

PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA - PAE

PCH RASTRO DE AUTO



RDA-BA-PAE-001-01-21 NOVEMBRO/2021

 Presidente Presidente:
 Erineo José Hennemann
 Certel Rastro de Auto Geração de
 Energia S/A

 Responsável Técnico Seg.
 Barragem: Rodrigo da Cas - Certel
 Eng. Civil - CREA/RS: 212636

Responsável elaboração PAE:
 Henrique Y. Vieira– Prosenge Eng.
 Eng. Civil - CREA PR 61.964/D

01	08/12/2021	Revisado conf. com comentários 03/12/21	PBE	Prosenge Projetos e Engenharia
00	08/11/2021	Emissão inicial	PBE	Prosenge Projetos e Engenharia
Revisão	Data	Objeto da revisão	Redação	Empresa

1	INTRODUÇÃO	7
2	HISTÓRICO.....	8
2.1	Objetivo	8
2.2	Organização do Relatório	8
3	INFORMAÇÕES GERAIS DA BARRAGEM.....	10
3.1.1	Localização e acessos.....	14
3.1.2	Reservatório	16
3.1.3	Usinas de jusante	17
3.1.4	Barragem.....	19
3.1.5	Vertedouro.....	19
3.2	Circuito Hidráulico de Adução.....	20
3.2.1	Tomada de Água	20
3.2.2	Túnel de Adução.....	20
3.2.3	Chaminé de Equilíbrio.....	20
3.2.4	Conduto Forçado	21
3.2.5	Casa de Força e Canal de Fuga	21
3.3	Instrumentação Existente.....	21
3.4	Níveis Operacionais e Ficha Técnica.....	21
4	DETECÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA	
	31	
4.1	Avaliação do Risco	31
4.1.1	Risco Hidrológico.....	31
4.1.2	Risco de Colapso Estrutural.....	32
4.2	Identificação das Emergências Potenciais	33
4.2.1	Classificação das Situações	33
5	ESTUDO DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM	35
5.1	Metodologia	35
5.1.1	Geografia da Região e Geometria do Rio	35
5.1.2	Tipo e Geometria da Barragem.....	36
5.1.3	Potenciais Causas de Rompimento de Barragem	36

5.1.4	Galgamento	36
5.1.5	Infiltração (Piping).....	37
5.1.6	Falhas nas fundações e estruturais	37
5.1.7	Ações de guerra	38
5.1.8	Casos Estatísticos	38
5.1.9	Formação da Brecha	38
5.1.10	Tamanho da Brecha.....	39
5.1.11	Tempo de Rompimento.....	40
5.1.12	Trecho do Cálculo.....	41
5.1.13	Modelagem Matemática.....	42
5.1.14	Identificação das áreas atingidas	43
5.1.15	Apresentação dos valores de altura ao longo do tempo.....	43
5.1.16	Zoneamento de Risco	44
5.2	Dados de entrada utilizados.....	47
5.2.1	Trecho da análise	47
5.2.2	Geografia da região e geometria do rio.....	47
5.2.3	Geometria da barragem.....	49
5.2.4	Hidrograma de Cheias	50
5.2.5	Capacidade de descarga do vertedouro	52
5.2.6	Calibração do modelo matemático.....	52
5.3	Causa considerada para o rompimento	58
5.3.1	Dados utilizados para formação da brecha	58
5.4	Simulações Realizadas.....	60
5.4.1	Resultados Básicos Simulação 1	61
5.4.2	Resultados Básicos Simulação 2	61
5.5	Altura Máxima da Onda	62
5.6	Limite Físico a Jusante da PCH Rastro de Auto	81
5.7	Relação Nível de água x Tempo das Seções de Interesse	81
5.7.1	SL-159 – Casa de Força PCH Rastro de Auto	81
5.7.2	SL-140 – Barragem Salto Forqueta	82

5.7.3	SL-128 – Limite da ZAS.....	83
5.7.4	SL-124 – Casa de Força Salto Forqueta.....	83
5.7.5	SL-113 – Ponte Jusante	84
5.7.6	SL-1 – Limite Zona Segurança Secundária.....	85
5.8	Resumo Geral das Seções de Interesse.....	85
6	AGÊNCIAS E ENTIDADES ENVOLVIDAS	89
6.1	Agentes Internos.....	89
6.2	Agentes Externos	89
6.3	Identificação e contatos do Empreendedor, do Coordenador do PAE e das entidades constantes do Fluxograma de Notificação	90
7	CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA E RISCO DE RUPTURA.....	92
7.1	Condição Hidrológica.....	92
7.2	Condição Estrutural	92
7.2.1	Monitoramento das Estruturas	92
7.2.2	Revisão Periódica de Segurança.....	94
7.2.3	Tramitação das Informações.....	94
8	RESPONSABILIDADES DE TODOS OS AGENTES ENVOLVIDOS	100
8.1	Agente Interno – CERTEL RASTRO DE AUTO GERAÇÃO DE ENERGIA S/A.	100
8.2	Agentes Externos	101
8.3	Atribuições Conjuntas entre a Usina e Agentes Externos	103
9	PROGRAMA DE AÇÕES PREVENTIVAS, TÃO LOGO IDENTIFICADAS SITUAÇÕES EMERGÊNCIAIS.....	104
9.1.1	Situação Normal (VERDE).....	104
9.1.2	Situação Atenção (AMARELO)	105
9.1.3	Situação de Alerta (LARANJA)	105
9.1.4	Situação de Emergência 1 (VERMELHO CLARO).....	106
9.1.5	Situação de Emergência 2 (VERMELHO ESCURO).....	106
10	ACESSOS, MAPAS DE ÁREAS SUJEITAS A INUNDAÇÕES POTENCIAIS	108
10.1	Zona de Autossalvamento – ZAS.....	108
10.2	Zona de Segurança Secundária – ZSS.....	109
10.3	Propriedades Atingidas.....	109

