades automática e manual, comandadas tanto local como remotamente, sendo esta, parte integrante da seqüência de partida / parada da correspondente unidade geradora.

As características básicas da comporta vagão da tomada de água são:

Quadro 109 - Comporta vagão tomada de água.

Tipo de equipamento	Comporta vagão
Fechamento	Por peso próprio
Abertura	Por meio de servomotor de simples efeito com cracking para equilíbrio de pressões
Condição de operação da comporta no fechamento	Em desequilíbrio de pressões
Quantidade de comportas	03
Quantidade de unidades óleo-hidráulicas	03
Quantidade de conjuntos de peças fixas	03
Vão livre	4,30 m
Altura livre	5,50 m
Elevação da soleira	El. 762,00 m
Nível de Água Máx. Normal (Montante)	El. 780,00 m
Nível de Água Máx. Excepcional (Montante)	El. 783,93 m

#### 7.7.3.4 Grade da Tomada de Água

Para a proteção da tomada de água contra a entrada de detritos, com dimensões iguais ou maiores que 80 mm, haverá painéis de grades do tipo removível. As grades deslizam num plano inclinado (1,00 V: 0,25 H).

A adução de cada unidade geradora é única.

A remoção de detritos acumulados nos painéis será feita por meio de máquina limpa-grades.

A colocação e a retirada dos painéis das grades serão feitas com auxílio de viga pescadora acoplada ao gancho auxiliar do pórtico rolante da tomada de água.

A grade da tomada de água deverá ser metálica de construção soldada, composta de barras verticais, apoiadas em vigas horizontais, convenientemente espaçadas. As barras verticais deverão ter espaçamento conforme recomendado pelo fabricante da turbina.

O dimensionamento da grade deverá considerar o risco da ocorrência de ressonância entre a frequência da força de excitação do fluxo e a frequência natural de vibração dos painéis das grades. Deverá ser considerada margem suficientemente segura entre as duas frequências de modo a reduzir o risco de ocorrência de ressonância.

A grade deverá ser dimensionada de acordo com a norma NBR 1098 e NBR 7880.

A estocagem da viga pescadora será feita em cavalete a ser instalado no piso de operação da tomada de água.

Para detecção de grade entupida, devem ser instalados, sensores de nível ou diferencial de pressão. A informação de grade entupida será enviada ao SDSC o qual alertará a operação a proceder à limpeza da grade, acionando o limpa-grades da tomada de água.

As características básicas das grades da tomada de água são:

Quadro 110 - Grades da tomada de água.

Tipo de equipamento	Grade Removível
Movimentação e operação	Por meio de pórtico rolante com auxílio de viga pescadora
Condição de retirada e colocação dos painéis das grades	Respectiva unidade geradora parada
Quantidade de equipamentos	04 conjuntos
Quantidade de peças fixas	04 conjuntos
Número de painéis por grade	03 (três)
Espaçamento entre barras verticais	95 mm
Velocidade nominal do fluxo de água	1,06 m/s
Inclinação do paramento da tomada de água	(1,00 V: 0,25 H)
Vão livre principal de aproximação	6.300 mm

Altura livre normal ao plano inclinado	9.000 mm
N.A. Max. Normal Montante	El. 780,00 m
N.A. Max. Excepcional Montante	El. 783,93 m
Elevação da soleira	El. 762,00 m

### 7.7.3.5 Comporta Ensecadeira da Tomada de Água

A comporta ensecadeira da tomada de água dos condutos forçados será utilizada para permitir a manutenção da comporta vagão de emergência. Será utilizada uma comporta ensecadeira para fazer a manutenção de uma comporta vagão por vez, num total de 3 vãos.

Devido as dimensões do vão e altura livre da comporta, serão necessários três tabuleiros de comporta ensecadeira.

O tabuleiro da comporta deverá ser equipado com vedações de borracha, a jusante, tipo nota musical do tipo plana, fixadas por meio de barras chatas em aço carbono, com parafusos e porcas em aço inoxidável. As superfícies de apoio das vedações deverão ser em aço inoxidável. Para facilitar o deslizamento através das guias a comporta deverá ser provida de rodetes contra-guia.

A movimentação da comporta será por meio de talha elétrica com trole montados em uma monovia. As operações de colocação e retirada da comporta serão por viga pescadora, a ser acoplada ao gancho da talha. Cada tabuleiro de comporta ensecadeira possuirá, na sua parte superior, dois pontos de suspensão para engate e desengate dos ganchos da viga pescadora. A viga deverá ser equipada com dispositivo de contrapeso, com mancais do tipo bucha de material autolubrificante e inoxidável.

As operações de instalação e retirada dos painéis da comporta ensecadeira serão realizadas sob equilíbrio de pressões hidráulicas, obtido através de um sistema de válvula by-pass da comporta acionada pelo próprio da viga pescadora.

Os painéis da comporta ensecadeira serão armazenados nos dispositivos de calagem a serem previstos no topo de cada ranhura, na El. 786,00 m.

As características da comporta ensecadeira da tomada de água são:

Quadro 111 - Comporta ensecadeira da tomada de água

Tipo de equipamento	Comporta Ensecadeira de Fundo
Fechamento	Por peso próprio
Movimentação e operação	Por meio de pórtico rolante com auxílio de viga pescadora
Condição de operação da comporta	Em equilíbrio de pressões
Quantidade de equipamentos	1 conjunto

Quantidade de peças fixas	03 conjuntos
Número de tabuleiros por comporta	03
Vão livre	4300 mm
Altura livre	5500 mm
Carga hidrostática normal (N.A. Max. Normal Montante = El. 780,00 m)	18,00 mca
Carga hidrostática máxima (N.A. Max. Excepcional Montante = El. 783,93 m)	21,93 mca
Elevação da soleira	El. 762,00 m

### 7.7.3.6 Comporta Ensecadeira do Tubo de Sucção

A comporta ensecadeira do tubo de sucção será utilizada para permitir a manutenção da unidade geradora a seco. Cada unidade geradora apresenta 1 (um) vão de tubo de sucção totalizando-se 3 (três) vãos.

Devido as dimensões do vão e altura livre da comporta, serão necessários dois tabuleiros por comporta ensecadeira do tubo de sucção.

O tabuleiro da comporta deverá ser equipado com vedações de borracha, a jusante, tipo nota musical do tipo plana, fixadas por meio de barras chatas em aço carbono, com parafusos e porcas em aço inoxidável. As superfícies de apoio das vedações deverão ser em aço inoxidável. Para facilitar o deslizamento através das guias a comporta deverá ser provida de rodetes contra-guia.

A movimentação da comporta será por meio de talha elétrica com trole montados em uma monovia. As operações de colocação e retirada da comporta serão por viga pescadora, a ser acoplada ao gancho da talha. Cada painel da comporta ensecadeira possuirá, na sua parte superior, dois pontos de suspensão para engate e desengate dos ganchos da viga pescadora. A viga deverá ser equipada com dispositivo de contrapeso, com mancais do tipo bucha de material autolubrificante e inoxidável.

As operações de instalação e retirada dos painéis da comporta ensecadeira serão realizadas sob equilíbrio de pressões hidráulicas, obtido através de um sistema de válvula by-pass da comporta acionada pelo próprio da viga pescadora.

Os painéis da comporta ensecadeira serão armazenados em cavaletes rolantes sobre trilhos, sendo um painel para cada cavalete rolante, instalados na El. 770,00 m anexo ao pátio de manobras.

As características da comporta ensecadeira do tubo de sucção são:

Quadro 112 – Comporta ensecadeira tubo de sucção

Tipo de equipamento	Comporta Ensecadeira de Fundo
Fechamento	Por peso próprio
Movimentação e operação	Por meio de talha elétrica com auxílio de viga pescadora
Condição de operação da comporta	Em equilíbrio de pressões
Quantidade de equipamentos	03 conjuntos
Quantidade de peças fixas	03 conjuntos
Número de tabuleiros por comporta	02
Vão livre	7,40 m
Altura livre	4,20 m
Carga hidrostática normal (N.A. Normal Jusante = El. 760,33 m)	12,93 mca
Carga hidrostática máxima (N.A. Max. Excepcional Jusante = El. 769,09 m)	20,25 mca
Elevação da soleira	El. 747,40 m

#### 7.7.3.7 Limpa-grades

As tomadas de água do túnel de adução e dos condutos forçados deverão ser providas de dispositivo mecânico para limpeza da grade, dotado de garra fabricada em aço carbono que deslizará sobre a própria grade.

As condições de projeto, carregamento e verificações da estrutura da máquina limpa-grade deverão ser conforme norma ABNT na NBR 11213.

O mecanismo mecânico do dispositivo limpa-grade é composto de uma garra mecânica (limpadora da grade) fabricada em chapas e perfis de aço carbono ASTM A 36/ SAE 1020, tendo em sua parte inferior dentes para efetuar a limpeza dos vãos entre as barras inclinadas da grade. Os dentes serão espaçados de acordo com o espaçamento da grade. É composto também de um sistema pneumático, hidráulico ou motorizado de acionamento da garra.

#### 7.7.4 Equipamentos de Levantamento

**Estrutura:** deverá ser dimensionada conforme norma NBR8400 da ABNT, ser constituída de vigas principais, com suas extremidades ligadas rigidamente às cabeceiras, sendo providas de passadiço lateral com piso em chapa xadrez, provido de corrimão e rodapé, em todo o lado do acionamento, para manutenção do equipamento. As vigas principais deverão ser do tipo caixa fechada, eletricamente soldada, possuindo internamente diafragmas de chapas, soldados, de forma a conferir maior rigidez ao sistema. As cabeceiras deverão ser construídas em perfilados e chapas soldadas, formando uma peça única, com assentos usinados para os

mancais de rolamento, autocompensadores de rolos, das rodas. A flecha máxima das vigas principais, nas condições normais de carregamento, não deve exceder 1/800.

Mancais de rolamento: todos os mancais deverão ter vida útil de 10.000 horas.

Rodas: as rodas deverão ser construídas de aço forjado ASTM A-504 C, sendo que a diferença entre a dureza da superfície da roda e do trilho deve ser maior que 50 HBrinell.

Mecanismo de elevação e freios: cada mecanismo deverá ser constituído de um motor elétrico acoplado por meio de acoplamento flexível a um redutor e este a um tambor. Os mecanismos deverão ser dotados de dois freios de sapatas duplas.

Mecanismo de translação e direção: deverá ser executado de maneira manual através de duas talhas de corrente, sendo uma para cada movimento, com carcaça em ferro fundido, acoplados por meio de luva elástica. Os eixos de transmissão deverão ser apoiados sobre mancais de ferro fundido com rolamentos autocompensadores.

Controle de velocidade do mecanismo de elevação: deverá ser feito através de inversores de frequência.

Tambores: os tambores deverão ser executados em chapa de aço calandrada, com ranhuras na superfície para acomodar o cabo de aço necessário para atender a altura de elevação sem sobreposição.

Cabos de aço: deverão ser dimensionados conforme norma NBR8400 da ABNT. O diâmetro e o número de pernas deverão ser dimensionados de forma a garantir o coeficiente de segurança adequado ao tipo de serviço. Os cabos devem ser da classificação 6 x 37 Warrington, tipo extraflexível – “Improved Plow Steel”, alma de fibra, cujos fios deverão ser polidos, ou galvanizados quando sujeitos a imersão em água.

Gancho: deverá ter as características construtivas e dimensionais conforme normas DIN 15401, 15402 ou equivalentes. O gancho principal deverá ser tipo duplo com furo central, de aço forjado, montado de forma a girarem sobre rolamentos de encosto.

Dispositivos: deverão ser previstos dispositivos de sobrecarga, de cabo frouxo, fins de curso, polias compensadoras, e outros que se fizerem necessários para propiciar uma operação segura.

Diversos: Cada equipamento deverá ser equipado com buzina, refletores externos e tomadas para a manutenção e pára-choques de mola em suas cabeceiras.

Caminho de rolamento e batentes: os trilhos devem ser dimensionados conforme NBR 8475 da ABNT, devendo ser previstos batentes no final do caminho de rolamento das pontes e pórticos e do carro.



Todos os equipamentos de levantamento serão testados no campo com sobrecarga de 20% em relação à capacidade de projeto e de acordo com a norma NBR 9596 da ABNT.

Os movimentos de elevação e abaixamento do equipamento de levantamento pela ação de seus guinchos mecânicos e motores elétricos/redutores deverão ser suave, livre de vibrações, trancos ou ruídos prejudiciais.

#### 7.7.4.1 Pórtico Rolante da Tomada de Água / Vertedouro com Máquina Limpa-Grades

O pórtico rolante previsto para a tomada d'água e vertedouro se destinará, basicamente, aos serviços de colocação e retirada dos painéis de grades, à remoção de detritos acumulados nos painéis de grades e à movimentação das comportas ensecadeira da tomada d'água e vertedouro nas respectivas ranhuras de operação.

Para realização desses serviços, o pórtico rolante será equipado com uma máquina limpa-grades (com acionamento próprio interligado no painel do Pórtico e aos serviços auxiliares da usina), um carro guincho, dotado de mecanismos de elevação e de direção, acionamento para abertura e fechamento da garra (cabos, hidráulico ou pneumático) e uma talha elétrica, fixada à estrutura em balanço a montante. As comportas ensecadeira serão operadas no vão entre as pernas do pórtico e as grades no balanço de montante.

As operações de movimentação das comportas ensecadeira e de montagem e retirada dos painéis das grades e comportas ensecadeiras serão executadas com o auxílio de vigas pescadoras.

O pórtico rolante será alimentado por meio de barramento rígido blindado instalado ao longo de seu caminho de rolamento ou por meio de enroladores de cabo.

O carro e o pórtico rolante serão dotados de dispositivo de travamento do tipo manual para firmá-los no caso de tempestade.

As características básicas do pórtico rolante da tomada de água e vertedouro com máquinas limpa-grades são:

Quadro 113 - Características básicas do pórtico rolante da tomada de água e vertedouro

Quantidade de talhas	01 (uma)
Capacidade nominal da talha	150 kN
Movimento de elevação e translação	Acionamento elétrico
Tensão de acionamento	380 Vcc - 3Ø - 60 Hz
Tipo de comando do acionamento	Botoneira pendente
Vão entre as linhas de centro dos trilhos	4.000 mm
Curso do gancho	32.000 mm
Comprimento do caminho de rolamento	67.000 mm

Quadro 114 - Características básicas do limpa-grades

Quantidade	01 (uma)
Capacidade do rastelo da máquina limpa-grades	25 kN
Capacidade volumétrica do rastelo da máquina limpa-grades	2,0 m <sup>3</sup>
Capacidade volumétrica da vagoneta de detritos	3,0 m <sup>3</sup>

#### 7.7.4.2 Ponte rolante da casa de força

Deverá ser fornecida completa, com todos os equipamentos e dispositivos de segurança, de modo a permitir movimentos precisos de translação da ponte, do carro onde será instalada a talha da elevação do gancho. Todos os movimentos serão motorizados.

A ponte rolante da casa de força deverá ser projetada de acordo com a norma NBR 8400, para condições intermitentes de serviço.

Para movimentos de elevação, a ponte contará com uma talha motorizada com acionamento a partir de botoeira com controle remoto.

Todos os motores e equipamentos elétricos deverão ser adequados ao uso em equipamentos de levantamento e transporte.

Além do gancho principal a ponte deverá ser equipada com um gancho auxiliar. O sistema do tambor, cabos de aço e gancho deverá ser projetado de tal forma que os cabos não fiquem trançados durante a movimentação da carga em todo curso do gancho.

As características básicas da ponte rolante da casa de força são:

Quadro 115 - Características Básicas da Ponte Rolante da Casa de Força.

Quantidade	01 (uma)
Capacidade nominal (principal/auxiliar)	1.100/100 kN
Vão entre as linhas de centro dos trilhos	18.600 mm
Curso do gancho principal e auxiliar	24.000 mm
Comprimento do caminho de rolamento	41.000 mm
Movimento de elevação e translação	Acionamento elétrico
Tensão de acionamento	380 Vca – 3Ø – 60 Hz
Cota elevação do caminho de rolamento	776,60 m
Cota elevação do piso da área de descarga/montagem	770,10 m
Cota elevação do piso do gerador	754,14 m
Cota elevação da galeria da turbina	751,07 m

### 7.7.4.3 Talha e Monovia do Tubo de Sucção

A talha elétrica para movimentação da comporta ensecadeira do tubo de sucção poderá se movimentar em monovia instalada na linha de centro da respectiva comporta.

A talha será montada sobre carro móvel de modo a permitir a movimentação da comporta ensecadeira. O carro deverá deslocar-se sobre caminho de rolamento metálico e será de construção em aço soldado.

Os movimentos de translação e elevação deverão ser motorizados. Deverá permitir comando remoto a partir de botoeira. O carro deverá ser dotado de cobertura contra intempéries.

Características básicas da talha e monovia do tubo de sucção:

Quadro 116 - Características Básicas da Talha e Monovia do Tubo de Sucção.

Quantidade de talhas	01 (uma)
Quantidade de monovias	01 (uma)
Capacidade nominal da talha	150 kN
Movimento de elevação e translação	Acionamento elétrico
Tensão de acionamento	380 Vcc - 3Ø - 60 Hz
Tipo de comando do acionamento	Botoeira pendente
Curso do gancho	29.000 mm
Comprimento do caminho de rolamento da monovia	31.000 mm

### 7.7.5 Sistemas Mecânicos Auxiliares

A casa de força será atendida pelos seguintes sistemas mecânicos auxiliares:

- Sistema de Água Industrial;
- Sistema de Drenagem e Esgotamento;
- Sistema de Água de Serviço;
- Sistemas de Água de Proteção Contra Incêndio;
- Sistema de Água Tratada;
- Sistema de Esgoto Sanitário;
- Sistema de Drenagem e Separação de Água / Óleo dos Transformadores Elevadores;
- Sistema de Medições Hidráulicas;
- Sistema de Ar Comprimido de Serviço;
- Sistema de Ventilação;

- Sistema de Ar Condicionado.

#### 7.7.5.1 Sistema de Água Industrial

O sistema de água industrial foi previsto para o fornecimento de água filtrada para os trocadores de calor das UHLM, UHRV e trocadores de calor ar-água dos geradores. Deverá também fornecer água para lubrificar e resfriar as vedações dos eixos das unidades, sistema de água de serviço e sistema de proteção contra incêndio.

O sistema será composto basicamente de filtros automáticos, bombas centrífugas, instrumentação de controle, quadros elétricos e rede(s) de distribuição conforme fluxograma SCA-2M-DEFL-002.