10.4	Risco Hidrodinâmico	110
11	FLUXO DE INFORMAÇÃO E ACIONAMENTO	112
11.1	Meios de Comunicação	112
11.2	Acionamento em Caso de Emergências	112
12	FORMULÁRIOS DE DECLARAÇÃO DE INÍCIO DA EMERGÊNCIA, DE DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DA EMERGÊNCIA E DE MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO	115
13	RELAÇÃO DAS ENTIDADES PÚBLICAS E PRIVADAS QUE RECEBERAM CÓPIA DO PAE COM OS RESPECTIVOS PROTOCOLOS DE RECEBIMENTO	115
14	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	116
15	EQUIPE TÉCNICA	117
16	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	118
17	ANEXOS	121

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Estruturas do Barramento da PCH RASTRO DE AUTO.....	11
Figura 2 – Jusante da PCH RASTRO DE AUTO	12
Figura 3 – Mapa de acessos ao local da PCH RASTRO DE AUTO	14
Figura 4 – Localização e acesso da Usina.....	15
Figura 5 - Mapa de da área resguardada	16
Figura 6 - Cota x Volume – Reservatório PCH Rastro de Auto	17
Figura 7 – Curva de Descarga – Vertedouro	19
Figura 8 – Vertedouro da PCH Rastro de Auto.....	20
Figura 9 – Arranjo geral da PCH RASTRO DE AUTO.....	23
Figura 10 – Barramento - Planta e Corte Longitudinal	24
Figura 11 – Vertedouro - Seção	25
Figura 12 – Circuito de Geração – Perfil Longitudinal	26
Figura 13 – Tomada de água - Seção	27
Figura 14 – Chaminé de equilíbrio – Seção Jusante e Montante	28
Figura 15 – Casa de Força – Planta.....	29
Figura 16 – Casa de Força – Seção Longitudinal	30
Figura 17 – Vista Geral do Barramento	32
Figura 18 – Formação de brecha por galgamento	36
Figura 19 – Formação da brecha por infiltração.....	37
Figura 20 – Brechas resultantes de falhas nas fundações	38
Figura 21 – Tamanhos e tempo para formação da brecha.....	39
Figura 22 – Tempo de formação da brecha.....	40
Figura 23 – Abrangência do modelo computacional (Google Earth).....	53
Figura 24 – Geometria do rio - Seções lançadas no Hec-Ras.....	54
Figura 25 – Perfil do rio calibrado – Vazão média.....	57
Figura 26 - Dados do Barramento Rastro de Auto com Brecha rompimento – HEC-RAS.....	59
Figura 27 – Dados do Barramento Salto Forqueta com Brecha rompimento – Hec-Ras.....	60
Figura 28 – Casa de Força da PCH Rastro de Auto	82
Figura 29 – Localização Barragem Salto Forqueta – SL-140	82
Figura 30 – Localização Limite da ZAS – SL-128	83
Figura 31 – Localização Casa de Força Salto Forqueta – SL-124.....	84
Figura 32 – Localização Ponte Jusante – SL-113.....	84
Figura 33 – Localização Zona Segurança Secundária – SL-1.....	85
Figura 34 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura.....	95

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Aproveitamentos Hidrelétricos no rio Forqueta previstos, próximos a PCH Rastro de Auto....	18
Tabela 2 – Risco de Ocorrência do evento de Projeto com Tempo de Retorno TR (%).....	31
Tabela 3 - Legenda para Risco Hidrodinâmico	46
Tabela 4 – Fontes da geometria da Barragem (Anexo I - Dados) – Projetista Electra Power (Como Construído).....	49
Tabela 5 – Vazões de Cheias na PCH Rastro de Auto – (1957-2014)	50
Tabela 6 – Coeficientes de Desagregação e Valores do Hidrograma para TR 10, 100 e 1.000 anos.....	51
Tabela 7 – Parâmetros de rugosidade de Manning.....	53
Tabela 8 – Hidrogramas para PCH Rastro de Auto	61
Tabela 9 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Rastro de Auto sem rompimento da Barragem.....	61
Tabela 10 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Rastro de Auto com rompimento da Barragem....	61
Tabela 11 – Níveis Estruturas – Natural e com rompimento Barragem Rastro de Auto	62
Tabela 12 – Resultados Obtidos- Natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Rastro de Auto para TR 10 e TR 100 anos.....	63
Tabela 13 – Resultados Obtidos- Natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Rastro de Auto para TR 1.000 anos	72
Tabela 14 – Localização das Seções de Interesse	81
Tabela 15 – Detalhe das simulações – SL-159 – Casa de Força PCH Rastro de Auto.....	82
Tabela 16 – Detalhe das simulações – Barragem Salto Forqueta – SL-140	83
Tabela 17 – Detalhe das simulações – Limite da ZAS – SL-128	83
Tabela 18 – Detalhe das simulações – Casa de Força Salto Forqueta – SL-124	84
Tabela 19 – Detalhe das simulações – Ponte Jusante – SL-113.....	85
Tabela 20 – Detalhe das simulações – Localização Zona Segurança Secundária – SL-1	85
Tabela 21 – Tempo de chegada da onda e níveis de água em cada seção para TR 10 e TR 100 anos ..	87
Tabela 22 – Tempo de chegada da onda e níveis de água em cada seção para TR 1.000 anos.....	88
Tabela 23 – Níveis de Segurança e risco Ruptura	96
Tabela 24 – Ações de resposta (Normal)	104
Tabela 25 – Ações de resposta (Atenção).....	105
Tabela 26 – Ações de resposta (Alerta).....	105
Tabela 27 – Ações de resposta (Emergência 1)	106
Tabela 28 – Ações de resposta (Emergência 2)	106
Tabela 29 – Entidades que recebem Cópia PAE	115

1 INTRODUÇÃO

O presente relatório contempla o Plano de Ação de Emergências da PCH Rastro de Auto, instalada no rio Forqueta, no estado do Rio Grande do Sul e pertencente à **CERTEL RASTRO DE AUTO GERAÇÃO DE ENERGIA S/A**.

O presente Plano de Ação de Emergências (PAE) possui o intuito de atender à Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010 alterada pela Lei 14.066/2020 e a Resolução Normativa nº 696 de 15 de dezembro de 2015, onde a barragem da PCH Rastro de Auto foi classificada como Barragem de categoria C, Categoria de Risco Baixo e Dano Potencial Baixo (formulário 2021 – Anexo I).