O sistema deverá possuir, para cada unidade, uma tomada de água bruta a partir do conduto forçado logo a montante do pré distribuidor, que conduzirá a um filtro autolimpante, com grau de filtragem de 760 micras, instalado na galeria mecânica através de bombas. Cada filtro autolimpante deverá ser dimensionado para atender a todos os sistemas descritos acima para as duas unidades geradoras. Sendo assim, cada filtro poderá ser isolado para manutenção se necessário, sem interrupção da alimentação de água de resfriamento da unidade pelo coletor principal, bem como cada unidade poderá ser isolada do coletor principal, sem necessidade de parada da outra unidade.

Os filtros deverão ser interligados entre si através do coletor de água industrial. A válvula geral de entrada de água industrial para cada unidade deverá ter comando remoto de abertura e fechamento através do sistema de controle digital da usina.

Os filtros de água deverão ser do tipo de limpeza automática, sem interrupção do fluxo, dotados de malha de filtragem quadrada de 760 microns. A saída de cada filtro deverá ser provida de um indicador de pressão, um indicador de temperatura, uma válvula de retenção e uma válvula de bloqueio.

O automatismo dos filtros principais será feito através dos respectivos painéis elétricos, dotados de toda instrumentação: pressostato diferencial e válvulas solenóides;

O sistema de água industrial dos trocadores de calor será do tipo de circulação em circuito aberto, com descarga para o canal de fuga acima do nível máximo excepcional de jusante.

Serão empregadas 2 (duas) motobombas de pressurização (booster) de água de resfriamento na tubulação coletora principal, com CCM, sendo uma bomba efetiva e a outra reserva stand-by, que operarão com a pressão adequada em função dos níveis de água do reservatório e do canal de fuga.

As tomadas de água de resfriamento deverão ser providas de grelha para proteção contra a entrada de detritos. Cada tubulação de captação deve possuir uma tomada de ar comprimido para desobstruir a grelha, válvula de bloqueio/isolamento e indicador de pressão.

O circuito de água de resfriamento de cada um dos equipamentos deverá dispor de válvula de isolamento na entrada e na saída e válvula globo para o controle de vazão.

No suprimento de água para o selo de vedação do eixo de cada turbina haverá dois filtros do tipo hidrociclone, sendo um principal e outro reserva em paralelo, com capacidade de filtragem de 80 micras. A água será captada da tubulação principal de água de resfriamento passando pela bomba e a seguir pelo filtro hidrociclone antes do selo.

A rede de distribuição de água de resfriamento não deverá apresentar reduções bruscas no seu diâmetro visando à conexão com válvulas e ou conexões.

As atuações de alarmes e falhas serão sinalizadas ao SDSC.

Para se evitar ruído e desgaste prematuro, as tubulações deverão ser dimensionadas para atender ao critério de máxima velocidade do fluxo de água de 3 m/s.

#### 7.7.5.2 Sistema de Drenagem e Esgotamento

O sistema de drenagem e esgotamento tem por finalidade coletar, conduzir e bombear as águas de infiltração, de percolação, de resfriamento, de vazamentos e de limpeza da casa de força, além de garantir o total esgotamento das turbinas.

Para o esvaziamento das turbinas, deverá se fechar a comporta vagão da câmara de carga da respectiva turbina, assim como a comporta ensecadeira do tubo de sucção. O esgotamento se dará por gravidade através da abertura manual das válvulas correspondentes para o poço de drenagem e esgotamento.

O sistema de drenagem e esgotamento será composto basicamente de uma rede coletora, válvulas, central de drenagem e esgotamento, poço e bombas submersíveis, instrumentação de controle, e quadro elétrico conforme fluxograma SCA-2M-DEFL-003.

As águas de drenagem provenientes da área das centrais hidráulicas dos mancais das unidades passarão por uma caixa separadora de água e óleo.

As bombas deverão ser dimensionadas, de modo a proporcionar proteção adequada contra inundações da casa de força.

A central deve ser equipada com 03 (três) bombas, uma principal, uma de apoio e uma de reserva, cada uma com capacidade igual à vazão afluyente ao poço de drenagem.

O controle do sistema deverá ser feito através de quadro local dotado de Controlador Lógico Programável (CLP), transdutor de nível (acionamento das bombas) e chaves de nível eletrônicas independentes para alarmes.

O sistema de drenagem da casa de força será dotado de uma caixa separadora de água e óleo imediatamente antes da descarga ao poço de drenagem e esgotamento, de modo a conter os eventuais vazamentos ou gotejamentos de óleo de equipamentos ou

remanescentes da lavagem de pisos, galerias etc. Por diferença de densidade o óleo contido nesta caixa deverá ser removido para posterior descarte.

#### 7.7.5.3 Sistema de Água de Serviço

O sistema de água de serviço da usina tem por finalidade suprir as galerias e demais áreas da casa de força com água filtrada proveniente do sistema de água de resfriamento para auxiliar nos serviços de limpeza e manutenção conforme fluxograma SCA-2M-DEFL-004.

Este sistema será composto de uma rede de distribuição e pontos de conexão com válvula esférica e engate rápido para conexão de mangueira.

#### 7.7.5.4 Sistema de Água Tratada

O sistema será composto basicamente por um ponto de abastecimento externo, um reservatório de abastecimento e distribuição de água com capacidade unitária de 1000 litros para abastecimento dos diversos pontos de consumo da casa de força, rede de tubulações, aparelhos sanitários, bebedouros, válvulas, e acessórios conforme fluxograma SCA-2M-DEFL-006. O suprimento de água tratada da usina será proveniente de poço artesiano.

Análises químicas periódicas deverão ser feitas na água proveniente do poço de modo que a mesma seja própria para o consumo humano.

#### 7.7.5.5 Sistema de Esgoto Sanitário

Para tratamento e disposição dos efluentes sanitários foi previsto um sistema de esgoto sanitário conforme fluxograma SCA-2M-DEFL-005. O sistema deverá consistir de um tanque séptico de digestão e sedimentação de lodo, filtro anaeróbico, desinfecção do efluente líquido por hipoclorito de sódio e tubulação principal, tubulação secundária, tubulação de ventilação e será instalado na El. 770,00 m.

Os efluentes provenientes da copa e sanitários serão coletados através de rede coletora e encaminhados para o sistema de tratamento.

O projeto e dimensionamento do sistema deverão ser feitos de modo a atender as recomendações estabelecidas nas normas ABNT NBR-7229 e NBR-8160, considerando um máximo de 15 (quinze) pessoas.

A declividade mínima da tubulação deverá ser de 2 %, para diâmetros DN 100 mm (4") e de 1 %, para DN 150 mm (6").

#### 7.7.5.6 Sistema de Separação Água/Óleo

O sistema de drenagem e separação água/óleo está subdividido em dois sub-sistemas:



Separação água/óleo isolante: é responsável pela coleta, drenagem e separação do óleo isolante da água, em caso de incêndio e ruptura dos transformadores elevadores conforme fluxograma SCA-2M-DEFL-008;

Separação água/óleo lubrificante: é responsável pela separação do óleo lubrificante da água, em caso de vazamento acidental do óleo lubrificante no interior da usina para o sistema de drenagem da Casa de Força. O óleo derramado neste caso será drenado para o Poço de Drenagem e Esgotamento e daí bombeado juntamente com a água de drenagem para o tanque separador água/óleo lubrificante.

#### 7.7.5.6.1 Separação Água/Óleo Isolante

O sistema de drenagem do óleo dos transformadores é constituído de bacias de drenagem e contenção, tubulação coletora, tanque coletor-separador de água e óleo, tanque de coleta e bombeamento de óleo e bomba submersível portátil de drenagem de óleo.

A câmara de coleta deverá ser subdividida em câmara de entrada/separação (local em que se processa a entrada/separação da mistura) e câmara de saída (somente permite a passagem de água).

Na câmara de entrada/separação há um ponto de água que, juntamente com uma válvula de bóia, garante o selo de água necessário à separação da mistura.

Em caso de derrame acidental, o óleo do transformador será contido pela bacia de contenção e encaminhado para o tanque de separação. O tanque separador conterá o óleo evitando o lançamento ao corpo de água. Mediante a separação por câmaras no interior do tanque, a água após a separação deverá ser lançada no canal de fuga. O óleo será retirado por bomba submersível portátil.

O projeto e dimensionamento do sistema deverão ser feitos de modo a atender os seguintes critérios:

A bacia de contenção do transformador deverá ter capacidade para conter a metade do volume de óleo do transformador descontado o espaço ocupado pela brita;

Deverá ser considerado fator de preenchimento para brita = 60 % (brita nº 3);

A câmara de óleo do separador deverá conter o volume de óleo de um transformador com 10 % de folga;

O tanque deve atender ao volume completo de óleo do transformador adicionado da água do sistema de incêndio acrescido de uma vazão correspondente ao índice pluviométrico máximo da região;

No projeto da câmara de separação deverá ser considerada a velocidade de subida das gotículas determinada pela lei de Stokes;

No dimensionamento da tubulação coletora de drenagem deverá ser considerada a descarga por gravidade, com tubulação a plena seção e declividade de 0,4 %.

#### 7.7.5.6.2 - Separação Água/Óleo Lubrificante

Nas áreas passíveis de derrame de óleo e sob os equipamentos com óleo tais como tanques dos reguladores de velocidade, centrais óleo-hidráulicas de lubrificação de mancais e similares serão colocadas tubulações de escoamento para bacias coletoras e caixa separadora de água / óleo.

A separação água/óleo lubrificante será feita em um tanque separador água/óleo localizado na Sala de Bombas. No separador, a câmara de coleta é subdividida em câmara de entrada/separação (local em que se processa a entrada/separação da mistura) e câmara de saída (somente permite a passagem de água).

A mistura água-óleo chega ao tanque na câmara de entrada/separação e por decantação, efetua a separação da mistura água-óleo. O óleo que se acumula sobre a água, passa por um vertedouro, devidamente posicionado, para a câmara de coleta. A água por sua vez, passa por baixo de um septo para a câmara de saída e é conduzida, através de uma tubulação, para o poço de drenagem.

Todo o óleo captado será armazenado e retirado por bombeamento para um caminhão tanque ou tanque móvel com o auxílio de uma bomba centrífuga submersível.

#### 7.7.5.7 Sistema de Ar Comprimido de Serviço

O sistema de ar comprimido de serviço deve ser constituído basicamente de compressores de ar, reservatório de ar, rede de distribuição de ar comprimido para suprir as necessidades de ar comprimido utilizado nos tanques, válvulas, instrumentos, ferramentas e demais equipamentos na casa de força conforme fluxograma SCA-2M-DEFL-007.

O sistema de ar comprimido será distribuído na casa de força, atendendo a área de montagem e descarga de equipamentos, piso do gerados e galeria mecânica.

O projeto e dimensionamento do sistema deverão ser feitos levando em consideração os seguintes critérios:

- A central de ar comprimido de serviço deve conter dois compressores, tipo alternativo, resfriados a ar, acionado por motor elétrico, controlado por regulador eletrônico;
- Pressão de projeto de 10 bar;
- A pressão de operação do sistema deverá ser da ordem de 7,1 bar a 7,7 bar (man.);
- Pressão mínima no reservatório de 6,5 bar;

- As linhas deverão ser dimensionadas de modo que a queda de pressão entre os reservatórios de ar comprimido de serviço e o ponto mais desfavorável seja menor que 0,35 bar (man.);
- A perda máxima por vazamentos admitida deve ser inferior a 5 %;
- O ramal de descarga de cada compressor deverá ser dotado de transdutor de pressão e temperatura.

#### 7.7.5.8 Sistema de Ar Condicionado

O sistema de ar condicionado tem por finalidade a retirada de calor, propiciar funcionamento adequado de equipamentos e condições de conforto na Sala de Controle e Áreas Administrativas da Usina através de filtragem, renovação e controle de temperatura e umidade do ar ambiente.

O sistema será constituído de condicionadores do tipo “split” com renovação de ar através de ventilador suplementar, dependendo das dimensões, finalidade e condições ambientais requeridas nos diversos locais. Para a Sala de Controle os condicionadores serão quantificados de maneira redundante.

A temperatura e a umidade relativa dos ambientes serão controladas por termostatos e umidostatos atuando diretamente nos condicionadores.

No dimensionamento e projeto dos sistemas são aplicáveis os preceitos das seguintes normas: ASHRAE, da SMACNA e da ABNT.

## 7.8 Equipamentos e Sistemas Elétricos

### 7.8.1 Características Principais

Os Des. SCA-2E-DEDI-001 a SCA-2E-DEDI-005 representam a concepção do sistema elétrico da PCH Canoas, nas quais se destacam as seguintes características principais:

- O sistema elétrico de geração será composto por três geradores de 11.111 kVA / 13,8 kV / 200 rpm. Os geradores terão ligação estrela com neutro aterrado via resistência de aterramento. A definição do tipo e valor da impedância deverá ser objeto de estudo específico quando do projeto executivo.
- O circuito de geração será composto por conjuntos de proteção para os geradores contra surtos de tensão e de manobra em 13,8 kV. Ambos os conjuntos estão enclausurados em cubículos metálicos próprios para média tensão. A interligação entre eles será realizada através de barramento rígido e a saída para o transformador elevador será através de cubículo adicional.
- A usina será operada via Sistema de Supervisão, Controle e Proteção que será instalado na sala de controle, o qual permitirá operação remota da mesma.

- Os serviços auxiliares da usina em corrente alternada (CA) serão alimentados via Transformador de Serviços Auxiliares (TSA), localizado na sala de cubículos;
- Já os serviços auxiliares em corrente contínua em 125 Vcc serão alimentados via banco de baterias estacionárias quando da falta de energia no barramento CA;
- Será instalada Subestação Elevadora (SE) adjacente à Casa de Força para elevação da tensão de geração para 138 kV;
- O ponto de conexão ao Sistema Interligado Nacional (SIN) será a SE Curitiba Área Industrial de propriedade da CELESC Distribuição S.A., porém a PCH Canoas se interligará a mesma por intermídia da PCH Pery II, a qual possui uma Linha de Transmissão (LT) já em operação até a SE Curitiba da Celesc (19,2 km de extensão, cabo 336,4 MCM, circuito simples). A PCH Canoas precisará implantar 5 km de LT em 138 kV até a PCH Pery II, com cabo CA 336,4 MCM, circuito simples.

### 7.8.2 Gerador e Equipamentos Associados

O gerador deverá ser fornecido completo em conformidade com a norma ABNT NBR IEC 60034 em sua versão atual, com todos os componentes necessários ao seu perfeito funcionamento, tais como:

- Gerador síncrono, trifásico, eixo horizontal, completo (estator, rotor, mancais, base, excitação, caixas de terminais, etc);
- Instrumentação;
- Transformadores de corrente, junto aos terminais de neutro;
- Escovas no eixo e no rotor, próprias para sistema de proteção do rotor;
- Volante de inércia (se necessário);
- Sistema de lubrificação do óleo dos mancais (UHLM) (se necessário);
- Sistema de frenagem (se necessário);
- Proteção contra surtos de tensão (capacitor + para-raios);

O gerador terá as seguintes características técnicas:

Quadro 117 - Características Básicas do Gerador

Quantidade	03
Turbina - acionamento	Kaplan S Jusante
Potência nominal	11.111 kVA
Tensão nominal	13,8 kV

Frequência	60 Hz
Polaridade	36 (200 rpm)
Fator de potência	0,9
Velocidade de disparo	1,6 Vn – 320 rpm
Grau de proteção	IP 21
Refrigeração	Autoventilado
Excitação	<i>Brushless</i> PMG (preferencialmente)
Montagem	Horizontal
Ambiente	40°C a 1.000 m
Regime de Serviço	S1
Classe térmica do isolamento	F
Elevação de temperatura	80°C / 100°C
Rendimento nominal	≥ 96,0%
Relação de curto-circuito (Kcc)	≥ 0,8
Xd (não saturado)	≤ 1,2 pu
Mancal	Deslizamento (bucha)
Tipo do mancal	Guia-escora
GD2 (total requerido)	296,06 tf.m <sup>2</sup> (nota 1)
Acoplamento com turbina	Direto

### Notas

- (1) Caso o GD<sup>2</sup> natural do gerador não seja suficiente para atender o GD<sup>2</sup> total requerido, deve ser fornecido volante de inércia junto com o gerador. O GD<sup>2</sup> do volante de inércia não poderá ser superior a 60% do GD<sup>2</sup> do conjunto gerador - volante de inércia;
- (2) As cargas radiais e axiais sobre os mancais devem ser confirmadas e ajustadas com o fornecedor da turbina.

O gerador será resfriado a ar, autoventilado, aspirando ar ambiente da sala de máquinas a uma temperatura não superior a 40°C. O ar quente será descarregado no exterior por meio de dutos de ar.

O sistema de frenagem do gerador compreenderá, basicamente, um sistema eletropneumático acionado no volante com dispositivos automáticos de controle e supervisão.

O sistema de excitação será, preferencialmente, do tipo "*brushless*" (sem escovas) PMG (*permanent magnet generator*) com regulador de tensão, com canal automático e realizará as seguintes funções: regulação de tensão; limitação de mínima excitação, máxima excitação, fluxo e ângulo de carga; controle de reativo; sincronização; seguimento; estabilização do sistema de potência; testes "on/off-line"; ação de regulação. Deverá ser capaz de manter a

tensão nos terminais do gerador em  $\pm 0,5\%$  do valor ajustado em toda faixa de operação, desde vazio a plena carga, com variação de frequência de  $\pm 5\%$ . Deverá também possibilitar o ajuste de tensão para valores compreendidos entre  $\pm 10\%$  da tensão nominal. Em regime transitório, para um curto no lado de AT do transformador elevador, o sistema de excitação deve ser capaz de manter a tensão de excitação em 20% do valor de teto, quando a tensão terminal do gerador for 20% do valor nominal.

O sistema de proteção do gerador será composto por um grupo de relés dedicados, contendo todas as funções de proteção necessárias.

### 7.8.3 Cubículos de 13,8 kV

Os Cubículos de 13,8 KV terão as características seguintes:

Quadro 118 - Características Básicas do Cubículo de 13,8 kV

Tensão nominal	13,8 kV
Classe	15 kV
Tensão suportável de impulso atmosférico (valor de crista)	110 kV
Tensão suportável à frequência industrial 1 min. (valor eficaz)	34 kV
Potência nominal do barramento principal	50 MVA
Corrente suportável de curta duração (valor eficaz)	25 kA
Instalação interna	IP4X

Os cubículos de 13,8 kV serão os seguintes:

- 03 x Cubículos de Saída do Gerador (CSG): Este cubículo terá a função de sincronização, chaveamento e proteção do gerador e será composto de disjuntor, transformadores de corrente (TC) e transformadores de potencial (TP).
- 03 x Cubículos de Surtos e Excitação do Gerador (CSEG): Este cubículo terá a função de proteção contra surtos e excitação do gerador e será composto de capacitor (C), para-raios (PR) e transformador de excitação (TEX).
- 03 x Cubículos de Neutro do Gerador (CNG): Este cubículo terá a função de fazer o aterramento do gerador, sendo composto basicamente de: barramento monofásico, resistor de aterramento (RA) e TC.
- 01 x Cubículo do Transformador Elevador (CTE): Este cubículo terá a função de alimentar a baixa tensão do Transformador Elevador (TE), sendo composto de barramento de saída, TPs e para-raios (PR).
- 01 x Cubículo dos Serviços Auxiliares (CSA): Este cubículo terá chaveamento e proteção do transformador rebaixador dos serviços auxiliares (TSA), sendo composto por uma chave seccionador tripolar e fusíveis de média tensão.



#### 7.8.4 Sistema de Supervisão, Controle e Proteção da usina

O sistema de supervisão, controle e proteção será responsável pela integração dos diversos equipamentos, assegurando um nível de operacionalidade conjunta e harmônica, realizando as funções de monitoração, comando, controle e proteção da PCH.

O sistema de supervisão, controle e proteção está subdividido em dois subsistemas:

- Subsistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC), representado pelo Des. SCA-2E-DEDI-004;
- Subsistema Proteção, representado pelo Des. SCA-2E-DEDI-001.

##### 7.8.4.1 Subsistema Digital de Supervisão e Controle – SDSC

O SDSC considera a operação remota da PCH (desassistida de operador), com a presença de um mantenedor na PCH, trabalhando no horário administrativo. A operação remota, supervisionada 24 horas por dia, poderá ser executada a partir de uma PCH próxima, subestação da rede de conexão assistida por operadores ou outro ponto a definir.

A arquitetura básica deste sistema está mostrada no Des. SCA-2E-DEDI-004, será composta por todos os elementos de hardware e software necessários à realização das funções especificadas e está concebida como segue.

##### Nível inferior

Junto ao processo fica o nível inferior identificado como nível 1 do SDSC.

Em cada unidade geradora o sistema de controle é constituído pelos reguladores de tensão e de velocidade e pela Unidade de Aquisição de Dados e Controle (UAC).

Os serviços auxiliares gerais formam unidades autônomas e independentes e serão supervisionados / comandados pela UAC de serviços auxiliares e saídas de LT.

Nas unidades geradoras os reguladores e as UACs serão os responsáveis pela partida, parada e operação da unidade geradora.

A sincronização será executada pelos reguladores, SDSC e sincronoscópio instalados nos Quadros de Proteção e Controle da Unidade Geradora (QPCUG) ou no Quadro de Proteção e Controle da Subestação Elevadora (QPCSE).

Os equipamentos do nível 1 formam subsistemas funcionalmente autônomos e independentes entre si e do nível superior, no que se refere à execução das funções básicas de controle necessárias à operação correta e segura dos equipamentos associados.

A comunicação entre os reguladores e o SDSC será efetuada através de sinais individualizados, analógicos e binários (contatos secos) e, adicionalmente através de canais de comunicação seriais, utilizando protocolos de comunicação padronizados.

### Nível superior

O nível superior do SDSC, identificado como nível 2, corresponde às funções centralizadas de supervisão e controle da usina.

Este nível caracterizado pelas estações de operação (EOP1 e EOP2) responsáveis pelo controle de toda usina e pelo gerenciamento da base de dados do SDSC. Estas Estações serão instaladas na sala de controle central da usina sendo que a EOP2 assumirá as funções da EOP1, em caso de mau funcionamento desta última, ou seja, a EOP2 operará em forma *hot-stand-by*.

A estação de operação terá a função prioritária de controle e gerenciamento da usina e função secundária de engenharia e desenvolvimento.

### Rede de comunicação

Os controladores lógicos programáveis de controle e proteção terão comunicação direta em protocolo de comunicação IEC-60870-5-104 para disponibilização direta e comandos para a operação remota em um centro de operação nível 3 remoto da usina através da rede de comunicação;

A estação de operação do nível 2 se interconectará através de uma rede digital de comunicação de alta velocidade. Está previsto concentrador (HUBs) ao qual estarão conectadas as UACs, a estação de operação e a impressora.

Os meios de comunicação entre a Estação de Operação e os equipamentos do nível 1 serão em rede de par trançado e utilizará padrão IEEE 802.3, protocolo TCP-IP com velocidade de 10/100Mbps ou protocolo MODBUS (padrão RTU).

O nível 2 terá meios de comunicação com sistemas computacionais externos.

Será considerada previsão de Sincronização horária em todo o SDSC.

### Função de aplicação do SDSC

O SDSC realizará as seguintes funções de aplicação:

- Gerenciamento e controle da barragem e reservatório;
- Partida automática de unidade geradora;
- Controle conjunto/individual de potência ativa;
- Controle conjunto/individual de potência reativa;
- Parada automática de unidade geradora;
- Controle do conjunto de manobras de interligação com o sistema;
- Cálculo estatístico sobre equipamento do processo;

- Geração de relatórios;
- Supervisão e comando dos sistemas auxiliares das unidades;
- Supervisão da proteção;
- Geração de alarmes;
- Registro de dados históricos.

#### 7.8.4.2 Subsistema de Proteção

O subsistema de proteção destina-se a realizar a função de proteção dos diferentes componentes da PCH, geradores, barras, transformador elevador, subestação elevadora e linha de transmissão.

As proteções deverão ser implementadas em um ou mais equipamentos com emprego de tecnologia de processamento digital numérico.

Todos os relés de proteção deverão ter sincronização horária.

Preveem no mínimo as seguintes funções, segundo o padrão ANSI:

##### Unidades Geradoras

- Proteção: 12, 24, 25, 27, 32, 40, 46, 49, 49EG, 49M, 50/51, 51V, 50/51N, 59, 59N, 71M, 78, 81HL, 87G;
- Medições: V, A, kVA, kW, kVAr, FP, kWh, kVArh e temperaturas.

##### Transformador elevador

- Proteção: 26OT, 49, 50/51, 50/51N, 59N, 63BT, 63VAT, 71OT E 87T.

##### Linha de Transmissão

- Proteção: 25, 27, 32, 50/51, 50/51N, 59, 59N, 67, 67N, 78, 81HL, 81RF E 87L.
- Medições: V, A, kVA, kW, kVAr, FP, kWh, kVArh.

#### 7.8.5 Sistemas Auxiliares Elétricos

Nesta usina será implantado um sistema auxiliar elétrico em corrente alternada (CA), conforme mostrado no Des. SCA-2E-DEDI-002 e um sistema auxiliar elétrico em corrente contínua (CC), mostrado no Des. SCA-2E-DEDI-003.

São as seguintes as tensões auxiliares de serviço em baixa tensão:

- CA: 380 Vca, ( $\pm 15\%$ ) 60Hz, sistema trifásico a 03 fios, ligado em estrela com neutro aterrado, para alimentação do sistema de excitação inicial, todos os motores de trifásicos, tomadas de força de uso especial e equipamentos com carga superior a 2 kVA.

- CA: 220 Vca, ( $\pm 10\%$ ) 60Hz, sistema monofásico a 02 fios, aterrado, para alimentação de cargas inferiores a 2 kVA, circuitos de iluminação, resistores de aquecimentos e ar condicionados.
- CC: 125 Vcc, (+15%, -20%) em dois fios, não aterrados, para todas as funções principais de controle, supervisão e proteção.

#### 7.8.5.1 Sistemas Auxiliares Elétricos de Corrente Alternada (CA)

O suprimento às cargas elétricas da casa de força será realizado através do Transformador de Serviços Auxiliares (TSA) instalado na Subestação Elevadora e de grupo gerador diesel de emergência a ser instalado na Casa de Força.

#### A - Transformador de Serviços Auxiliares (TSA)

O TSA possuirá as seguintes características:

Quadro 119 - Características Básicas do Transformador de Serviços Auxiliares

Quantidade	01
Tipo	Seco
Potência nominal estimada	150 kVA
Frequência nominal	60 Hz
Tensão nominal de alta tensão (primário)	13,8 kV
Tensão nominal de baixa tensão (secundário)	380/220 V
Ligação AT	Delta
Ligação BT	Estrela com neutro aterrado
Resfriamento	Ar
Instalação	Ao tempo

#### B - Grupo Gerador Diesel

Prevê-se a instalação de um grupo gerador diesel com as seguintes características:

Quadro 120 - Características Básicas do Grupo Gerador Diesel

Número de unidades geradoras	1
Potencia nominal – contínua	200 kVA
Fator de potência nominal	0,80
Tensão nominal	380/220 V
Frequência nominal	60 Hz
Classe térmica de isolamento	H
Ligação do enrolamento	Estrela com neutro aterrado

Acessórios:

- Tanque combustível em polietileno com capacidade mínima para 24 horas de operação a 70% da carga nominal.
- Baterias 12 V, com cabos e terminais, acondicionados no interior da carenagem.
- Sistema de descarga dos gases de combustão, composto por tubulação e silencioso.
- Conjunto de amortecedores de vibração entre a base e o conjunto motor/gerador.

#### C - Quadros Elétricos Auxiliares - CA

Estão previstos o fornecimento dos seguintes quadros elétricos auxiliares CA:

- 01 x QCAP Quadro CA principal;
- 03 x QCAUG Quadro CA da unidade geradora;
- 01 x QCADE Quadro CA da drenagem e esgotamento;
- 01 x QLGE Quadro de iluminação e tomadas geral;
- 01 x QCATA Quadro CA da Tomada de Água.

#### 7.8.5.2 Sistemas Auxiliares Elétricos de Corrente Contínua (CC)

Os sistemas de proteção, de controle e as cargas elétricas de segurança da PCH são supridos por sistema de 125 Vcc, constituído de um conjunto de baterias e respectivo carregador e um quadro de distribuição de 125 Vcc (Quadro CC Principal – QCCP), e estão representados no Des. SCA-2E-DEDI-003. Todos os componentes deste sistema serão dimensionados para atender a todas as cargas da PCH.

#### 7.8.6 Sistema de telecomunicações

O sistema de telecomunicações da PCH, representado no desenho SCA-2E-DEDI-005, tem por objetivo prover toda comunicação interna e externa à usina, com equipamentos e meios que permitam a comunicação de voz e dados e está prevendo os seguintes itens:

- Sistema de telefonia e comunicações internas.
- Sistema de transmissão digital (MUX e cabo guarda ao longo da LT até o ponto de conexão).
- Rede interna de voz e dados.

#### 7.8.7 Circuito fechado de TV (CFTV)

Está previsto um CFTV, que ficará a cargo do empreendedor sua instalação. Este sistema tem por objetivo prover os recursos necessários à segurança operacional, patrimonial e de acesso ao complexo da usina, incluindo funções de detecção de intrusão, presença e

movimentação de pessoas em locais pré-determinados, alarme, sinalização e controle de acesso com captura de alarmes e imagens em tempo real, para áreas do barramento, tomada d'água, casa de força e acessos.

### 7.8.8 Sistema de aterramento, iluminação, tomadas e vias de cabos

#### 7.8.8.1 Sistema de aterramento

O sistema de aterramento da usina e da SE elevadora tem as seguintes finalidades:

- Criar condições de segurança ao pessoal, aos equipamentos e às instalações em caso de defeitos à terra dos sistemas elétricos e na ocorrência de descargas atmosféricas;
- Criar nos sistemas de potência um caminho de baixa impedância, entre o ponto de defeito e o ponto ou pontos de aterramento do sistema, para que as proteções do sistema sejam sensibilizadas e atuem rapidamente;
- Permitir o rápido amortecimento dos surtos de tensão originados por descargas atmosféricas, atuação de para-raios, faltas à terra, descargas entre contatos durante operação de equipamentos de manobra de alta tensão (seccionadores e disjuntores) e outros.

O sistema de aterramento é constituído basicamente por uma malha de terra e por condutores que conectam a malha de terra aos equipamentos que devem ser eletricamente aterrados.

Na usina, para formar o sistema de aterramento, serão lançadas malhas de condutores de cobre sob as fundações da casa de força, da tomada d'água e no pátio da usina. A malha do pátio da usina tem por finalidade eliminar diferenças de potenciais perigosas na área, durante defeitos, e conduzir correntes de curto-circuito para os pontos de aterramento do sistema locais e remotos.

#### 7.8.8.2 Sistema de iluminação e tomadas

A usina será atendida por um sistema de iluminação normal e tomadas de uso geral, alimentado em 220 Vca (F, N e T).

##### 7.8.8.2.1 Sistema de iluminação na casa de força

O piso das unidades geradoras será atendido por luminárias com lâmpadas vapor metálico e as demais áreas internas por luminárias com lâmpadas fluorescentes tubulares. Serão previstas também luminárias com lâmpadas fluorescentes compactas para iluminação auxiliar de segurança.

Nas áreas externas, tanto na casa de força quanto na tomada de água e vertedouro, serão utilizadas luminárias com lâmpadas vapor de sódio instaladas em postes.



#### 7.8.8.2.2 Sistema de iluminação de emergência

A usina será atendida também por um sistema de iluminação de emergência alimentado pelo sistema de 125 Vcc.

Serão utilizadas luminárias com leds, 125 Vcc, para iluminação de emergência.

#### 7.8.8.3 Sistema de vias e cabos

##### Vias de Cabos

O sistema de vias de cabos a ser implantada na usina deverá atender as seguintes finalidades:

- Proteção mecânica dos cabos instalados em seu interior;
- Proteção contra interferências eletromagnéticas nos cabos elétricos sensíveis (sinais digitais, analógicos etc.), com a utilização de eletrocalhas fechadas;
- Facilidades de instalação e futuras manutenções com a utilização preferencialmente de leitos de cabos (bandejas), eletrocalhas, eletrodutos de aço tipo pesado aparentes, canaletas de cabos e em último caso ou em travessias de vias e circulações eletrodutos embutidos em concreto.

##### Circuitos de Controle

A cablagem dos circuitos de controle convencional, de proteção e medição deverá ser executada com cabos com isolamento para 1 kV, com isolamento em material termoplástico e capa protetora de PVC, com características de auto-extinção e não propagador de chama, fabricado de acordo com as normas NBR aplicáveis.

Nos circuitos de controle, proteção e medição em geral, devem ser utilizadas cabos de 2, 4, 6 e 12 condutores, com bitola mínima de 1,5mm<sup>2</sup>. Nos circuitos de corrente devem ser utilizados cabos com bitola mínima de 4mm<sup>2</sup>.

Cabos de controle blindados, cabos de fibra ótica e cabos telefônicos terão suas características definidas em conformidade com a aplicação específica de cada aplicação.

##### Circuitos de Força de Baixa Tensão

A cablagem dos circuitos de força de tensão nominal 380 / 220 Vca, 60 Hz, trifásico ou menor pode ser executada com cabos multipolares ou unipolares e devem ser de condutor de cobre eletrolítico recozido, com isolamento para 0,6/1kV, com isolamento em material termofixo (EPR) com temperatura de operação contínua de 90°C, não propagador de chama e encordamento classe 5, fabricado de acordo com as normas NBR aplicáveis. Os condutores terão bitola mínima de 2,5mm<sup>2</sup>.

### Circuitos de Força de Média Tensão

A cablagem dos circuitos de força de tensão nominal 13,8 kV deve ser executada com cabos unipolares de condutor de cobre eletrolítico recozido, com isolamento para 15 kV com capa protetora de PVC não propagador de chama, encordamento classe 2, e blindagem do isolamento, fabricado de acordo com as normas da ABNT aplicáveis.

### Circuitos de Iluminação

A cablagem dos circuitos de iluminação deve ser executada com condutores de cobre eletrolítico recozido, encordamento classe 5 (cabos e fios unipolares, seção mínima 2,5mm<sup>2</sup>), isolamento para 750V, constituído por uma camada sólida extrudada de PVC, com características de auto-extinção e não propagador de chama, sem capa protetora e fabricados de acordo com as normas NBR aplicáveis. Os cabos devem ser adequados para operação a 70°C em regime contínuo. Poderá ser usado cabo flexível seção nominal de 1,5mm<sup>2</sup>, exclusivamente nas derivações para alimentação das luminárias. A ligação da luminária com o circuito de alimentação será feita através de *plug* e tomada com três pinos (fase, neutro e terra).

## **7.9 Subestação elevadora**

### 7.9.1 Características Principais

A subestação elevadora será em 138 kV do tipo convencional, para instalação ao tempo, conforme indicado no diagrama unifilar geral, no Des. SCA-2E-DEDI-001 e no Des.de arranjo SCA-2E-DESE-001.

Será composta por um transformador elevador de 28/35 MVA / 13,8 kV-138 kV e 01 bay (em arranjo barra simples) de saída para a LT que se conectará à Subestação de Conexão.

Os painéis de controle e os dos relés de proteção da linha de transmissão serão instalados na sala de controle da usina, cujas proteções já foram mencionadas no item 7.8.4.2.

Para limitação das tensões de passo e de toque a valores seguros para as pessoas, no interior da Subestação e suas proximidades, durante a ocorrência de um curto-circuito para terra, está prevista a construção de uma malha de aterramento. Esta malha terá também a finalidade de estabelecer valor adequado de resistência de aterramento para as correntes de acionamento dos relés de proteção e para a rede de cobertura da Subestação para proteção contra descargas atmosféricas.

Seus principais equipamentos são caracterizados a seguir.