Conforme a lei citada, uma barragem com classificação de Dano Potencial Baixo não necessita de um Plano de Ação de Emergências – PAE, por solicitação do empreendedor foi realizado a estudo de rompimento da Barragem de modo a confirmar se não ocorre nenhuma propriedade atingida. Para obtenção dos dados foi realizada uma Inspeção Civil Regular, setembro/2020, por uma equipe técnica multidisciplinar, com o objetivo de verificar todas as estruturas civis da usina, e percorrer o trecho de jusante do barramento para identificação dos pontos de risco. Da visita resultou o Relatório de Inspeção Civil Regular RDA-C-ISR-001-01-20 – PCH Rastro de Auto.

2 HISTÓRICO

A PCH Rastro de Auto de potência instalada de 7,02 MW entrou em operação comercial em junho/2013.

Em novembro de 2018 a empresa Certel Rastro De Auto Geração De Energia S/A., através do documento “Plano de Ação de Emergência da PCH Rastro de Auto - Rev1”, elaborou o Plano de Ação de Emergências, o qual será revisado e substituído pelo documento em questão.

2.1 Objetivo

De acordo com a Lei 12.334 de setembro de 2010 alterada pela Lei 14.066/2020 e da Resolução Normativa nº 696 de 15 de dezembro de 2015, todas as barragens deverão ser classificadas conforme o risco e o dano potencial associado.

Após a classificação da barragem PCH Rastro de Auto, verificou-se a necessidade de elaboração do Plano de Segurança da Barragem, pois a classificação indica categoria de risco Baixo e dano potencial Baixo, o que resulta em uma barragem **Classe C**, e a elaboração do Plano de Ação de Emergências (PAE) foi elaborado por definição do empreendedor, documento em questão.

O Plano de Ação de Emergência (PAE) contempla procedimentos tanto em situações de normalidade como de anormalidade, que deverão ser revistos continuamente, de modo a possibilitar uma ação rápida e segura quando da eminência de um desastre ou da efetivação dele. Deverá ser dada ampla divulgação aos órgãos e instituições envolvidas, principalmente as prefeituras das cidades afetadas.

O Plano de Ação de Emergência (PAE) visa ainda estabelecer os procedimentos que contribuam para minimizar os danos causados nas áreas de jusante, decorrentes de situações críticas que possam vir a acontecer em virtude de riscos hidrológicos ou da ruptura da barragem. A atenção deste trabalho deverá ser voltada, principalmente, com as consequências à jusante com hipotética ruptura da barragem, com a indicação dos níveis e mapas das ondas de cheia normal e com a ruptura da barragem.

O Plano de Ação de Emergência (PAE) define as responsabilidades, conforme as atribuições de cada órgão de Governo e Organizações de suporte, sendo que para o agente operador deve caber a tarefa de alertar os órgãos públicos sobre a possibilidade de ocorrências de eventos extremos, independente da origem dos mesmos, visando à minimização de danos causados por um eventual desastre.

2.2 Organização do Relatório

O estudo está dividido segundo a seguinte estrutura:

Volume I - Texto

- Cap.1 – Introdução
- Cap.2 – Histórico

- Cap.3 – Informações Gerais da Barragem
- Cap.4 – Detecção, Avaliação e Classificação das Situações de Emergência
- Cap.5 – Estudo do Rompimento da Barragem
- Cap.6 – Agências e Entidades Envolvidas
- Cap.7 – Caracterização dos Níveis de Segurança e Risco de Ruptura
- Cap.8 – Responsabilidades de todos os Agentes Envolvidos
- Cap.9 – Programa de Ações Preventivas, tão logo Identificadas Situações Emergenciais
- Cap.10 – Acessos, Mapas de Áreas Sujeitas a Inundações Potenciais
- Cap.11 – Fluxo de Informação e Acionamento
- Cap.12 – Formulários de declaração de início da emergência, de declaração de encerramento da emergência e de mensagem de notificação
- Cap.13– Relação das entidades públicas e privadas que receberam cópia do PAE com os respectivos protocolos de recebimento
- Cap.14 – Conclusões e Recomendações
- Cap.15 – Equipe Técnica
- Cap.16 – Bibliografia
- Cap.17 – Anexos
 - Anexo I – Dados (somente digital)
 - Anexo II – Área Resguardada e Acessos
 - Anexo III – Curva de Referência
 - Anexo IV – Seções Restituição
 - Anexo V – Mapas de Inundação
 - Anexo VI – Zona de Auto salvamento
 - Anexo VI – Zona de Segurança Secundária
 - Anexo VIII – Fluxograma de Acionamento
 - Anexo IX – Apresentação PAE
 - Anexo X – Formulários
 - Anexo XI – ART

3 INFORMAÇÕES GERAIS DA BARRAGEM

A PCH Rastro de Auto está localizada no município de Putinga e São José do Herval - RS, no rio Forqueta, com potência instalada de 7,02 MW e entrou operação junho de 2013.

O empreendimento é composto de uma barragem em concreto de concreto de média altura e vertedouro de soleira livre de 132 m. Adução é composta das seguintes estruturas: Tomada de água se encontra afastada da barragem em um braço do reservatório na margem direita, túnel seção arco-retângulo 3,80 x 3,80 m, chaminé de equilíbrio em concreto com diâmetro de 9 m, conduto forçado diâmetro de 2,70 m, casa de força com duas unidades de Francis dupla com potência instalada total de 7,02 MW.



Abaixo será apresentado arranjo geral das estruturas da PCH Rastro de Auto e Ficha resumo da PCH Rastro de Auto.