### 7.9.2 Transformador Elevador

O transformador elevador será trifásico, imerso em óleo mineral, com conservador, construído e ensaiado conforme a norma NBR 5356 e terá as seguintes características:

Quadro 121 - Características Básicas do Transformador Elevador

Quantidade	1
Potência nominal	28/35 MVA
Tensão nominal BT, fase-fase	13,8 kV
Tensão nominal AT, fase-fase	138 (+/-2x 2,5%) kV
Frequência nominal	60 Hz
Tensão suportável de impulso atmosférico (valor de crista)	550 kV
Tensão suportável à frequência industrial 1 min. (valor eficaz)	230 kV
Elevação de temperatura	65° C
Conexão	YNd1
Resfriamento	ONAN/ONAF
Instalação	Ao tempo
TCs de bucha – AT Relação de Transformação * Classe de Exatidão	200-5-5 A 10B100- 10B100
TCs de bucha – BT Relação de Transformação Classe de Exatidão	2000-5 A 10B100
TCs de bucha – Neutro Relação de Transformação Classe de Exatidão	500-5 A 10B100

### 7.9.3 Disjuntor – 138 kV

O disjuntor será tripolar, fabricado e testado de acordo com as exigências aplicáveis das normas IEC 62271-100 e suas características técnicas principais serão as seguintes:

Quadro 122 - Características Técnicas do Disjuntor – 138 kV

Quantidade	1
Tensão nominal	138 kV
Tensão máxima de operação	145 kV
Corrente nominal	1250 A
Frequência nominal	60 Hz
Tensão suportável de impulso atmosférico (valor de crista)	550 kV
Tensão suportável à frequência industrial 1 min. (valor eficaz)	230 kV
Corrente suportável de curta duração (valor eficaz)	25 kA
Instalação	Ao tempo

#### 7.9.4 Chave seccionadora tripolar – 138 kV

A chave seccionadora será tripolar, fabricada e testada de acordo com as exigências aplicáveis das normas ABNT NBR IEC 62271-102 e ABNT NBR 7282 e suas características técnicas principais serão as seguintes:

Quadro 123 - Características Técnicas da Chave Seccionadora Tripolar – 138 kV

Quantidade	3
Tensão nominal	138 kV
Tensão máxima de operação	145 kV
Corrente nominal	1250 A
Frequência nominal	60 Hz
Tensão suportável de impulso atmosférico (valor de crista)	550 kV
Tensão suportável à frequência industrial 1 min. (valor eficaz)	230 kV
Corrente suportável de curta duração (valor eficaz)	25 kA
Acionamento	Automático (motor elétrico)
Instalação	Ao tempo

#### 7.9.5 Transformadores de potencial – 138 kV

O transformador de potencial (TP) será fabricado e testado de acordo com as exigências aplicáveis da norma ABNT NBR 6855 e suas características técnicas principais serão as seguintes:

Quadro 124 - Características Técnicas dos Transformadores de Potencial – 138 kV

Quantidade	03
Tensão nominal (fase-neutro)	138/ $\sqrt{3}$ kV
Relação de Transformação	138.000/ $\sqrt{3}$ -115/ $\sqrt{3}$ - 115/ $\sqrt{3}$ V
Potência térmica	1.000 VA
Frequência nominal	60 Hz
Tensão suportável de impulso atmosférico (valor de crista)	550 kV
Tensão suportável à frequência industrial 1 min. (valor eficaz)	230 kV
Classe de Exatidão	0,3P75 - 0,3P75
Grupo de Ligação	2
Instalação	Ao tempo

#### 7.9.6 Transformadores de corrente – 138 kV

O transformador de corrente (TC) será fabricado e testado de acordo com as exigências aplicáveis da norma ABNT NBR 6856, sendo que suas características técnicas principais serão as seguintes:

Quadro 125 - Características Técnicas do Transformador de Corrente – 138 kV

Quantidade	03
Tensão nominal	138 kV
Tensão máxima de operação	145 kV
Relação de transformação	200-5-5 A
Classe de exatidão	0,3C50+0,3C50
Frequência nominal	60 Hz
Tensão suportável de impulso atmosférico (valor de crista)	550 kV
Tensão suportável à frequência industrial 1 min. (valor eficaz)	230 kV
Instalação	ao tempo

### 7.9.7 Para-raios – 120 kV

O para-raios será fabricado e testado de acordo com as exigências aplicáveis da norma ABNT NBR 16050 e suas características técnicas principais serão as seguintes:

Quadro 126 - Características Técnicas do Para-raios – 120 kV

Quantidade	06
Tipo	Estação – ZNO
Tensão nominal	120 kV
Tensão máxima de operação	98 kV
Frequência nominal	60 Hz
Capacidade de interrupção	10 kA
Instalação	Ao tempo

### 7.10 Linha de Transmissão – 138 kV

A LT que transportará a energia gerada pela PCH Canoas até a interligação com a PCH Pery II da Celesc Geração S.A. será implantada com tensão nominal de 138 kV extensão de aproximadamente 5 km, circuito simples, cabo 336,4 MCM – CA.

### 7.11 Conexão ao SIN - SE Curitiba Área Industrial

Conforme dito anteriormente, a PCH Canoas conectar-se-á ao SIN por meio do bay de 138 kV na SE Curitiba de propriedade da Celesc Distribuição S.A. Para tanto, a partir da Subestação da PCH Pery II, as usinas compartilharão 19,2 km de LT 138 kV, cabo 336,4 MCM, circuito simples. O ANEXO 06 apresenta os estudos de alternativas de conexão.

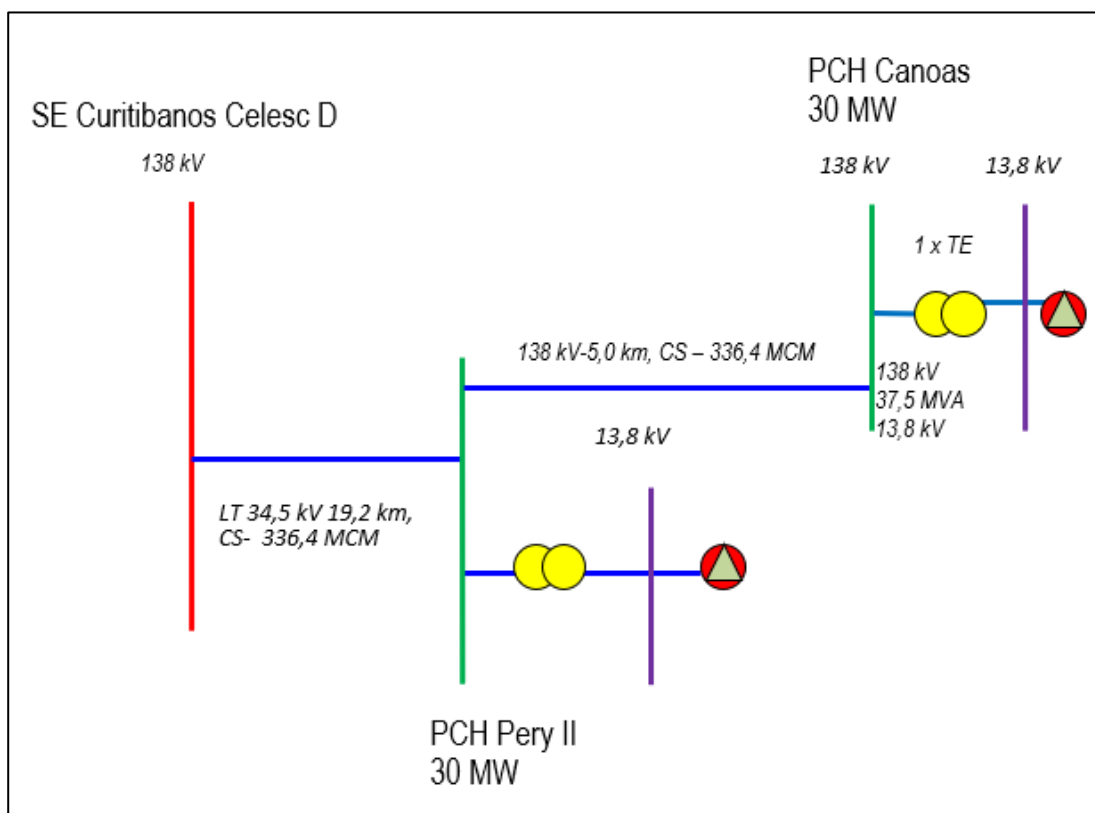


Figura 105 – . Esquema de Conexão ao SIN - PCH Canoas - SE Curitiba.

Vale ressaltar que estão previstos o rateio da LT de 19,2 km com a PCH Pery II e modificações nos equipamentos, tanto da subestação da PCH Pery II quanto na SE Curitiba quais são:

- Na subestação da PCH Pery II:
  - Substituição de 06 transformadores de corrente (TCs) de 138 kV instalados nos bays de conexão das máquinas ao barramento principal da SE, pois os mesmos deverão conter enrolamento secundário para medição de faturamento;
  - Substituição de 03 TCs de 138 kV instalados no bay de saída para a LT Pery II-SE Curitiba, pois os mesmos deverão conter capacidade nominal de corrente de no mínimo 400 A;
  - Instalação de três painéis de faturamento, um da PCH Canoas e dois para as máquinas da Pery II;
  - Revisar estudo de seletividade da LT Pery II-SE Curitiba e reparametrizar os relés de proteção;
  - Confirmar que os 03 transformadores de potencial (TPs) de bay de saída para a LT Pery II-SE Curitiba possuem enrolamento secundário para as medições de faturamento. Caso contrário, deverá ser prevista a instalação 03 TPs para no barramento principal para esta finalidade.



- Na SE Curitiba Área Industrial:
  - Substituição de 03 TCs de 138 kV instalados no bay de saída para a LT Pery II-SE Curitiba, pois os mesmos deverão conter capacidade nominal de corrente de no mínimo 400 A;
  - Revisar estudo de seletividade da LT Pery II-SE Curitiba e parametrizar os relés de proteção;
  - Refazer o comissionamento da medição de faturamento por conta da troca dos TCs.
- Além do rateio da LT, está previsto um ressarcimento das perdas adicionais que a PCH Pery II terá por compartilhar a LT com a PCH Canoas, no valor de R\$3.575.837,57, pago ao longo dos 30 anos de concessão das usinas.

## **8 INFRA-ESTRUTURA E LOGÍSTICA**

Projetos de usinas hidrelétricas demandam uma infraestrutura e logística bastante peculiares, principalmente no que tange à diversidade e complexidade dos componentes e fatores envolvidos.

### **8.1 Acessos**

Deverão ser implantados acessos ao local do empreendimento. Os acessos à casa de força e ao barramento desenvolvem-se pelas margens esquerda e direita, necessitando de abertura, patrolamento e aplicação de revestimento primário. Os desenhos SCA-2C-DEAC-001 e 002 e SCA-2C-DECO-001 apresentam a localização e acessos locais da PCH Canoas.

### **8.2 Canteiro de Obras**

Os canteiros de obras da PCH Canoas deverão possuir uma central de carpintaria, com pequeno pátio para fabricação das fôrmas especiais, central de concreto, central de armação, almoxarifado, escritório e local com vestiário e sanitários para os trabalhadores. Deverão ser previstos dois locais de armazenamento de cimento em saco e agregados para concreto, um próximo à casa de força e outro próximo ao barramento. O canteiro de obras está apresentado no desenho SCA-2C-DECO-001.

### **8.3 Mobilização da Mão de Obra**

A mobilização da mão de obra, necessária para a montagem da infraestrutura básica do canteiro de obras, deverá ser de responsabilidade da empresa construtora, que deverá seguir o planejamento e cronograma de obra previsto no item 9. Essa mão de obra poderá ficar alojada nas benfeitorias do canteiro de obras.

### **8.4 Suprimentos**

A fim de facilitar e agilizar o fornecimento de materiais à obra deverá ser construído o Setor de Suprimentos no canteiro de obras. Este setor visa centralizar e adequar às quantidades de materiais e equipamentos demandados e operacionalizar as compras desses. O estoque de materiais deverá ser catalogado e acondicionado no setor de almoxarifado.

Os materiais básicos para a execução dos serviços deverão ser adquiridos de fornecedores da própria região do empreendimento.

A responsabilidade pela manutenção e utilização dos materiais, assim como da realização das compras, deverá ser da empresa construtora.

#### **8.4.1 Concreto**

Para a implantação das estruturas de concreto será utilizada central de concreto instalada no canteiro de obras, a qual será de responsabilidade da empresa construtora. A central de

concreto deverá ter capacidade de produção suficiente para atendimento ao cronograma de implantação da obra.

#### 8.4.2 Cimento

O cimento utilizado na obra deverá ser adquirido pela empresa construtora, e armazenado na obra em quantidades suficientes para atender a demanda do cronograma da obra.

O cimento a ser utilizado deverá atender os requisitos básicos exigidos nas especificações técnicas do projeto.

#### 8.4.3 Agregados

Os agregados para concreto (brita e areia) deverão ser adquiridos através da britagem dos materiais obtidos das escavações obrigatórias e áreas de empréstimo.

#### 8.4.4 Aços Longos

As barras de aço para as armaduras das estruturas de concreto armado deverão ser adquiridas dos fornecedores mais próximos, e atender aos requisitos básicos exigidos nas especificações técnicas do projeto.

#### 8.4.5 Combustíveis e Lubrificantes

Os combustíveis e óleos lubrificantes deverão ser fornecidos por empresa distribuidora de produtos derivados de petróleo.

A empresa construtora deverá manter o estoque desses materiais em tanques adequados, respeitando as normas de segurança e evitando, ao máximo, danos ao meio ambiente.

#### 8.4.6 Carpintaria

As madeiras necessárias à execução, principalmente das fôrmas para as estruturas de concreto, deverão ser adquiridas de distribuidores regionais que possuam capacidade de atender à demanda necessária e que possuam todos os certificados e licenças necessárias expedidas pelo Ministério do Meio Ambiente e/ou seus órgãos subordinados.

#### 8.4.7 Materiais Explosivos

Os materiais e cargas explosivas deverão ser adquiridos pela empresa a ser subcontratada, que ficará responsável por toda a técnica pertinente à detonação de rochas, e manuseio dos materiais explosivos.

### 8.5 Energia Elétrica e Comunicação

#### Energia elétrica

A energia necessária para o canteiro de obras será através de rede trifásica em 23 kV de propriedade da concessionária local (CELESC) existente na localidade.

### Geradores de emergência

Para a manutenção dos serviços básicos do canteiro de obras, tais como iluminação, bombeamentos, ventilação, deverão ser previstos o aluguel de grupos diesel-geradores. Nestes pontos as cargas serão conectadas as chaves comutadoras de forma que a transferência de rede para o gerador seja efetuada com rapidez e segurança.

### Comunicação

A comunicação no canteiro de obras deverá ser feita por empresa de telecomunicação especializada no ramo. Deverá ser prevista a instalação de linhas telefônicas no canteiro de obras.

Também deverá ser prevista a comunicação entre frentes de trabalho através de radiocomunicadores.

## **9 PLANEJAMENTO DA CONSTRUÇÃO E CRONOGRAMA FÍSICO**

### **9.1 Aspectos Gerais**

No caderno de desenhos encontra-se apresentado o cronograma de implantação do empreendimento (SCA-2C-DECI-001 e 002).

A implantação da PCH Canoas terá início com a liberação da ordem de serviço, liberada após obtenção da LAI – Licença Ambiental de Instalação, liberada pelo IMA –SC.

O cronograma de construção foi estabelecido considerando 24 meses de duração da obra desde a obtenção da ordem de serviço até a geração comercial de todas as unidades geradoras. A data da ordem de serviço também foi considerada como o início do desenvolvimento do Projeto Executivo cuja duração foi estimada em 20 meses.

Ao mesmo tempo em que será desenvolvido o Projeto Executivo serão implantados os Programas Básicos Ambientais, cuja duração foi considerada em 24 meses, ou seja, a mesma que a duração das obras.

### **9.2 Implantação do Canteiro de Obras e Acessos**

Estima-se em dez dias o período necessário para a mobilização e início do projeto executivo de engenharia, necessários às primeiras atividades de construção.

Os acessos principais e a implantação do canteiro de obras deverão ocorrer em 1,5 meses.

### **9.3 Obras na Região do barramento**

Para a região do barramento os trabalhos podem ser divididos em duas fases.

A primeira fase tem início no primeiro mês de obra com o alargamento da margem direita. No segundo mês da obra ocorre o lançamento da pré ensecadeira e no décimo quinto mês ocorre a retirada da ensecadeira. Essa fase contempla a margem esquerda como lançamento da ensecadeira, escavação das estruturas da margem esquerda, preparação da fundação e implantação do vertedouro com comporta, 44 m de vertedouro soleira livre e o circuito de geração. O término da primeira fase pode acontecer assim que instaladas as comportas segmento do vertedouro, descidas as comportas vagão da tomada da água e comportas ensecadeiras da casa de força.

A segunda fase do desvio do rio tem início com o lançamento da pré ensecadeira no décimo quinto mês e término com a retirada da ensecadeira no décimo nono mês. Os trabalhos na segunda fase consistem em finalizar o vertedouro de soleira livre e barragem de terra da margem direita.

## **9.4 Obras no Circuito de Geração**

As obras no circuito de geração serão executadas em duas frentes principais: uma composta pelas obras civis e outra frente responsável pela montagem dos eletromecânicos.

### **9.4.1 Tomada de Água e Conduto Forçado**

As obras da tomada da água iniciam-se pelas escavações a céu aberto no quarto mês do cronograma. A segunda fase do desvio só poderá ocorrer após a descida das comportas ensecadeira da tomada de água, prevista para acontecer no final do décimo primeiro mês de obras.

As obras no trecho do conduto forçado estão previstas para iniciar juntamente com a tomada da água e devem ser finalizadas antes do início do comissionamento da primeira unidade, prevista no vigésimo primeiro mês.

### **9.4.2 Casa de Força**

As obras na casa de força iniciam-se pelas escavações a céu aberto no final do terceiro mês do cronograma. A concretagem da casa de força deve ter início no quinto mês do cronograma e ter duração de quase seis meses até a El. 770,0 m, e duração de mais um mês e meio até a elevação final.

A montagem da ponte rolante, na casa de força, deverá ser realizada no décimo terceiro mês, e no décimo quinto mês será iniciada a montagem da turbina e gerador da primeira unidade geradora. Levando-se em conta que as especificações e a contratação dos equipamentos estarão prontas desde o início do processo de contratação, os prazos para fornecimento e transporte até a obra, da ordem de dez meses, serão suficientes em condições normais de mercado.

Os testes e comissionamento das unidades geradoras poderão ser iniciados no vigésimo primeiro mês do cronograma, prevendo-se o início de geração comercial da primeira unidade geradora no vigésimo terceiro mês, e das outras duas unidades no vigésimo quarto e vigésimo quinto mês respectivamente.

## **9.5 Previsão de Área de Empréstimo**

Realizado o balanço de materiais constatou-se a necessidade de se prever uma área para empréstimo de solo e rocha. Para a primeira etapa do desvio do rio é necessário que se encontre uma área de empréstimo que supra a necessidade de material para ensecadeira de 1ª fase. Posteriormente tem-se a necessidade de material para a barragem de terra da margem esquerda, visto que o material escavado nas escavações obrigatórias não é suficiente. Sendo assim prevê-se a necessidade de uma área de empréstimo com



aproximadamente 41.553 m<sup>3</sup> para solo e 27.645 m<sup>3</sup> para rocha, localizados na margem esquerda, conforme apresentado no desenho SCA-2C-DECO-001.

Para segunda etapa do desvio é necessário em torno de 36.397 m<sup>3</sup> de solo e 40.978 m<sup>3</sup> de rocha, sendo estes destinado principalmente para ensecadeira de montante e de jusante da 2ª etapa, e a barragem da margem direita. O local está previsto conforme desenho apresentado SCA-2C-DECO-001.

O resultado da volumetria foi:

- Área de empréstimo margem esquerda:
  - Solo: 68.000 m<sup>3</sup>;
  - Rocha: 29.200 m<sup>3</sup>.
- Área de empréstimo margem direita:
  - Solo: 49.000 m<sup>3</sup>;
  - Rocha: 42.000 m<sup>3</sup>.

## 9.6 Histograma de Serviços de Mão de Obra

A partir do cronograma geral do empreendimento e das quantidades de serviço para as obras civis, foi definida a distribuição geral dos principais serviços e insumos para o empreendimento, apresentado nos quadros e figuras a seguir.

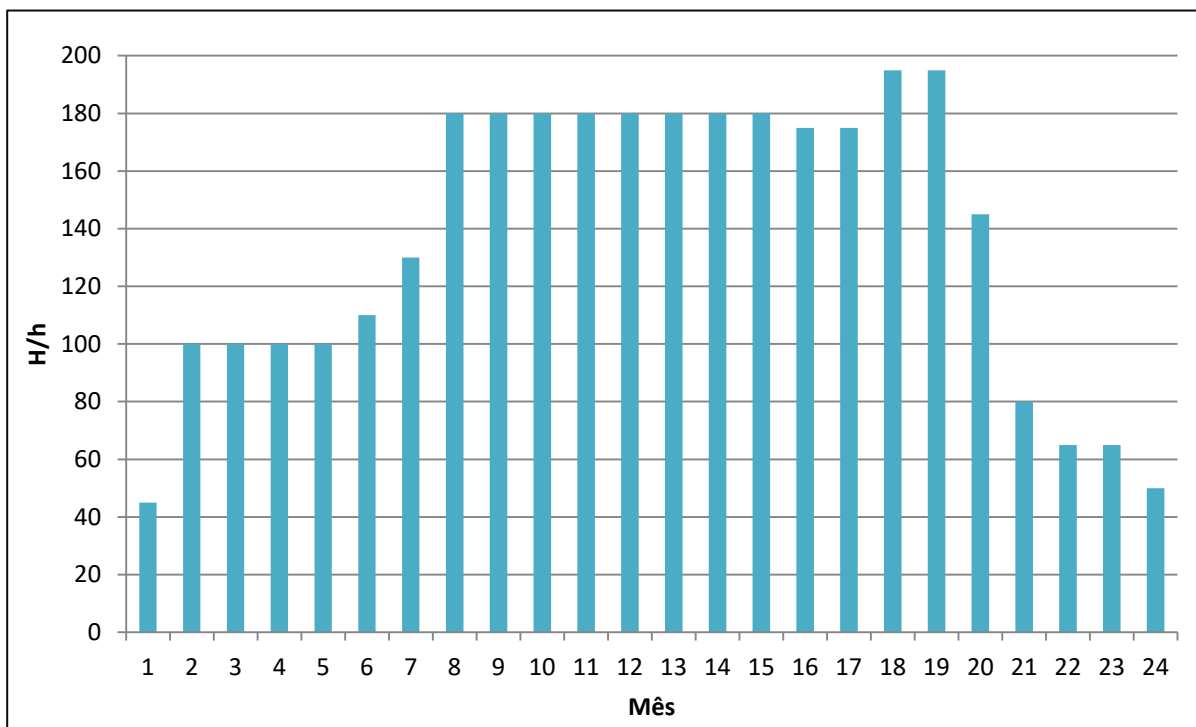


Figura 106 – Histograma mão de obra geral

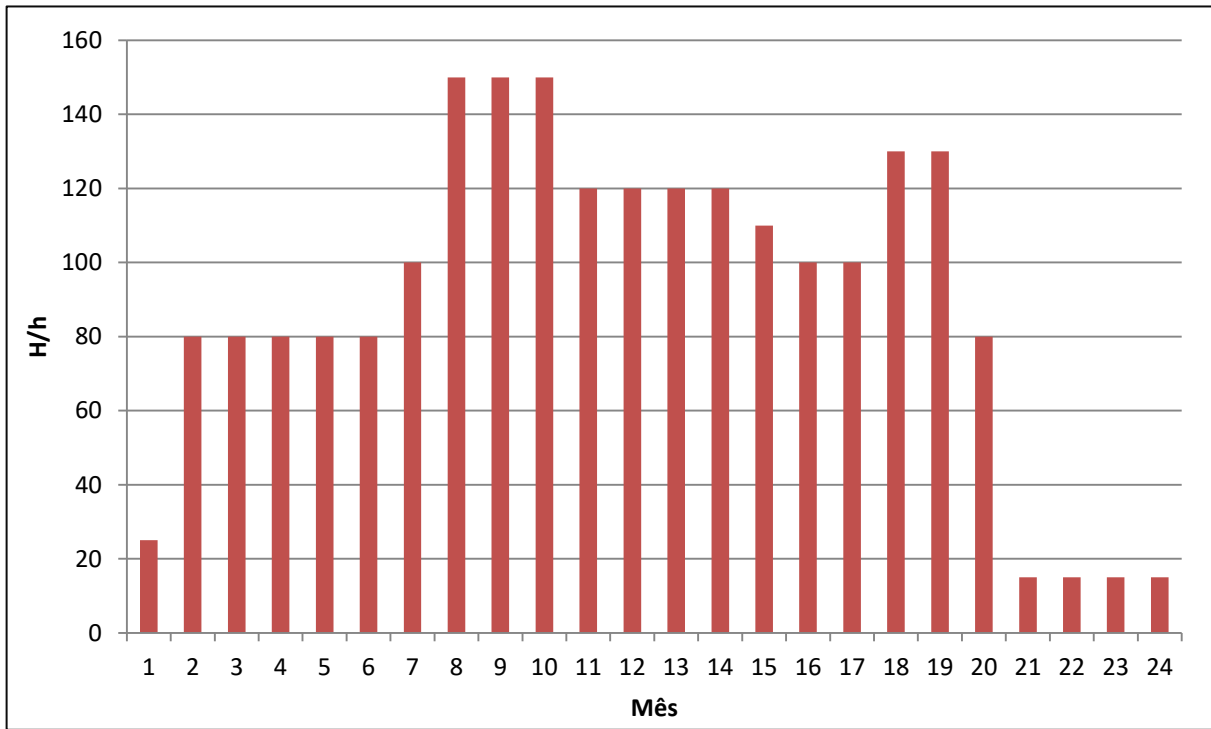


Figura 107 – Histograma mão de obra obras civis

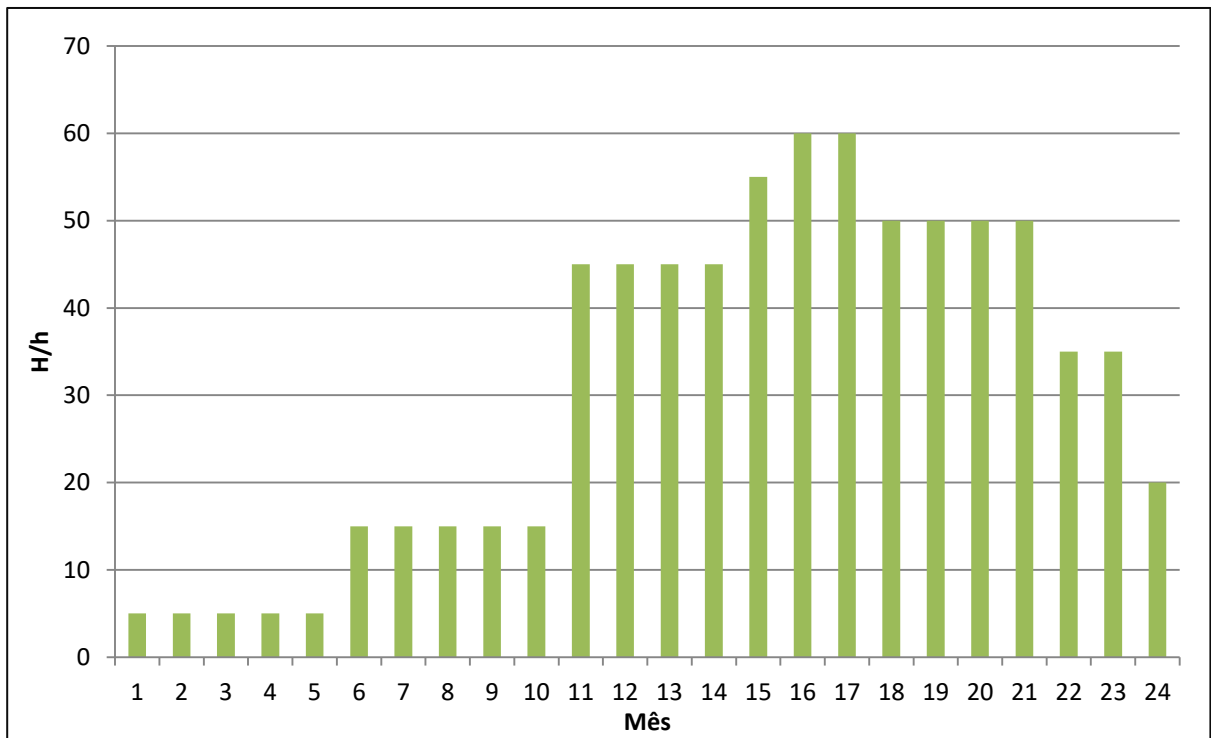


Figura 108 – Histograma mão de obra montagem eletromecânica

## 9.7 Cronograma do Empreendimento

O cronograma da PCH Canoas foi definido conforme definições apresentadas nos itens anteriores. A figura a seguir apresenta os principais marcos das obras. O desenho SCA-2C-DECI-001 apresenta mais detalhes sobre as sub tarefas.

Nome da tarefa	2021				2022				Tri 1
	Tri 1	Tri 2	Tri 3	Tri 4	Tri 1	Tri 2	Tri 3	Tri 4	
<b>1 Marcos Principais</b>									
1.1 Ordem de serviço	01/01								
1.2 Início do desvio do rio 1ª fase	26/02								
1.3 Início concretagem casa de força	07/05								
1.4 Término concretagem casa de força				25/11					
1.5 Instalação comportas segmento vertedouro				20/01					
1.6 Instalação comportas vagão tomada de água				27/01					
1.7 Instalação comportas ensecadeira casa de força				03/03					
1.8 Término do desvio do rio 1ª fase				17/03					
1.9 Início do desvio do rio 2ª fase				18/03					
1.10 Emissão da LAO pela FATMA							29/07		
1.11 Término do desvio do rio 2ª fase							04/08		
1.12 Enchimento do reservatório							08/09		
1.13 Início Geração Comercial UG1								03/11	
1.14 Início Geração Comercial UG2								01/12	
1.15 Início Geração Comercial UG3									29/12

Figura 109 – Marcos principais do cronograma geral do empreendimento

## 10 ORÇAMENTO PADRÃO ELETROBRAS

Quadro 127 – OPE – Orçamento padrão Eletrobras

CONTA	ITEM	UN.	QUANT.	PREÇO UNIT. R\$	CUSTO R\$
<b>.10.</b>	<b>TERRENOS, RELOCAÇÕES E OUTRAS AÇÕES SOCIOAMBIENTAIS</b>				<b>33.968.000</b>
<b>.10.10</b>	<b>AQUISIÇÃO DE TERRENOS E BENFEITORIAS</b>				<b>23.299.000</b>
.10.10.11	PROPRIEDADES RURAIS				20.260.000
.10.10.11.10	Reservatório	ha	207	35.000	7.245.000
.10.10.11.11	Canteiro, acampamento, jazidas e áreas afins	ha	15	35.000	525.000
.10.10.11.12	Unidades de conservação e áreas de preservação permanente	ha	354	35.000	12.390.000
.10.10.11.16	Infraestrutura econômica e social isolada	gl	1	100.000	100.000
.10.10.12	DESPESAS LEGAIS E DE AQUISIÇÃO	%	15		3.039.000
<b>.10.11</b>	<b>RELOCAÇÕES</b>				<b>3.430.000</b>
.10.11.10	ESTRADAS DE RODAGEM	km	3,4	200.000	680.000
.10.11.15.	RELOCAÇÕES DE POPULAÇÃO				2.750.000
.10.11.15.12	Cidades e vilas	gl	17	150.000	2.550.000
.10.11.15.13	Infraestrutura econômica e social isolada	gl	1	200.000	200.000
<b>.10.12</b>	<b>OUTRAS AÇÕES SOCIOAMBIENTAIS</b>				<b>5.621.000</b>
.10.12.10	COMUNICAÇÃO SOCIOAMBIENTAL		1	30.000	30.000
.10.12.11	MEIO FÍSICO-BIÓTICO				4.645.000
.10.12.11.10	Limpeza do reservatório	ha	130	21.000	2.730.000
.10.12.11.11	Unidades de conservação e áreas de preservação permanente	%		0,5%	865.000
.10.12.11.12	Conservação da flora	gl	1	300.000	300.000
.10.12.11.13	Conservação da fauna	gl	1	300.000	300.000
.10.12.11.14	Qualidade da água	gl	1	150.000	150.000
.10.12.11.15	Recuperação de áreas degradadas	gl	1	300.000	300.000
.10.12.12	MEIO SOCIOECONÔMICO-CULTURAL				446.000
.10.12.12.10	Salvamento do patrimônio cultural	gl	1	100.000	100.000
.10.12.12.11	Apoio aos municípios	gl		0,2%	346.000
.10.12.13	LICENCIAMENTO E GESTÃO INSTITUCIONAL				500.000
.10.12.13.10	Licenciamento	gl	1	250.000	250.000
.10.12.13.11	Gestão institucional	gl	1	250.000	250.000
	Subtotal da conta .10				32.350.000
<b>.10.13</b>	<b>EVENTUAIS DA CONTA .10</b>	%	5		1.618.000
<b>.11.</b>	<b>ESTRUTURAS E OUTRAS BENFEITORIAS</b>				<b>10.547.100</b>
<b>.11.10</b>	<b>BENFEITORIAS NA ÁREA DA USINA</b>	gl	1,00	500.000	500.000
<b>.11.11</b>	<b>CASA DE FORÇA</b>				<b>9.544.100</b>
.11.11.10	ESCAVAÇÃO				634.500
.11.11.10.10	Comum	m <sup>3</sup>	3.000	12	36.000
.11.11.10.11	Em rocha a céu aberto	m <sup>3</sup>	13.300	45	598.500
.11.11.11	LIMPEZA E TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO				150.600
.11.11.11.10	Limpeza	m <sup>2</sup>	900	40	36.000
.11.11.11.11	Chumbadores	m	175	140	24.500
.11.11.11.12	Tirantes	m	40	180	7.200
.11.11.11.15	Barbacãs	m	50	100	5.000
.11.11.11.16	Concreto de regularização				38.700
.11.11.11.16.10	Cimento	t	18	400	7.200
.11.11.11.16.11	Concreto sem cimento	m <sup>3</sup>	90	350	31.500
.11.11.11.17	Concreto projetado				39.200
.11.11.11.17.10	Cimento	t	14	400	5.600
.11.11.11.17.11	Concreto sem cimento	m <sup>3</sup>	30	800	24.000
.11.11.11.17.12	Fibra metálica	kg	1.200	8	9.600
.11.11.12	CONCRETO				7.331.000
.11.11.12.10	Cimento	t	2.055	400	822.000
.11.11.12.11	Concreto sem cimento	m <sup>3</sup>	6.850	500	3.425.000
.11.11.12.12	Armadura	t	514	6.000	3.084.000
.11.11.13	INSTALAÇÕES E ACABAMENTOS	gl	1	1.200.000	1.200.000
.11.11.14	ATERRO	m <sup>3</sup>	19.000	12	228.000
	Subtotal da conta .11				10.044.100
<b>.11.13</b>	<b>EVENTUAIS DA CONTA .11</b>	%	5		503.000
<b>.12.</b>	<b>BARRAGENS E ADUTORAS</b>				<b>60.559.600</b>
<b>.12.10</b>	<b>DESVIO DO RIO</b>				<b>2.684.200</b>