Figura 1 – Estruturas do Barramento da PCH RASTRO DE AUTO



Figura 2 – Jusante da PCH RASTRO DE AUTO

 FICHA TÉCNICA - PCH RASTRO DE AUTO			
IDENTIFICAÇÃO			
	Nome da Usina:	PCH RASTRO DE AUTO	
	Situação:	Em Operação	
	Idade da barragem (anos)	8 anos (2013 - 2021)	
	Tipo de fundação	Rocha Alterada com injeção	
	Instrumentação usada e quantidade	Três medidores de deslocamento triortogonais e um medidor de vazão	
	Empresa:	Certel Rastro de Auto Geração de Energia S/A	
	Potência Instalada (MW):	7,02	
	Tipo de material utilizado na barragem	Concreto ciclópico	
	Equipamentos de comunicação	Comunicação via Celular e Internet	
LOCALIZAÇÃO			
Município	Putinga/Margem esquerda e São José do Herval/Margem Direita	Curso d'água	Rio Forqueta
Estado	RS	Sub-Bacia Nome/Código	Taquari/Antas / 86
Latitude 29° 03' 9,77" S	Longitude 52° 13' 08,03" W	Bacia Nome/Código	Atlântico Sudeste/8
DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS			
VAZÕES CARACTERÍSTICAS		Área de Drenagem do Barramento (km²):	564
Vazão MLT (m³/s)	18,01	VAZÕES EXTREMAS	
Vazão Firme Q95% (m³/s)	1,17	Vazão Máxima de Projeto (m³/s) (10.000 anos)	2.207,37
Vazão Mínima Média Mensal (m³/s)	0,13	Vazão Máxima de Desvio (m³/s)	695
Vazão Sanitária (m³/s)	0,69		
Período do Histórico Completo:	1957 - 2014		
RESERVATÓRIO			
NIVEIS D'ÁGUA DE MONTANTE		ÁREAS INUNDADAS	
NA Máximo Excepcional (m)	254	No NA Máximo Excepcional (km²)	0,42
NA Máximo Normal (m)	250	No NA Máximo Normal (km²)	0,30
NA Mínimo Normal (m)	248,5	No NA Mínimo Normal (km²)	0,26
NIVEIS D'ÁGUA DE JUSANTE		VOLUMES	
NA Máximo Excepcional (m)	214,08	No N.A. Máximo Max. (hm³)	1,94
NA Máximo Normal (m)	206,8	No N.A. Máximo Normal (hm³)	1,41
NA Mínimo Normal (m)	206,22	No N.A. Mínimo Útil (hm³)	1,26
BARRAGEM (OMBREIRAS)			
Tipo		Gravidade	
Comprimento Total da Crista nas Ombreiras (m)		28,65	
Altura Máxima do bloco vertedouro (m)		19	
Cota da Crista do Vertedouro (m)		250	
Altura máxima das ombreiras em relação ao vertedouro (m)		5	
Cota da Crista da Barragem (m)		255	
VERTEDOURO		TOMADA D' ÁGUA	
Tipo	CREAGER (Soleira Livre)	Tipo: Estrutural	Tipo: Vagão
Capacidade (m³/s)	2.561,00	Altura Total (m)	13
Comprimento Total (m)	132	Acionamento da Comporta	c/ Pistão Hidráulico
Cota da Soleira (m)	250	Comprimento Total (m)	13,27
		Largura da Comporta (m)	4
		Altura da Comporta (m)	4
CANAL/TÚNEL DE ADUÇÃO		CONDUTO FORÇADO	
Comprimento (m)	981,4	Diâmetro Interno (m)	2,70 / Trecho Bifurcado: 1,90
Seção	Arco Retângulo	Número de Unidades	1,0 / 2,0
Base (m)	4	Comprimento (m)	122,95 / 2,0 bifurcado de 28,56
Arco (m)	4		
CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO		CASA DE FORÇA	
Diâmetro (m)	9	Tipo	Abrigada
Altura Máxima (m)	23,57	Unidades Geradoras	2
		Largura (m)	10
		Comprimento (m)	35,5
TURBINAS		GERADOR	
Tipo	FRANCIS DUPLA	Potência Nominal Unitária (MVA)	4,4
Quantidade	2	Tensão Nominal (kV)	6,6
Potência Nominal Unitária (MW)	3,66	Rotação Nominal (rpm)	600
Vazão Nominal Unitária (m³/s)	10,03	Fator de Potência	90
Rotação Síncrona (rpm)	600	Rendimento Máximo (%)	97,4
Rendimento Máximo (%)	91,5		
ESTUDOS ENERGÉTICOS E SISTEMA DE TRANSMISSÃO			
Potência da Usina (MW)	7,02	Tensão (kV)	69
Energia Firme (MW)	3,96	Extensão (km)	2,431
Queda Bruta Máxima (m)	43,2	Local de Conexão	SE Certel 03 em Canudos do Vale
Queda Líquida de Referência (m)	40,65		

(*) Adaptada - Ficha Técnica PSB

3.1.1 Localização e acessos

A área da PCH Rastro de Auto situa-se no rio Forqueta, cerca de 50 km a montante de sua confluência com o rio Taquari. O rio Forqueta pertence à Bacia Hidrográfica Taquari-Antas e, na região da usina Rastro de Auto, divide os municípios de Putinga e São José do Herval. O acesso à área do barramento pode ser feito a partir de Porto Alegre pela rodovia BR/386 até o município de São José do Herval, onde a leste, segue-se por uma estrada vicinal que por cerca de 9 km até atingir o sítio do aproveitamento. As coordenadas geográficas específicas do eixo do barramento são 29° 03' 43" de latitude sul e 52° 13' 05" de longitude oeste.

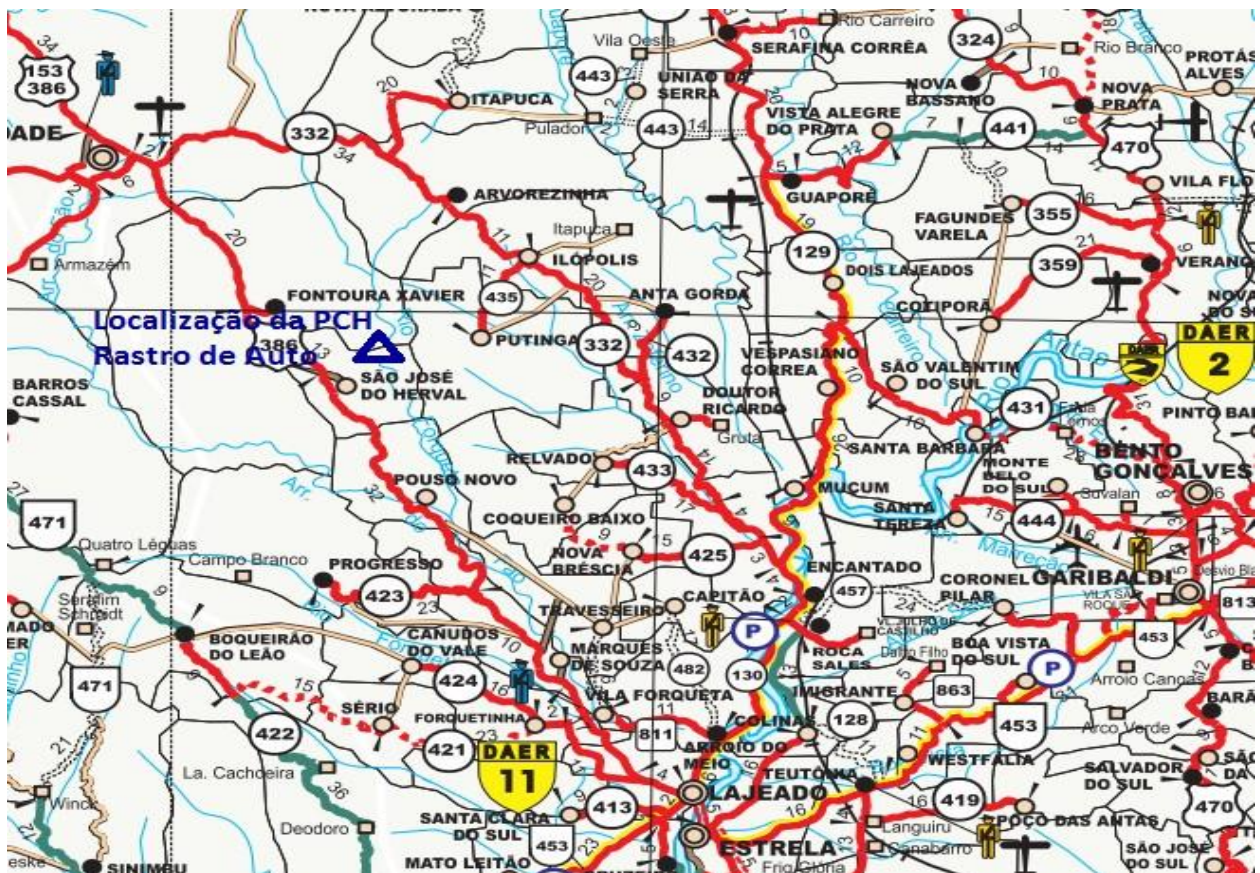


Figura 3 – Mapa de acessos ao local da PCH RASTRO DE AUTO

A Figura 4 apresenta localização da Usina e a Figura 5 área resguardada (reservatório, APP e Estruturas da Usina). Estes desenhos estão apresentados no Anexo II –Área Resguardada e Acessos.