CONTA	ITEM	UN.	QUANT.	PREÇO UNIT. R\$	CUSTO R\$
<b>.12.10.10</b>	<b>ENSECADEIRAS</b>				<b>2.684.200</b>
.12.10.10.10	Ponte de serviço	m	70	18.000	1.260.000
.12.10.10.11	Solo	m <sup>3</sup>	56.000	12	672.000
.12.10.10.12	Transição	m <sup>3</sup>	3.000	30	90.000
.12.10.10.13	Enrocamento	m <sup>3</sup>	10.000	10	100.000
.12.10.10.14	Enrocamento proteção	m <sup>3</sup>	4.000	35	140.000
.12.10.10.15	Remoção de enscadeiras	m <sup>3</sup>	28.000	12	336.000
.12.10.10.16	Esgotamento e outros custos	%	10		86.200
<b>.12.11</b>	<b>BARRAGENS E DIQUES</b>				<b>10.521.600</b>
<b>.12.11.10</b>	<b>BARRAGENS E DIQUES DE TERRA E ENROCAMENTO</b>				<b>2.522.000</b>
.12.11.10.10	ESCAVAÇÃO				72.000
.12.11.10.10.10	Comum	m <sup>3</sup>	6.000	12	72.000
.12.11.10.11	LIMPEZA E TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO				123.000
.12.11.10.11.10	Em fundação de terra	m <sup>2</sup>	8.200	15	123.000
.12.11.10.12	ATERRO				2.327.000
.12.11.10.12.10	Enrocamento	m <sup>3</sup>	29.600	15	444.000
.12.11.10.12.11	Núcleo de argila	m <sup>3</sup>	31.400	50	1.570.000
.12.11.10.12.12	Transição	m <sup>3</sup>	3.200	50	160.000
.12.11.10.12.13	Filtros	m <sup>3</sup>	1.700	90	153.000
<b>.12.11.11</b>	<b>BARRAGENS DE CONCRETO</b>				<b>2.074.000</b>
.12.11.11.11	LIMPEZA E TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO				51.400
.12.11.11.11.10	Limpeza	m <sup>2</sup>	400	40	16.000
.12.11.11.11.13	Injeção	m	100	150	15.000
.12.11.11.11.14	Cimento em saco	t	4	400	1.600
.12.11.11.11.16	Concreto de regularização				18.800
.12.11.11.11.16.10	Cimento	t	12	400	4.800
.12.11.11.11.16.11	Concreto sem cimento	m <sup>3</sup>	40	350	14.000
.12.11.11.12	CONCRETO				456.400
.12.11.11.12.10	Cimento	t	186	400	74.400
.12.11.11.12.11	Concreto sem cimento	m <sup>3</sup>	620	500	310.000
.12.11.11.12.12	Armadura	t	12	6.000	72.000
.12.11.11.13	CONCRETO MASSA				1.566.200
.12.11.11.13.10	Cimento	t	764	400	305.600
.12.11.11.13.11	Concreto sem cimento	m <sup>3</sup>	3.820	330	1.260.600
<b>.12.11.12</b>	<b>TRANSIÇÕES E MUROS DE CONCRETO</b>				<b>5.925.600</b>
.12.11.12.12	LIMPEZA E TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO				5.600
.12.11.12.12.10	Limpeza	m <sup>2</sup>	140	40	5.600
.12.11.12.13	CONCRETO				5.920.000
.12.11.12.13.10	Cimento	t	2.400	400	960.000
.12.11.12.13.11	Concreto sem cimento	m <sup>3</sup>	8.000	500	4.000.000
.12.11.12.13.12	Armadura	t	160	6.000	960.000
<b>.12.12</b>	<b>VERTEDOUROS</b>				<b>26.260.700</b>
<b>.12.12.10</b>	<b>VERTEDOUROS DE SUPERFÍCIE</b>				<b>11.815.600</b>
.12.12.10.10	ESCAVAÇÃO				312.000
.12.12.10.10.10	Comum	m <sup>3</sup>	26.000	12	312.000
.12.12.10.11	LIMPEZA E TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO				415.300
.12.12.10.11.10	Limpeza	m <sup>2</sup>	3.500	40	140.000
.12.12.10.11.12	Injeção	m	800	150	120.000
.12.12.10.11.13	Cimento em saco	t	32	150	4.800
.12.12.10.11.15	Concreto de regularização				150.500
.12.12.10.11.15.10	Cimento	t	70	400	28.000
.12.12.10.11.15.11	Concreto sem cimento	m <sup>3</sup>	350	350	122.500
.12.12.10.12	CONCRETO				4.655.200
.12.12.10.12.10	Cimento	t	1.968	400	787.200
.12.12.10.12.11	Concreto sem cimento	m <sup>3</sup>	6.560	500	3.280.000
.12.12.10.12.12	Armadura	t	98	6.000	588.000
.12.12.10.13	CONCRETO CCR				6.433.100
.12.12.10.13.10	Cimento	t	2.156	400	862.400
.12.12.10.13.11	Concreto sem cimento	m <sup>3</sup>	17.970	310	5.570.700
<b>.12.12.11</b>	<b>VERTEDOUROS DE FUNDO E OUTROS</b>				<b>14.445.100</b>
.12.12.11.10	ESCAVAÇÃO				315.000
.12.12.11.10.11	Em rocha a céu aberto	m <sup>3</sup>	7.000	45	315.000
.12.12.11.11	LIMPEZA E TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO				124.100
.12.12.11.11.10	Limpeza	m <sup>2</sup>	1.200	40	48.000
.12.12.11.11.11	Chumbadores	m	120	140	16.800
.12.12.11.11.12	Tirantes	m	30	180	5.400
.12.12.11.11.13	Injeção	m	150	150	22.500

CONTA	ITEM	UN.	QUANT.	PREÇO UNIT. R\$	CUSTO R\$
.12.12.11.11.14	Cimento em saco	t	6	400	2.400
.12.12.11.11.15	Barbacãs	m	30	100	3.000
.12.12.11.11.16	Concreto projetado				26.000
.12.12.11.11.16.10	Cimento	t	9	400	3.600
.12.12.11.11.16.11	Concreto sem cimento	m <sup>3</sup>	20	800	16.000
.12.12.11.11.16.12	Fibra metálica	kg	800	8	6.400
.12.12.11.12	CONCRETO				9.256.000
.12.12.11.12.10	Cimento	t	2.670,0	400	1.068.000
.12.12.11.12.11	Concreto sem cimento	m <sup>3</sup>	8.900,0	500	4.450.000
.12.12.11.12.12	Armadura	t	623,0	6.000	3.738.000
.12.12.11.13	EQUIPAMENTO DE FECHAMENTO				4.750.000
.12.12.11.13.10	Comportas segmento	un	2,0	1.700.000	3.400.000
.12.12.11.13.11	Comporta enscadeira	un	1,0	1.350.000	1.350.000
.12.12.11.13.12	Peças fixas extras	t			
<b>.12.13</b>	<b>TOMADA D'ÁGUA E ADUTORAS</b>				<b>14.332.500</b>
<b>.12.13.10</b>	<b>TOMADA D'ÁGUA</b>				<b>8.756.600</b>
.12.13.10.10	ESCAVAÇÃO				171.000
.12.13.10.10.11	Em rocha a céu aberto	m <sup>3</sup>	3.800	45	171.000
.12.13.10.11	LIMPEZA E TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO				76.100
.12.13.10.11.10	Limpeza	m <sup>2</sup>	500	40	20.000
.12.13.10.11.11	Chumbadores	m	10	140	1.400
.12.13.10.11.12	Tirantes	m	0	180	0
.12.13.10.11.13	Injeção	m	200	150	30.000
.12.13.10.11.14	Cimento em saco	t	8	400	3.200
.12.13.10.11.15	Barbacãs	m	0	100	0
.12.13.10.11.16	Concreto de regularização				21.500
.12.13.10.11.16.10	Cimento	t	10	400	4.000
.12.13.10.11.16.11	Concreto sem cimento	m <sup>3</sup>	50	350	17.500
.12.13.10.11.16	Concreto projetado				0
.12.13.10.11.16.10	Cimento	t	0	400	0
.12.13.10.11.16.11	Concreto sem cimento	m <sup>3</sup>	0	800	0
.12.13.10.11.16.12	Fibra metálica	kg	0	8	0
.12.13.10.12	CONCRETO				4.691.800
.12.13.10.12.10	Cimento	t	1.437	400	574.800
.12.13.10.12.11	Concreto sem cimento	m <sup>3</sup>	4.790	500	2.395.000
.12.13.10.12.12	Armadura	t	287	6.000	1.722.000
.12.13.10.13	CONCRETO MASSA				623.700
.12.13.10.13.10	Cimento	t	198	400	79.200
.12.13.10.13.11	Concreto sem cimento	m <sup>3</sup>	1.650	330	544.500
.12.13.10.14	EQUIPAMENTO DE FECHAMENTO				3.194.000
.12.13.10.13.10	Comporta enscadeira	un	1,00	280.000	280.000
.12.13.10.13.11	Comporta vagão	un	3,00	540.000	1.620.000
.12.13.10.13.13	Guindaste (talha monovia)	un	1,00	180.000	180.000
.12.13.10.13.14	Limpa grades	gl	1,00	400.000	400.000
.12.13.10.13.15	Grades	m <sup>2</sup>	170,00	4.200	714.000
<b>.12.13.14</b>	<b>CONDUTO FORÇADO</b>				<b>4.152.600</b>
.12.13.14.11	LIMPEZA E TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO				93.600
.12.13.14.11.10	Limpeza	m <sup>2</sup>	800	40	32.000
.12.13.14.11.11	Chumbadores	m	60	140	8.400
.12.13.14.11.12	Tirantes	m	20	180	3.600
.12.13.14.11.15	Barbacãs	m	20	100	2.000
.12.13.14.11.16	Concreto de regularização				34.400
.12.13.14.11.16.10	Cimento	t	16	400	6.400
.12.13.14.11.16.11	Concreto sem cimento	m <sup>3</sup>	80	350	28.000
.12.13.14.11.17	Concreto projetado				13.200
.12.13.14.11.17.10	Cimento	t	5	400	2.000
.12.13.14.11.17.11	Concreto sem cimento	m <sup>3</sup>	10	800	8.000
.12.13.14.11.17.12	Fibra metálica	kg	400	8	3.200
.12.13.14.12	CONCRETO				2.655.000
.12.13.14.12.10	Cimento	t	765	400	306.000
.12.13.14.12.11	Concreto sem cimento	m <sup>3</sup>	2.550	500	1.275.000
.12.13.14.12.12	Armadura	t	179	6.000	1.074.000
.12.13.14.13	EQUIPAMENTO DE FECHAMENTO				1.404.000
.12.13.14.13.10	Revestimento metálico	t	78,0	18.000	1.404.000
<b>.12.13.15</b>	<b>CANAL E/OU TÚNEL DE FUGA</b>				<b>1.423.300</b>
.12.13.15.10	ESCAVAÇÃO				1.255.500
.12.13.15.10.11	Em rocha a céu aberto	m <sup>3</sup>	27.900	45	1.255.500



CONTA	ITEM	UN.	QUANT.	PREÇO UNIT. R\$	CUSTO R\$
.12.13.15.11	LIMPEZA E TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO				167.800
.12.13.15.11.11	Chumbadores	m	70	140	9.800
.12.13.15.11.12	Tirantes	m	400	180	72.000
.12.13.15.11.15	Barbacãs	m	80	100	8.000
.12.13.15.11.16	Concreto projetado				78.000
.12.13.15.11.16.10	Cimento	t	27	400	10.800
.12.13.15.11.16.11	Concreto sem cimento	m <sup>3</sup>	60	800	48.000
.12.13.15.11.16.12	Fibra metálica	kg	2.400	8	19.200
<b>.12.14</b>	<b>CONSTRUÇÕES ESPECIAIS</b>				<b>3.875.600</b>
<b>.12.14.11</b>	<b>OUTRAS CONSTRUÇÕES ESPECIAIS</b>				<b>3.875.600</b>
.12.14.11.10	Jazida solo - margem esquerda	m <sup>3</sup>	68.000	10	680.000
.12.14.11.11	Jazida solo - margem direita	m <sup>3</sup>	49.000	10	490.000
.12.14.11.12	Pedreira - margem esquerda	m <sup>3</sup>	29.200	38	1.109.600
.12.14.11.13	Pedreira - margem direita	m <sup>3</sup>	42.000	38	1.596.000
	Subtotal obras civis				48.326.600
	Subtotal equipamentos				9.348.000
<b>.12.15</b>	<b>EVENTUAIS DA CONTA .12 obras civis</b>	%	5		2.417.000
<b>.12.16</b>	<b>EVENTUAIS DA CONTA .12 equipamentos</b>	%	5		468.000
<b>.13.</b>	<b>TURBINAS E GERADORES</b>				<b>30.272.000</b>
<b>.13.10</b>	<b>CASA DE FORÇA</b>				<b>28.830.000</b>
.13.10.11	Turbinas	un	3,0	3.300.000	9.900.000
.13.10.13	Comporta enscadeira	un	3,0	450.000	1.350.000
.13.10.14	Talha e monovia	un	1,0	180.000	180.000
.13.10.16	Geradores	un	3,0	5.800.000	17.400.000
	Subtotal da conta .13				28.830.000
<b>.13.12</b>	<b>EVENTUAIS DA CONTA .13</b>	%	5		1.442.000
					1.009
<b>.14.</b>	<b>EQUIPAMENTO ELÉTRICO ACESSÓRIO</b>				<b>16.638.000</b>
<b>.14.10</b>	<b>EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS (AUXILIARES)</b>				<b>3.225.000</b>
.14.10.11	Quadros média tensão	gl	3,0	450.000	1.350.000
.14.10.12	Sistema de controle e proteção	gl	1,0	700.000	700.000
.14.10.13	Sistemas auxiliares elétricos	gl	2,0	255.000	510.000
.14.10.14	Instalação Elétrica	gl	1,0	615.000	615.000
.14.10.15	Telecom + CFTV	gl	1,0	50.000	50.000
<b>.14.11</b>	<b>SUBESTAÇÃO ELEVADORA</b>				<b>2.120.000</b>
.14.11.10	Transformador elevador	gl	1,0	1.450.000	1.450.000
.14.11.11	Equipamentos AT da SE	gl	1,0	370.000	370.000
.14.11.14	Montagem e testes	gl	1,0	300.000	300.000
<b>.14.12</b>	<b>INTEGRAÇÃO AO SISTEMA</b>				<b>10.500.000</b>
.14.12.10	Bay 138 kV	gl	1,0	1.200.000	1.200.000
.14.12.11	Linha de transmissão 138 kV	gl	5,0	590.000	2.950.000
.14.12.12	Adequações SE Pery II e SE Curitibaanos	gl	1,0	700.000	700.000
.14.12.13	Rateio Custos LT Pery II - SE Curitibaanos	gl	1,0	5.650.000	5.650.000
	Subtotal da conta .14				15.845.000
<b>.14.13</b>	<b>EVENTUAIS DA CONTA .14</b>	%	5		793.000
<b>.15.</b>	<b>DIVERSOS EQUIPAMENTOS DA USINA</b>				<b>2.940.000</b>
.15.10	Ponte rolante (CF)	gl	1,0	900.000	900.000
.15.11	Pórtico rolante (TA e VT)	gl	1,0	450.000	450.000
.15.12	Equipamentos diversos (sistemas mecânicos auxiliares)	gl	1,0	1.450.000	1.450.000
	Subtotal da conta .15				2.800.000
<b>.15.13</b>	<b>EVENTUAIS DA CONTA .15</b>	%	5		140.000
<b>.16.</b>	<b>ESTRADAS DE RODAGEM, DE FERRO E PONTES</b>				<b>82.000</b>
<b>.16.10</b>	<b>ESTRADAS DE RODAGEM</b>				<b>78.000</b>
.16.10.10.10	ESCAVAÇÃO				48.000
.16.10.10.10.10	Comum	m <sup>3</sup>	4.000	12	48.000
.16.10.10.11	ATERRO	m <sup>3</sup>	2.000	15	30.000
	Subtotal da conta .16				78.000
<b>.16.11</b>	<b>EVENTUAIS DA CONTA .16</b>	%	5		4.000

CONTA	ITEM	UN.	QUANT.	PREÇO UNIT. R\$	CUSTO R\$
<b>CUSTO DIRETO</b>					
	Custo direto total equivalente				155.006.700
					11,5%
<b>.17.</b>	<b>CUSTOS INDIRETOS</b>				<b>17.903.000</b>
<b>.17.10</b>	<b>CANTEIRO E ACAMPAMENTO</b>				5.700.000
.17.10.10	CONSTRUÇÕES DO CANTEIRO E ACAMPAMENTO	gl	1,00	900.000	900.000
.17.10.11	MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO DO CANTEIRO E ACAMPAMENTO	mês	24	200.000	4.800.000
<b>.17.11</b>	<b>ENGENHARIA E ADMINISTRAÇÃO DO PROPRIETÁRIO</b>				11.350.000
.17.11.10	ENGENHARIA	gl			5.350.000
.17.11.10.10	Engenharia básica	gl	1,00	1.200.000	1.200.000
.17.11.10.11	Serviços especiais de engenharia - Projeto Executivo	gl	1,00	3.500.000	3.500.000
.17.11.10.12	Estudos e projetos ambientais	gl	1,00	650.000	650.000
.17.11.11	ADMINISTRAÇÃO DO PROPRIETÁRIO	gl	24	250.000	6.000.000
	Subtotal da conta .17				17.050.000
<b>.17.12</b>	<b>EVENTUAIS DA CONTA .17</b>	%	5		853.000
	<b>CUSTO TOTAL SEM JUROS</b>			<b>R\$</b>	<b>172.909.700</b>
<b>.18.</b>	<b>JUROS DURANTE A CONSTRUÇÃO</b>	%	<b>12,1</b>		<b>20.998.000</b>
	<b>CUSTO TOTAL</b>			<b>R\$</b>	<b>193.907.700</b>
	<b>POTÊNCIA INSTALADA</b>	<b>kW</b>			<b>30.000</b>
	CUSTO em R\$/kW instalado (sem juros)				5.764
	CUSTO em R\$/kW instalado (com juros)				6.464
	<b>ENERGIA ASSEGURADA</b>	<b>kW</b>			<b>17.638</b>
	CUSTO em R\$/kW geração (sem juros)				9.803

## 10.1 Volumes Envolvidos na Obra

Quadro 128 – Quantitativos da obra PCH Canoas

RESUMO	Und	Total
Terraplenagem	m <sup>3</sup>	
Comum	m <sup>3</sup>	39.000
Jazida	m <sup>3</sup>	117.000
Em rocha a céu aberto	m <sup>3</sup>	52.000
Pedreira	m <sup>3</sup>	71.200
Subterrânea em rocha	m <sup>3</sup>	-
Limpeza	m <sup>2</sup>	7.440
Barragem de Terra e Ensecadeiras		
Solo	m <sup>3</sup>	56.000
Núcleo de argila	m <sup>3</sup>	31.400
Enrocamento	m <sup>3</sup>	39.600
Enrocamento proteção	m <sup>3</sup>	4.000
Transição	m <sup>3</sup>	6.200
Remoção de ensecadeiras	m <sup>3</sup>	28.000
Filtros	m <sup>3</sup>	1.700
Outros		
Aterro	m <sup>3</sup>	21.000
Concreto		
Cimento	t	14.780
Concreto sem cimento	m <sup>3</sup>	62.440
Armadura	t	1.873


## 10.2 Resumo dos Custos


Quadro 129 – Resumo OPE


Conta	Item	Custo (R\$)	Parcela
.10	Terrenos, relocações e outras ações socioambientais	33.968.000	19,64%
.11	Estruturas e outras benfeitorias	10.547.100	6,10%
.12	Barragens e adutoras	60.559.600	35,02%
	- Desvio do rio, barragens e vertedouro	39.466.500	22,82%
	- Tomada d'água e adutoras	14.332.500	8,29%
	- Outras construções especiais	3.875.600	2,24%
	- Eventuais	2.885.000	1,67%
.13	Turbinas e geradores	30.272.000	17,51%
.14	Equipamento elétrico acessório	16.638.000	9,62%
.15	Diversos equipamentos da usina	2.940.000	1,70%
.16	Estradas de rodagem	82.000	0,05%
	Custo direto total	155.006.700	89,65%
.17	Indiretos	17.903.000	10,35%
	<b>Custo total sem JDC</b>	<b>172.909.700</b>	<b>100,00%</b>
.18	Juros durante a construção	20.998.000	12,14%
	<b>Custo total com JDC</b>	<b>193.907.700</b>	<b>112,14%</b>
	Potência Instalada (kW)	30.000	
	<b>Custo por kW (sem juros)</b>	<b>5.763,66</b>	
	Custo por kW (com juros)	6.463,59	
	Energia assegurada (kWméd)	17.630	
	Custo por kWméd (sem juros)	9.807,70	
	Custo por kWméd (com juros)	10.998,74	