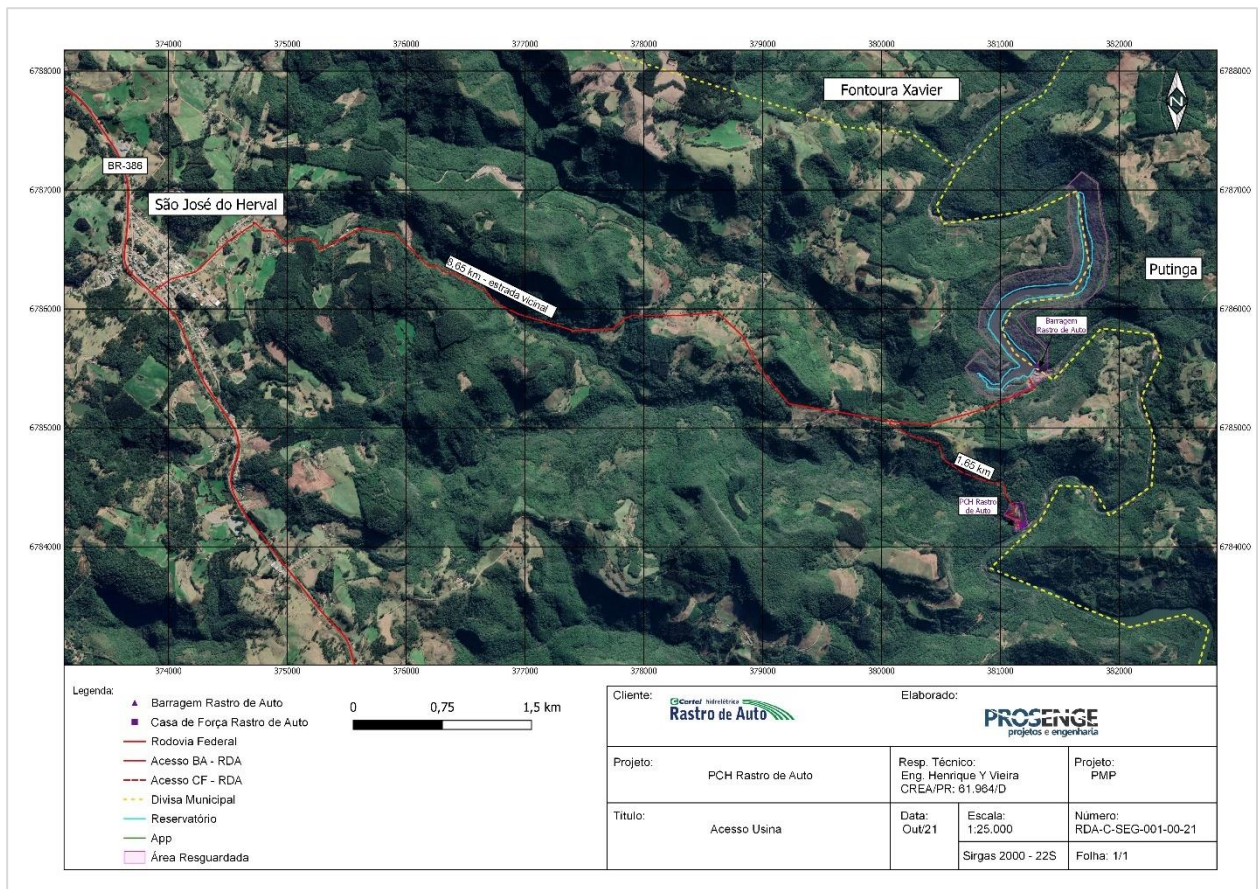


Figura 4 – Localização e acesso da Usina

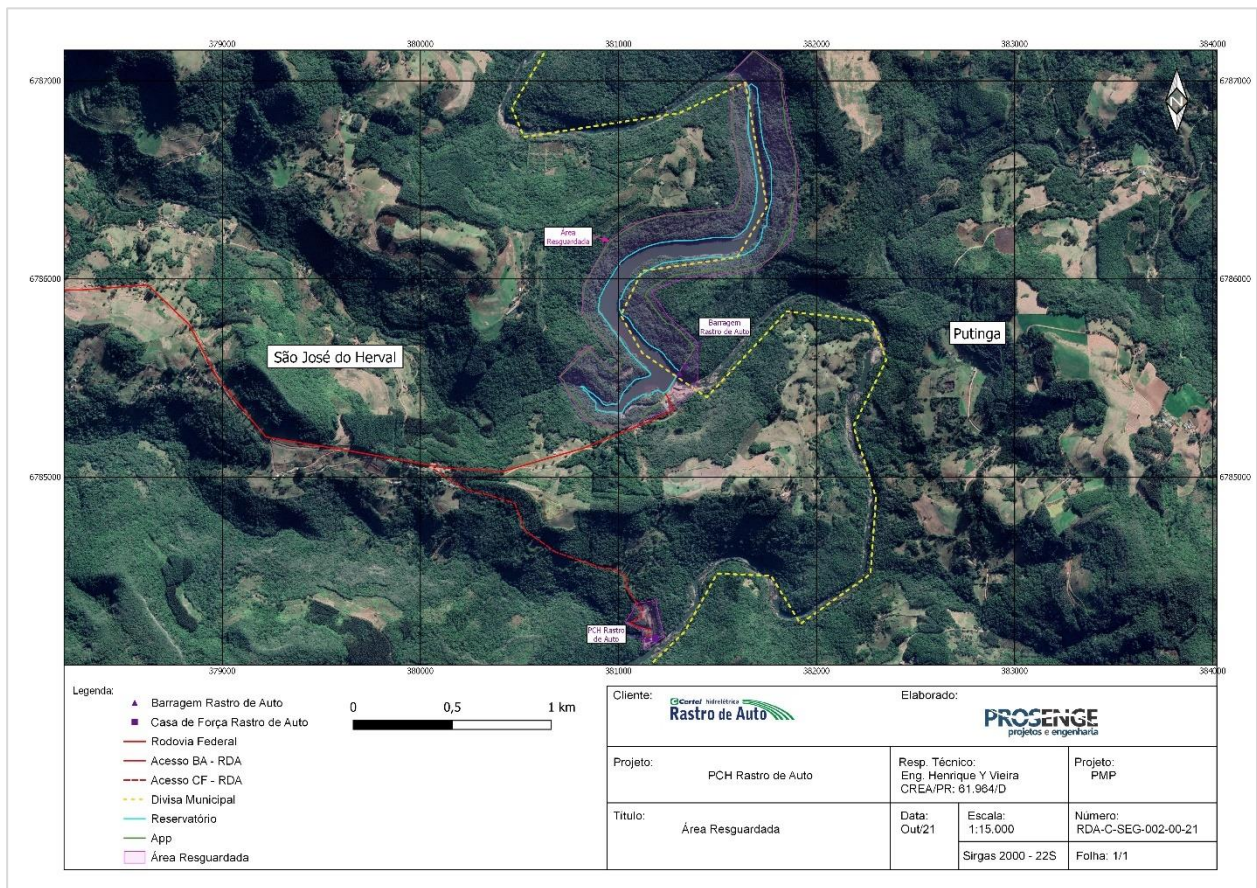


Figura 5 - Mapa de da área resguardada

3.1.2 Reservatório

O nível de água máximo normal no reservatório da PCH Rastro de Auto está fixado na EI 250,00 m. Nesta elevação, o reservatório acumula um volume na ordem de 1,41 hm³ e ocupa uma área de 0,303 km².

A figura abaixo apresenta a curva cota x área x volume do reservatório.

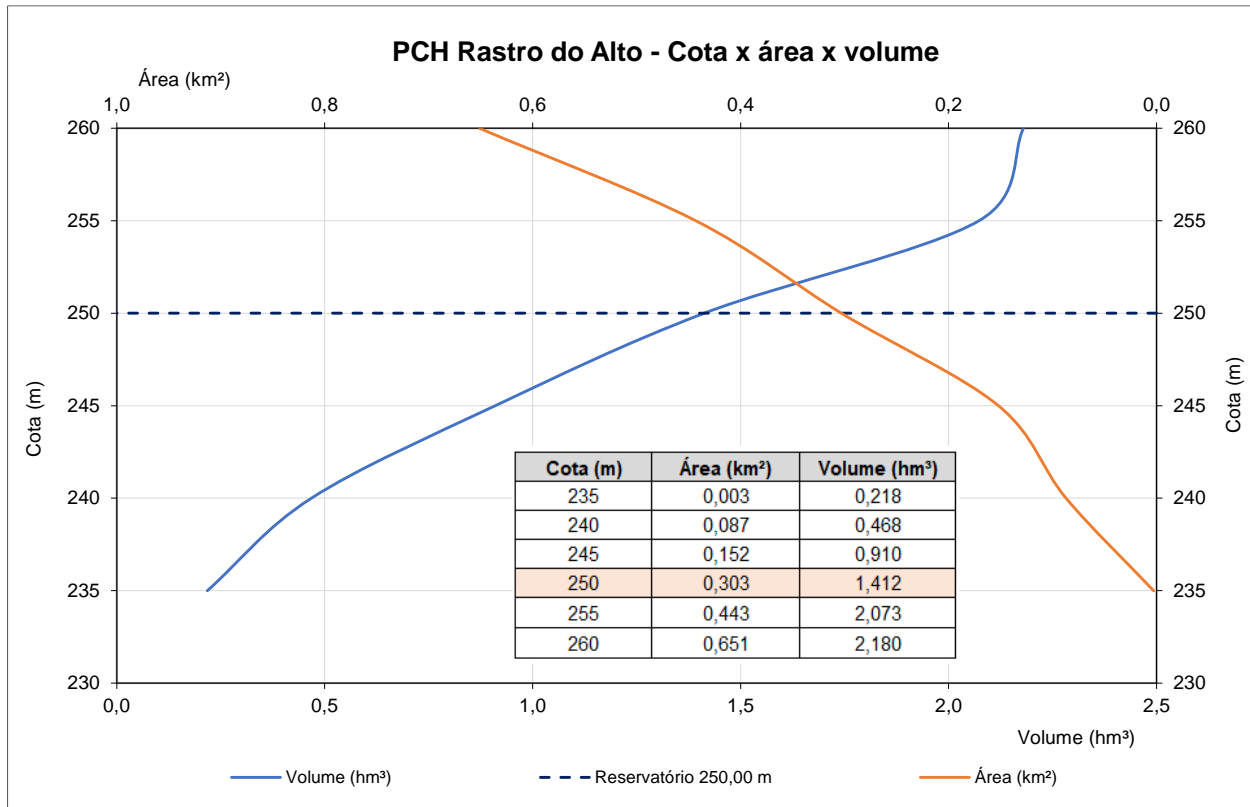


Figura 6 - Cota x Volume – Reservatório PCH Rastro de Auto

3.1.3 Usinas de jusante

A Tabela 1 abaixo apresenta a localização relativa da PCH Rastro de Auto na divisão de quedas do rio Forqueta. Somente a PCHs Rastro de Auto e Salto Forqueta estão materializadas em operação.

Tabela 1 – Aproveitamentos Hidrelétricos no rio Forqueta previstos, próximos a PCH Rastro de Auto

Posição em relação à PCH Rastro de Auto	Aproveitamento	Potência Instalada (MW)	Proprietário	Situação
Montante	CGH Pedras Brancas	4,30	CERFOX – Cooperativa de Geração e Desenvolvimento Fontoura Xavier	DRI
	CGH São Pedro	4,40	Cooperativa de Energia e Desenvolvimento Rurais Fontoura Xavier Ltda.	Eixo Inventariado
	PCH Foz do Jacutinga	5,50	CERTEL Desenvolvimento	DRS – Projeto Básico
PCH Rastro de Auto		7,02	Certel Rastro de Auto Geração de Energia S/A	Operação
Jusante	PCH Salto Forqueta	6,08	Cooperativa de Distribuição de Energia Teutônia – CERTEL ENERGIA	Operação
	PCH Moinho Velho	4,10	CERTEL Desenvolvimento	DRS – Projeto Básico
	PCH Vale Fundo	5,60		
	PCH Vale do Leite	6,00		
	PCH Olaria	4,00		

Fonte (Aneel, 2021)

- **PCH Salto Forqueta** - Barragem de Concreto protegida para elevação 211,80 m e vertedouro de soleira livre de 95,50 m de comprimento e crista na elevação 206,8 m.

3.1.4 Barragem

A barragem nas margens da PCH RASTRO DE AUTO consiste somente em fechamentos nas ombreiras direita e esquerda executados em concreto tipo ciclópico com altura máxima de 24,00 m na ombreira esquerda junto com a descarga de fundo. Na margem direita a barragem apresenta 14,50 m de comprimento e na margem esquerda apresenta 13,15 m (incluindo a descarga de fundo).

O desenho RDA-PEX-TEC-ABT-DE – 004 apresenta planta e seção do barramento (Figura 10).

3.1.5 Vertedouro

O vertedouro da usina situa-se transversalmente no alinhamento da calha natural do rio e é formado por uma soleira vertente não controlada com 132,00 m de largura livre, crista na El. 250,00 m e altura máxima de cerca de 19,00 m. Esta estrutura possibilita o vertimento da cheia 10.000 anos, cujo pico é de 2.561,00 m³/s, com uma sobrelevação de 4,00 m no reservatório sem borda livre, o que resulta num nível de água máximo maximorum na El. 254,00 m, conforme a curva de descarga abaixo.

O paramento de montante do vertedouro é vertical enquanto o paramento de jusante possui declividade de 0,75 H: 1,0 V com descida da água livre, sendo a crista executada em concreto convencional com perfil *Creager* ao longo de todo o vertedouro.

O desenho RDA-PEX-TEC-ABT-DE – 008 apresenta seção do vertedouro (Figura 11). A memória de cálculo da estabilidade da Barragem/Vertedouro está apresentada no Anexo I – 2 Estruturas.

Abaixo está apresentada a curva de descarga do vertedouro.