## 11 FICHA TÉCNICA DO EMPREENDIMENTO


Quadro 130 – PCH Canoas – Ficha resumo

 <b>FICHA-RESUMO</b>												
NOME DA USINA:		<b>PCH CANOAS</b>							DATA:	31/10/2018		
ETAPA:		<b>PROJETO BÁSICO</b>							POT. (MW):	30,00		
NOME DO(S) INTERESSADO(S):		STATKRAFT ENERGIAS RENOVAVEIS S.A.										
CONTATO (resp. pelo empreendimento / e-mail):		TALVANI NOLASCO FILHO - talvani.nolasco@statkraft.com					TEL.:	(48) 3877-7100		FAX:		
NOME DA(S) EMPRESA(S) PROJETISTA(S):		ESTELAR ENGENHEIROS ASSOCIADOS LTDA										
CONTATO (resp. técnico pelo estudo / e-mail):		NELSON DORNELAS - nelson@estelarengenharia.com.br					TEL.:	(48) 3203-7650		FAX:	(48) 3203-7655	
<b>1. LOCALIZAÇÃO</b>												
RIO:	CANOAS		BACIA:	URUGUAI	SUB-BACIA:	71	DISTÂNCIA DA FOZ:		179	km		
MUNICÍPIO(S):	CURITIBANOS		UF:	SC	MUNICÍPIO(S):	SÃO JOSÉ DO CERRITO		UF:	SC			
(BARRAGEM)	SÃO JOSÉ DO CERRITO		UF:	SC	(C.DE FORÇA)			UF:				
<b>COORDENADAS GEOGRÁFICAS DA BARRAGEM:</b>												
LATITUDE:	27	graus	26	minutos	28	segundos	NORTE (N) OU SUL (S)		S			
LONGITUDE:	50	graus	40	minutos	32	segundos	LESTE (E) OU OESTE (W)		W			
<b>COORDENADAS GEOGRÁFICAS DA CASA DE FORÇA:</b>												
LATITUDE:	27	graus	26	minutos	26	segundos	NORTE (N) OU SUL (S)		S			
LONGITUDE:	50	graus	40	minutos	35	segundos	LESTE (E) OU OESTE (W)		W			
<b>2. CARTOGRAFIA / TOPOGRAFIA</b>												
PROJEÇÃO CARTOGRÁFICA:	UTM - Universal Transverse Mercator			ZONA:	22		DATUM:	SIRGAS2000	MC:	-51		
CARTAS E PLANTAS TOPOGRÁFICAS:				DATA:	2010		ESCALA:		FONTE:	SVN		
FOTOS AÉREAS: (1)				DATA:	2010		ESCALA:	1:20.000	FONTE:	Fototerra		
FOTOS AÉREAS: (2)				DATA:	2010		ESCALA:	1:50.000	FONTE:	SAI		
RESTITUIÇÃO AEROFOTOGRAMÉTRICA:				ESCALA:	1:20.000							
<b>3. HIDROMETEOROLOGIA</b>												
POSTOS FLUVIOMÉTRICOS DE REFERÊNCIA:												
TIPO:	Fluviométrica	CÓD.:	71550000	ENTIDADE:	ANA	NOME:	PASSO CARU	RIO:	CANOAS	AD (em km²):	10109	
TIPO:	Fluviométrica	CÓD.:	71383000	ENTIDADE:	ANA	NOME:	PONTE ALTA DO SUL	RIO:	CANOAS	AD (em km²):	4713	
TIPO:	Fluviométrica	CÓD.:	71350000	ENTIDADE:	ANA	NOME:	ENCRUZILHA DA	RIO:	CANOAS	AD (em km²):	3151	
TIPO:	Fluviométrica	CÓD.:	71350001	ENTIDADE:	ANA	NOME:	ENCRUZILHA DA II	RIO:	CANOAS	AD (em km²):	3139	
TIPO:	Fluviométrica	CÓD.:	71300000	ENTIDADE:	ANA	NOME:	RIO BONITO	RIO:	CANOAS	AD (em km²):	1988	
TIPO:	Fluviométrica	CÓD.:	71200000	ENTIDADE:	ANA	NOME:	VILA CANOAS	RIO:	CANOAS	AD (em km²):	1008	
TIPO:	Fluviométrica	CÓD.:	71498000	ENTIDADE:	ANA	NOME:	PASSO MAROMBAS	RIO:	DAS MAROMBAS	AD (em km²):	3677	
VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m³/s) – PERÍODO:				MAR/42 a FEV/18				TIPO DA SÉRIE (REGULARIZADA ou NATURAL):				NATURAL
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
121,98	145,20	116,90	89,80	109,75	122,49	153,53	158,22	187,64	196,92	136,22	104,15	
PERMANÊNCIA DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m³/s):												
5 %	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	95 %	100 %	
357,60	277,48	197,13	152,45	126,81	105,68	86,68	71,55	55,85	39,51	29,79	7,97	
PRECIP. MÉDIA MENSAL (mm) – PERÍODO:				JUN/57 a MAR/18								
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
166,20	151,50	123,70	94,30	106,80	112,70	122,90	132,00	153,70	164,90	120,90	135,30	
EVAPOR. MÉDIA MENSAL (mm) – PERÍODO:				JAN/61 a ABR/17								
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
70,3	58,1	60,1	49,3	40,8	34,4	39,3	50,6	50,4	55,9	68,1	77,1	
PREC. MÉDIA ANUAL:				1588,6	mm	VAZÃO MLT – PERÍODO:		MAR/42 a FEV/18		136,90	m³/s	
EVAP. MÉDIA ANUAL:				672,36	mm	VAZÃO FIRME : JUN/49 a NOV/56		CRITÉRIO: (Qperm ou P.Critico)		-	m³/s	

		<b>FICHA-RESUMO</b>									
EVAP. MÉDIA MENSAL:	54,78	mm	VAZÃO MÁX. REGISTRADA : AGO/84	JUL/1983	1156,21	m³/s					
ÁREA DE DRENAGEM:	5647,6	km²	VAZÃO MÍN. REGISTRADA : JUN/06	AGO/1951	7,97	m³/s					
<b>4. RESERVATÓRIO</b>											
<b>CARACTERÍSTICAS GERAIS</b>			CRISTA DA BARRAGEM:		786,00	m					
VIDA ÚTIL DO RESERVATÓRIO:	4,80	anos	ALTURA DA BARRAGEM:		23,80	m					
PERÍMETRO:	39,29	km	<b>VOLUMES</b>								
COMPRIMENTO:	10740	m	No NA MÁX. NORMAL:		23,63	x10 <sup>6</sup> m³					
PROFUNDIDADE MÉDIA:	8	m	No NA MÍN. NORMAL:		20,60	x10 <sup>6</sup> m³					
PROFUNDIDADE MÁXIMA:	21,00	m	ÚTIL:		3,03	x10 <sup>6</sup> m³					
TEMPO DE FORMAÇÃO:	0,28	dias	<b>ÁREAS (INCLUÍDO CALHA DO RIO)</b>								
TEMPO DE RESIDÊNCIA:	0,26	dias	NA MÁX. NORMAL:		3,289	km²					
<b>NÍVEIS DE MONTANTE</b>			NA MÁX. MAXIMORUM:		4,812	km²					
NA MÁX. NORMAL:	780,00	m	NA MÍN. NORMAL:		2,771	km²					
NA MÁX. MAXIMORUM:	783,93	m	<b>VIDA ÚTIL</b>								
NA MÍN. NORMAL:	779,00	m	VIDA ÚTIL DO RESERVATÓRIO (VOL. MÁX. OPERATIVO):		211,6	anos					
<b>NÍVEIS DE JUSANTE</b>			VIDA ÚTIL DO RESERVATÓRIO (VOL. ÚTIL):		184,5	anos					
NA NORMAL de JUSANTE:	760,33	m	VAZÃO SÓLIDA AFLUENTE		205.180,6 6	t / ano					
NA MÁX. de JUSANTE:	769,09	m	CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE SEDIMENTOS		26,91	mg / l					
NA MÍN. de JUSANTE:	759,05	m	PRODUÇÃO ESPECÍFICA DE SEDIMENTOS		36,33	t / km².ano					
<b>ÁREAS INUNDADAS POR MUNICÍPIO (em km²) - NO NA MÁX MAXIMORUM</b>											
MUNICÍPIO (S)			UF	SUBTRAÍDA A CALHA DO RIO	NA CALHA DO RIO	TOTAL					
CURITIBANOS			SC	0,985	0,589	1,574					
SÃO JOSÉ DO CERRITO			SC	2,465	0,773	3,238					
±											
PONTOS DAS CURVAS COTA x ÁREA x VOLUME DO RESERVATÓRIO						PONTOS DA CURVA CHAVE DO CANAL DE FUGA					
COTA (m)	ÁREA (km²)	VOL. (hm³)	COTA (m)	ÁREA (km²)	VOL. (hm³)	N.A.JUSANTE (m)	VAZÃO (m³/s)	N.A.JUSANTE	VAZÃO (m³/s)		
762	0,00	0,00	777	215,53	15,63	760,00	1	761,90	573		
763	0,39	0,00	778	251,01	17,96	760,00	5	762,22	680		
764	29,61	0,15	779	277,10	20,60	760,01	10	762,52	800		
765	37,64	0,53	780	328,92	23,63	760,03	20	762,84	930		
766	60,49	1,02	781	358,49	27,07	760,04	30	763,18	1080		
767	72,88	1,69	782	409,52	30,91	760,07	50	764,05	1559		
768	86,96	2,49	783	448,04	35,20	760,12	80	764,55	1877		
769	100,24	3,42	784	482,96	39,85	760,15	101	765,15	2278		
770	114,04	4,50	785	510,16	44,82	760,20	120	765,57	2575		
771	128,14	5,71	786	535,66	50,05	760,28	155	765,96	2871		
772	140,73	7,05	787	559,72	55,53	760,34	185	767,16	3846		
773	151,96	8,51	788	584,54	61,25	760,58	230	768,25	4820		
774	161,59	10,08	789	610,20	67,22	760,92	300	769,09	5640		
775	175,47	11,77	790	636,05	73,45	761,22	380				
776	190,74	13,60				761,58	470				
<b>POLINÔMIOS</b>											
VOLUME x COTA (RESERVATÓRIO)						VAZÃO X N.A.JUSANTE (CANAL DE FUGA)					
COEFICIENTE	A0	A1	A2	A3	A4	COEFICIENTE	A0	A1	A2	A3	A4
VALOR	-5,19E+06	2,53E+04	4,62E+01	3,71E-02	-1,11E-05		VALOR	7,60E+02	4,02E-03	-1,12E-06	1,97E-10
COTA X ÁREA (RESERVATÓRIO)											
COEFICIENTE	A0	A1	A2	A3	A4	VALOR					
VALOR	-1,75E+07	9,00E+04	1,74E+02	1,50E-01	-4,83E-05						
<b>5. TURBINAS</b>											
TIPO:	KAPLAN S JUSANTE		VAZÃO NOMINAL UNITÁRIA:		60	m³/s					
NÚMERO DE UNIDADES:	3		VAZÃO MÁXIMA TURBINADA:		180,01	m³/s					
POTÊNCIA UNITÁRIA NOMINAL:	10333		VAZÃO MÍNIMA TURBINADA:		18	m³/s					
ROTAÇÃO SÍNCRONA:	200		RENDIMENTO MÉDIO:		93,07	%					
QUEDA DE REFERÊNCIA:	18,86		PESO TOTAL POR UNIDADE:		65,59	kN					

		<b>FICHA-RESUMO</b>								
<b>6. GERADORES</b>										
NÚMERO DE UNIDADES:	3	-	FATOR DE POTÊNCIA:	0,90	-					
POTÊNCIA UNITÁRIA NOMINAL:	11111	kVA	RENDIMENTO MÉDIO:	96,78	%					
TENSÃO NOMINAL:	13,8	kV	PESO DO ROTOR:	107,66	kN					
<b>7. INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO DE INTERESSE RESTRITO À CENTRAL GERADORA (INDICATIVA)</b>										
<b>SUBESTAÇÃO ELEVATÓRIA - DADOS DO TRANSFORMADOR</b>			TIPO (S.E. ou SECÇÃO L.T.):	S.E.						
NÚMERO DE UNIDADES:	1	-	MUNICÍPIO:	CURITIBANOS						
POTÊNCIA UNITÁRIA NOMINAL:	28/35	kVA	UF:	SC						
TENSÃO ENR. PRIM.:	13,8	kV	NOME:	SE PCH PERY II						
TENSÃO ENR. SEC.:	138	kV	CONCESSIONÁRIA:	CELESC DISTRIBUIÇÃO S.A.						
<b>LINHA DE TRANSMISSÃO</b>			<b>SUBESTAÇÃO TRANSFORMADORA (QUANDO APLICÁVEL)</b>							
MUNICÍPIO (S):	CURITIBANOS		NÚMERO DE UNIDADES:	0	-					
UF (S):	SC		POTÊNCIA UNITÁRIA NOMINAL:		kVA					
EXTENSÃO:	5	km	TENSÃO ENR. PRIM.:		kV					
TENSÃO:	138	kV	TENSÃO ENR. SEC.:		kV					
CIRCUITO (Simples ou Duplo):	SIMPLES		<b>SECÇÃO DE L.T. (QUANDO APLICÁVEL)</b>							
<b>PONTO DE CONEXÃO:</b>			TENSÃO:	138	kV					
A CONSTRUIR ? (sim ou não):	SIM		CIRCUITO (Simples ou Duplo):	SIMPLES						
<b>8. ESTUDOS ENERGÉTICOS</b>										
QUEDA BRUTA:	19,67	m	VAZÃO DE USOS CONSUNTIVOS:	1,46	m³/s					
PERDA HIDRÁULICA:	0,497	m	ENERGIA MÉDIA:	18,565	MW médios					
FATOR DE INDISP. FORÇADA:	1,28	%	ENERGIA ASSEGURADA:	17,642	MW médios					
FATOR DE INDISP. PROGRAMADA:	2,19	%	PRODUTIBILIDADE MÉDIA (NA com 65 % V.U. armazenado)	0,125	MW / m³/s					
RENDIMENTO DO CONJ. TURBINA/GERADOR:	90,08	%	PRODUTIBILIDADE MÁXIMA (NA máximo normal)	0,128	MW / m³/s					
VAZÃO REMANESCENTE:	CRITÉRIO: Q <sub>7,10</sub>	17,28	m³/s	PRODUTIBILIDADE MÍNIMA (NA mínimo normal)	0,119	MW / m³/s				
<b>9. CUSTOS</b>										
OBRAS CIVIS:	61.373	X 10³ R\$	SISTEMA DE TRANSMISSÃO ASSOCIADO:	13.251	X 10³ R\$					
EQUIPAMENTOS ELETROMECÂNICOS:	46.415	X 10³ R\$	CUSTO TOTAL C/ SIST. DE TRANS. ASSOCIADO:	193.908	X 10³ R\$					
MEIO AMBIENTE:	5.902	X 10³ R\$	JUROS ANUAIS:	12,00	%					
OUTROS CUSTOS:	28.066	X 10³ R\$	PERÍODO DE UTILIZAÇÃO DA USINA:	30,00	anos					
CUSTO DIRETO TOTAL:	141.756	X 10³ R\$	O & M:	25,00	R\$/MWh					
CUSTOS INDIRETOS:	17.903	X 10³ R\$	CUSTO DA ENERGIA GERADA:	154,14	R\$/MWh					
CUSTO TOTAL S/ JDC:	159.659	X 10³ R\$	DATA DE REFERÊNCIA:	out/18						
CUSTO TOTAL C/ JDC:	(JDC = 12,14 %)	180.657	X 10³ R\$	TAXA DE CÂMBIO:	R\$/US\$					
<b>CRONOGRAMA DE DESEMBOLSO (% DO CUSTO TOTAL S/ JDC)</b>										
	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5	ANO 6	ANO 7	ANO 8	ANO 9	ANO 10
USINA (%)	50	50								
SIST. DE TRANS. ASSOC. (%)		100								
<b>10. IMPACTOS SÓCIO-AMBIENTAIS</b>										
<b>POPULAÇÃO ATINGIDA (N° HABITANTES):</b>			<b>FAMÍLIAS ATINGIDAS:</b>							
URBANA:	-		URBANA:	-						
RURAL:	-		RURAL:	-						
TOTAL:	-		TOTAL:	-						
RELOCAÇÃO DE ESTRADAS ? (sim ou não)			SIM	EXTENSÃO :	3,4	km				
RELOCAÇÃO DE PONTES ? (sim ou não)			NÃO	EXTENSÃO :	0	km				
<b>EMPREGOS GERADOS DURANTE A CONSTRUÇÃO:</b>										
DIRETOS:	~ 180		INDIRETOS:	-						
<b>11. CRONOGRAMA - PRINCIPAIS FASES</b>										
INÍCIO DAS OBRAS ATÉ O DESVIO DO RIO:	3	meses	PRAZO TOTAL DA OBRA (GERAÇÃO DA ÚLTIMA UNIDADE)	24	meses					
DESVIO DO RIO ATÉ O FECHAMENTO:	12	meses								
FECHAMENTO ATÉ GERAÇÃO DA 1ª UNIDADE:	11	meses	MARCO - MONTAGEM ELETROMECÂNICA (1ª UNIDADE):	17	meses					
PRAZO DE GERAÇÃO ENTRE UNIDADES:	1	meses	MARCO - OPERAÇÃO PRIMEIRA UNIDADE:	22	meses					
<b>12. ASPECTOS CRÍTICOS DO EMPREENDIMENTO</b>										
NÚCLEOS URBANOS ATINGIDOS ? (sim ou não)	NÃO									
ÁREAS INDUSTRIAIS ATINGIDAS ? (sim ou não)	NÃO									



		<b>FICHA-RESUMO</b>			
ÁREAS INDÍGENAS ? (sim ou não)		NÃO			
ÁREAS DE QUILOMBOLAS ? (sim ou não)		NÃO			
UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA ? (sim ou não)		NÃO			
ÁREAS DE PESQUISA OU EXPLORAÇÃO MINERAL ? (sim ou não)		NÃO			
SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS ? (sim ou não)		NÃO			
CAVERNAS ? (sim ou não)		NÃO			
DISPONIBILIDADE HÍDRICA ? (sim ou não)		NÃO			
OUTROS ? (sim ou não)		NÃO			
<b>13. DESCRIÇÃO SOBRE OS OUTROS USOS DA ÁGUA</b>					
NAVEGAÇÃO (sim ou não)		NÃO		(especificar, quando for o caso)	
ABASTECIMENTO PÚBLICO (sim ou não)		NÃO		(especificar, quando for o caso)	
TURISMO LOCAL (sim ou não)		NÃO		(especificar, quando for o caso)	
LAZER (sim ou não)		NÃO		(especificar, quando for o caso)	
OUTROS (sim ou não)		NÃO		(especificar, quando for o caso)	
<b>DADOS DE ARRANJO</b>					
<b>14.1 DESVIO</b>					
TIPO:		ESTREITAMENTO DO RIO		ESCAVAÇÃO COMUM:	25.437 m <sup>3</sup>
VAZÃO DE DESVIO:	(TR = 50 ANOS SECO)	2522	m <sup>3</sup> /s	ESCAVAÇÃO EM ROCHA A CÉU ABERTO:	m <sup>3</sup>
NÚMERO DE UNIDADES:			-	ESCAVAÇÃO EM ROCHA SUBTERRÂNEA:	m <sup>3</sup>
SEÇÃO:			m <sup>2</sup>	CONCRETO (CONVENCIONAL):	m <sup>3</sup>
COMPRIMENTO:		-	m	ENSECADEIRA:	35.775 m <sup>3</sup>
<b>14.2 DESVIO</b>					
TIPO:		VERTEDOURO COMPORTA		ESCAVAÇÃO COMUM:	m <sup>3</sup>
VAZÃO DE DESVIO:	(TR = 10 ANOS SECO)	737,4	m <sup>3</sup> /s	ESCAVAÇÃO EM ROCHA A CÉU ABERTO:	m <sup>3</sup>
NÚMERO DE UNIDADES:		2 COMP.	-	ESCAVAÇÃO EM ROCHA SUBTERRÂNEA:	m <sup>3</sup>
SEÇÃO:		296	m <sup>2</sup>	CONCRETO (CONVENCIONAL):	m <sup>3</sup>
COMPRIMENTO:		-	m	ENSECADEIRA:	73.000 m <sup>3</sup>
<b>15. BARRAGEM</b>					
TIPO DE ESTRUTURA / MATERIAL:		CONCRETO e ENROCAM. C/ NÚCLEO DE ARG.		CONCRETO CONVENCIONAL:	620 m <sup>3</sup>
COMPRIMENTO TOTAL DA CRISTA:		285,9	m	CONCRETO COMPACTADO A ROLO - CCR:	3820 m <sup>3</sup>
ENROCAMENTO:		29.600	m <sup>3</sup>	ESCAVAÇÃO COMUM:	0 m <sup>3</sup>
ATERRO COMPACTADO:		31.400	m <sup>3</sup>	ESCAVAÇÃO EM ROCHA:	0 m <sup>3</sup>
FILTROS E TRANSIÇÕES:		4.900	m <sup>3</sup>	VOLUME TOTAL:	m <sup>3</sup>
<b>16. DIQUES</b>					
TIPO DE ESTRUTURA / MATERIAL:		-		ATERRO COMPACTADO:	0 m <sup>3</sup>
COMPRIMENTO TOTAL DA(S) CRISTA(S):		0	m	FILTROS E TRANSIÇÕES:	0 m <sup>3</sup>
ALTURA MÁXIMA:		0	m	CONCRETO CONVENCIONAL:	0 m <sup>3</sup>
COTA DA CRISTA:		0	m	CONCRETO COMPACTADO A ROLO - CCR:	0 m <sup>3</sup>
ENROCAMENTO:		0	m <sup>3</sup>	VOLUME TOTAL:	0 m <sup>3</sup>
<b>17. VERTEDOURO</b>					
TIPO:		SOLEIRA LIVRE / COMPORTA		CONCRETO (CONVENCIONAL):	15.460 m <sup>3</sup>
VAZÃO DE PROJETO:	(TR = 10.000 ANOS)	2460 / 3180	m <sup>3</sup> /s	CONCRETO (CCR)	17.970 m <sup>3</sup>
COTA DA SOLEIRA:		780 / 763	m	<b>COMPORTAS:</b>	
COMPRIMENTO TOTAL:		140 / 16	m	TIPO:	Segmento
NÚMERO DE VÃOS:		- / 2	-	ACIONAMENTO:	Automático
LARGURA DO VÃO:		- / 2	m	LARGURA:	8 m
ESCAVAÇÃO COMUM:		0	m <sup>3</sup>	ALTURA:	18,5 m
ESCAVAÇÃO EM ROCHA A CÉU ABERTO:		6.500	m <sup>3</sup>	<b>ESTRUTURA DE DISSIPACÃO DE ENERGIA:</b>	
ESCAVAÇÃO EM ROCHA A SUBTERRÂNEA:		0	m <sup>3</sup>	TIPO:	Degraus
<b>18. CIRCUITO HIDRÁULICO DE GERAÇÃO</b>					
<b>CANAL/TÚNEL DE ADUÇÃO:</b>				CONCRETO:	m <sup>3</sup>
COMPRIMENTO:		0	m	<b>COMPORTAS</b>	
LARGURA / SEÇÃO:			m	TIPO:	
ESCAVAÇÃO COMUM:			m <sup>3</sup>	ACIONAMENTO:	
ESCAVAÇÃO EM ROCHA A CÉU ABERTO:			m <sup>3</sup>	LARGURA:	m
ESCAVAÇÃO EM ROCHA SUBTERRÂNEA:			m <sup>3</sup>	ALTURA:	m
CONCRETO:			m <sup>3</sup>	<b>CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO</b>	
<b>CÂMARA DE CARGA:</b>				DIÂMETRO INTERNO:	m

			<b>FICHA-RESUMO</b>		
ÁREA SUPERFICIAL:		m <sup>2</sup>	ALTURA:		m
SOBREVELEVAÇÃO MÁXIMA:		m	<b>CONDUTO/TÚNEL FORÇADO</b>		
DEPLEÇÃO MÁXIMA:		m	NÚMERO DE UNIDADES:	3	-
<b>TOMADA D'ÁGUA:</b>			DIÂMETRO INTERNO:	4,20	m
TIPO:	GRAVIDADE ALIVIADA		COMPRIMENTO MÉDIO:	19,7	m
COMPRIMENTO TOTAL:	16,4	m	ESCAVAÇÃO EM ROCHA A CÉU ABERTO:		m <sup>3</sup>
NÚMERO DE VÃOS:	3	-	ESCAVAÇÃO EM ROCHA SUBTERRÂNEA:		m <sup>3</sup>
ESCAVAÇÃO COMUM:	0	m <sup>3</sup>	CONCRETO:	2.550	m <sup>3</sup>
ESCAVAÇÃO EM ROCHA A CÉU ABERTO:	3.800	m <sup>3</sup>	TRECHO BLINDADO:	78	t
ESCAVAÇÃO EM ROCHA SUBTERRÂNEA:	0	m <sup>3</sup>			
<b>19. CASA DE FORÇA</b>					
TIPO:	ABRIGADA		ESCAVAÇÃO COMUM:	3.000	m <sup>3</sup>
NÚMERO DE UNIDADES:	3	-	ESCAVAÇÃO EM ROCHA A CÉU ABERTO:	13.300	m <sup>3</sup>
LARGURA DOS BLOCOS:	28,45	m	ESCAVAÇÃO EM ROCHA A SUBTERRÂNEA:	0	m <sup>3</sup>
ALTURA DOS BLOCOS:	24,10	m	CONCRETO:	6.850	m <sup>3</sup>
COMPRIMENTO DOS BLOCOS:	32,20	m			
<b>20. OBRAS ESPECIAIS</b>					
TIPO:			ESCAVAÇÃO EM ROCHA A SUBTERRÂNEA:		m <sup>3</sup>
ESCAVAÇÃO COMUM:		m <sup>3</sup>	CONCRETO CONVENCIONAL:		m <sup>3</sup>
ESCAVAÇÃO EM ROCHA A CÉU ABERTO:		m <sup>3</sup>	CONCRETO COMPACTADO A ROLO - CCR:		m <sup>3</sup>
<b>21 . VOLUMES TOTAIS</b>					
ESCAVAÇÃO COMUM:	156.000	m <sup>3</sup>	ENROCAMENTO:	51.500	m <sup>3</sup>
ESCAVAÇÃO EM ROCHA A CÉU ABERTO:	123.200	m <sup>3</sup>	ATERRO COMPACTADO:	21.000	m <sup>3</sup>
ESCAVAÇÃO EM ROCHA A SUBTERRÂNEA:	0	m <sup>3</sup>	CONCRETO CONVENCIONAL:	38.290	m <sup>3</sup>
SOLO:	87.400	m <sup>3</sup>	CONCRETO COMPACTADO A ROLO - CCR:	21.790	m <sup>3</sup>

## 12 EQUIPE TÉCNICA

Quadro 131 – Equipe Técnica

Nome	Formação	Função
Nelson Dornelas	Engenharia Civil	Coordenação Geral e Gerência do Projeto
Rodolfo Dornelas	Engenharia Civil	Arranjos, Hidráulica e Orçamentos
Aires Watzko	Engenharia Civil	Administração
Miguel Kawasaki	Engenharia Civil	Hidráulica
Paulo Roberto Senem	Engenharia Civil	Estruturas
Rodrigo Kern	Engenharia Ambiental	Hidrologia
Mauren Marques Domit	Geologia	Geóloga
Erik Wunder	Geologia	Geólogo
Christian Kist	Engenharia Mecânica	Mecânico
Edemilson Luiz Rangel	Engenharia Elétrica	Elétrica
Eduardo Watzko	Engenharia Elétrica	Elétrica
José da Silva Neto	Engenharia Elétrica	Elétrica
Ronaldo Hummelgen	Engenharia Civil	Assuntos Institucionais
Edegar de Amorim	Projetista	Desenho
Paulo Funagoshi	Projetista	Desenho
Rodrigo Luis Batista	Projetista	Desenho
Lucas Gilmar Bairrão	Técnico	Desenho
Camila Lopes Bello	Estagiária Eng. Civil	Orçamentos
Regina M. de M. Oliveira	Nível Médio	Secretaria

### 13 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA. F. F. M. **Tectônica da Bacia do Paraná no Brasil**. São Paulo. 1980. 187p. (Relatório da PAULIPETRO n. 14091).
- ANEEL. **Guia de Avaliação de Assoreamento de Reservatórios**. Brasília. 2000.
- CBDB. 1982 – **Main Brazilian Dams – Volume I**.
- CBDB. 2000 – **Main Brazilian Dams – Volume II**.
- CBDB. 2002 – **Large Brazilian Spillways**.
- CNEC Engenharia. 2002 – **AHE Foz do Chapecó – Projeto Básico**
- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM. 2002 – **Mapa Geológico Folha Chapecó SG.22-Y-C. escala 1:250.000**. Florianópolis
- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM. 2003 – **Geologia. Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**. Brasília.
- Conhecendo Santa Catarina. Atlas de Santa Catarina. Secretaria de Estado e do Planejamento. 2008
- CPRM. 1997. **Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil: Folha SH.22-Y-B. estado do Rio Grande do Sul**. Brasília. CPRM. 164 p.. 3 mapas.
- CPRM. 2003. **Geologia. Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**. Litoestratigrafia e litogeoquímica das rochas vulcânicas ácidas associadas ao vulcanismo Serra Geral. III Simpósio de Vulcanismo e Ambientes Associados. Cabo Frio. Agosto de 2005.
- CRUZ. 1996 – **100 Barragens Brasileiras**.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/>> Acesso em junho de 2017.
- ELETROBRÁS. 2003 – **Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas**
- ELETROBRÁS/ DNAEE. 1997 – **Instruções para Estudos de Viabilidade para Usinas Hidrelétricas**
- ERBISTI. 2002 – **Comportas Hidráulicas – 2ª Edição**.
- HIDRO-WEB. ANA (Agência Nacional de Águas). **Sistema de Informações Hidrológicas**. Consulta na Internet em: mar/2017. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/>
- Instituto de Geografia e Estatística – IBGE. 2003 – **Mapa Geológico Folha Chapecó SG.22-Y-C. escala 1:250.000**
- KERN. R. **Método de Regionalização para Avaliar a Energia Garantida Incremental de Pequenas Centrais Hidrelétricas a Fio de Água Integradas na Região Sul do Brasil**. Curitiba: UFPR. 2010. Dissertação de Mestrado – UFPR.
- LEINZ. V. 1949 – **Contribuição à geologia dos derrames basálticos do Sul do Brasil**. FFCL/USP. *Boletim Geologia*. v. 5. p.61.
- MAACK. K. 1947 – **Breves notícias sobre a geologia do Estado de São Paulo. Paraná e Santa Catarina**. Curitiba. Arq. Biol. Téc.. 2:63-154.

- MARZA. V. I. et al. 1999- **Aspectos da sismicidade induzida por reservatórios no Brasil** - XXIII Seminário Nacional de Grandes Barragens. Belo Horizonte.
- MINE. M. R. M. **Geração de Vazões Médias Diárias pelo SOSN**. Revista Brasileira de Engenharia. vol. 8. n. 1. p. 51-64. 1990.
- ONS. 2016 – **Módulo 26 Procedimentos de Rede**.
- PAIVA FILHO. A.. 2000 - **Estratigrafia e tectônica do nível de riodacitos pórfiros da Formação Serra Geral – o Membro Goio-En**. Tese de Doutorado. 185p. mapas e seções. Inédito.
- PINTO. N. L. S. **Hidrologia Básica**. Editora Edgard Blücher. 1ª edição. 1976.
- PORTO. R. M. **Hidráulica Básica**. Universidade de São Paulo. 2ª Edição. 2001.
- Projeto Oeste de Santa Catarina – PROESC – 2002 - **Diagnóstico dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Oeste do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis.
- Relatório de Atividades 2007-2013 UHE Machadinho. Disponível em: <http://www.tractebelenergia.com.br/wps/portal/internet/parque-gerador/usinas-hidreletricas/uhe-machadinho>>. Acesso em: 23 de junho de 2014
- TOMASQUIM. M. T. 2015. **Novo modelo do setor elétrico brasileiro**. 2ª Edição. Rio de Janeiro. Editora Synergia.
- TUCCI. C. E. M. **Hidrologia – Ciência e aplicação**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul UFRGS e Edusp – Editora da Universidade de São Paulo. 2ª edição. 1997.
- ZAMBONI. E.F. **Relatório final – UHE Machadinho**. LAPAD. 2002. 88 p.

## **14 ANEXOS**

ANEXO 01 – DOCS.INSTITUCIONAIS

ANEXO 02 – LEV. TOPOGRÁFICOS

ANEXO 03 – LEV. CARTOGRÁFICOS

ANEXO 04 – LEV. GEOLÓGICOS

ANEXO 05 – LEV. HIDROMÉTRICOS

ANEXO 06 – ESTUDOS DE CONEXÃO

ANEXO 07 – OPE

ANEXO 08 – ANOTAÇÕES DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA



## 15 DADOS TÉCNICOS

PCH	PCH Canoas
Rio	Canoas
Sigla	SCA
Área de drenagem Barramento	5.647,6 km <sup>2</sup>
Área de drenagem Casa de Força	5.647,6 km <sup>2</sup>
Código do desenho	SCA
NAM máximo maximorum	783,93 m
NAM máximo normal	780,00 m
NAJ máximo	769,09 m
NAJ normal	760,33 m
NAJ mínimo	759,05 m
Queda Artificial	3,8 m
Queda bruta	19,67 m
Perda de carga máxima	0,497 m
Percentual de perda de carga	2,53%
Queda líquida	19,18 m
Queda de referência	18,86 m
Queda máxima operativa	21,32 m
Queda mínima operativa	16,66 m
Potência instalada	30,0 MW
Potência instalada unitária	10,0 MW
Número de Unidades	3 (três)
Rotação	200 rpm
Vazão de projeto	177,03 m <sup>3</sup> /s
Vazão de projeto unitária	59,01 m <sup>3</sup> /s
Vazão máxima turbinada	180,01 m <sup>3</sup> /s
Vazão máxima turbinada unitária	60,00 m <sup>3</sup> /s
Vazão mínima turbinada unitária	18,00 m <sup>3</sup> /s
Vazão média de longo termo	136,90 m <sup>3</sup> /s
Vazão 2 anos anual	628 m <sup>3</sup> /s
Vazão 2 anos seco	471 m <sup>3</sup> /s

Vazão 25 anos anual	2.114 m <sup>3</sup> /s
Vazão sanitária	0 m <sup>3</sup> /s
Vazão centenária	2.930 m <sup>3</sup> /s
Vazão milenar	4.285 m <sup>3</sup> /s
Vazão decamilenar	5.640 m <sup>3</sup> /s
Altura do vertedouro	18 m
Comprimento do vertedouro	140 m
Número de blocos do vertedouro	6 m
Elevação da soleira vertente	780,00 m
Altura média da soleira vertente	18,0 m
Carga de projeto soleira vertente	3,01 m
Carga máxima soleira vertente - decamilenar	3,93 m
Elevação da soleira vertente de comportas	763,00 m
Altura da comporta segmento	18,5 m
Largura da comporta segmento	8,0 m
Carga de projeto vertedouro comportas	16,11 m
Carga máxima vertedouro comportas - decamilenar	20,93 m
Elevação de coroamento da barragem	786,00 m
Comprimento do Túnel	0 m
Arco Retângulo da Seção do Túnel	0 m
Área do Reservatório	328,92 ha
Área Inundada	205,57 ha
Volume do Reservatório	23,6 hm <sup>3</sup>
Comprimento do Reservatório	10.74 km
Perdas elétricas até o ponto de conexão	1,371%
Consumo interno médio	38,0kW
Energia média	18,56 MW
Energia assegurada	17,64 MW
Garantia física	17,45 MW
Fator de capacidade (energia média)	0,619
Fator de capacidade (energia assegurada)	0,588
Fator de capacidade (garantia física)	0,582

---

El. eixo da máquina 755,00 m

### DADOS FINANCEIROS

Taxa de juros ao ano	12,0%
Juros durante a construção final	12,14%
Período da construção final	24 meses
Fator de recuperação do capital	0,1229
Vida útil do empreendimento	30 anos
Custo de operação e manutenção	R\$ 25,00/MWh
Custo de investimento total com SE/LT sem JDC	R\$ 172.909.700,00
Custo de investimento total com SE/LT com JDC	R\$ 193.907.700,00
Índice de implantação com SE/LT sem JDC	R\$ 5.764/kW
CUR	R\$ 226,23/MWh
ICB	R\$ 154,14/MWh
TIR	R\$ 12,1%