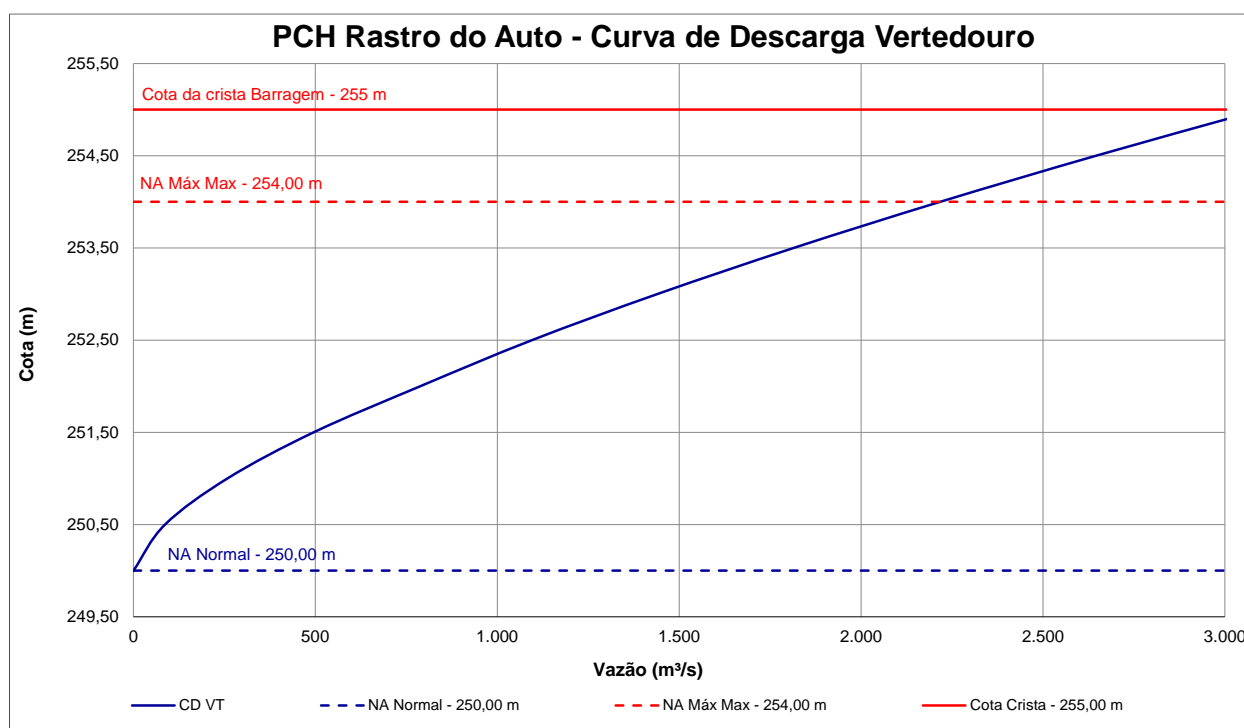


Figura 7 – Curva de Descarga – Vertedouro



Figura 8 – Vertedouro da PCH Rastro de Auto

Os documentos do projeto executivo do Vertedouro estão apresentados no Anexo I – 2- Estruturas.

3.2 Circuito Hidráulico de Adução

3.2.1 Tomada de Água

A estrutura da tomada de água estará localizada na margem direita do rio, a montante da barragem. A tomada de água possui soleira na El. 242,00 e coroamento na El. 255,00 m.

Junto a sua entrada, está implantada grade impedindo a entrada de materiais de maiores dimensões que possam danificar os equipamentos e limpa-grades para retirada contínua dos materiais acumulados. As dimensões da grade são 4,00 m de largura por 14,00 m de altura.

O fechamento desta abertura, no caso da necessidade de manutenção do conduto será feito por meio de uma comporta vagão, com dimensões de (4,00 x 4,00) m. A movimentação desta comporta é realizada por pistão hidráulico.

O circuito de geração está apresentado no desenho RDA-PEX-TEC-ABT-DE – 003 (Figura 12) e a tomada de água está apresentada no desenho RDA-PEX-TEC-ABT-DE – 013 (Figura 13).

3.2.2 Túnel de Adução

Após a tomada de água segue o túnel de adução com seção arco retangular de 4,0 metros de largura por 4,0 metros de altura e comprimento de 981,40 m com declividade de 0,306%.

O perfil e seção típica do túnel de adução está apresentado no desenho RDA-PEX-TEC-ABT-DE - 003 (Figura 12).

3.2.3 Chaminé de Equilíbrio

Antes do conduto forçado está localizada a chaminé de equilíbrio em concreto armado que possui seção circular de 9,0 m de diâmetro desde a cota 239,00 até a elevação 262,22 m. A

chaminé foi dimensionada para absorver a rejeição total de carga com o nível de montante associada a passagem da cheia de dimensionamento do vertedouro.

O circuito de geração está apresentado no desenho RDA-PEX-TEC-ABT-DE – 003 (Figura 12) e a chaminé de equilíbrio está apresentada no desenho RDA-PEX-TEC-ABT-DE – 016 (Figura 14).

3.2.4 Conduto Forçado

Logo após chaminé de equilíbrio inicia-se o trecho de conduto forçado com 165,00 m de extensão (trecho reto e inclinado) e diâmetro de 2,70 m, após a bifurcação diâmetro é reduzido para 1,90 m segundo então para as duas unidades geradoras da casa de força.

O circuito de geração está apresentado no desenho RDA-PEX-TEC-ABT-DE – 003 (Figura 12).

3.2.5 Casa de Força e Canal de Fuga

A casa de força da PCH RASTRO DE AUTO é do tipo abrigada, e foi projetada para acomodar duas unidades geradoras do tipo Francis dupla de eixo horizontal. Os respectivos geradores estarão dispostos ao lado direito das turbinas.

A fundação da Casa de Força está na El. 202,80 m e o piso dos sala de máquinas está na El. 206,30 m. O nível de água normal no canal de fuga está na El. 206,80 m e o nível de água máximo de projeto encontra-se na El. 214,80 m (protegida para cheia TR 1.000 anos).

Na sucção estão instaladas as duas comportas (uma para cada lado do fluxo) por turbina somando assim 4 vãos na sucção. As comportas são do tipo ensecadeira e possuem dimensões de 1,60 m x 3,60 m cada comporta.

O canal de fuga, com função de restituir a água utilizada ao leito natural do rio é construído em concreto armado. Este canal possui 15,00 m de comprimento e foi dimensionado para a vazão turbinada de 20,0 m³/s.

A casa de força e o canal de fuga podem ser vistos nos desenhos RDA-PEX-TEC-ABT-DE – 026 e RDA-PEX-TEC-ABT-DE - 028 (Figura 15 e Figura 16).

3.3 Instrumentação Existente

A instrumentação instalada na barragem da PCH Rastro de Auto é composta de:

- Medidor de Vazão MV (02 – duas unidades, uma dentro da galeria de drenagem e outra na ombreira esquerda do barramento);
- Medidor triortogonal de junta MT (03 – três unidades, todos na galeria de drenagem da barragem).

3.4 Níveis Operacionais e Ficha Técnica

Os níveis da PCH Rastro de Auto são:

- NA Normal Montante = 250,00 m;
- NA Máximo Maximorum Montante = 254,00 m (TR=10.000 anos);

- Cota Proteção Barramento = 255,00 m;
- NA Normal Jusante = 206,80 m;
- NA Máximo Maximorum Jusante = 214,08 m
- Cota de Proteção Casa de Força = 217,00 m.

O RDA-C-SEG-002-00-21- Área Resguardada (Anexo II) apresenta as áreas de proteção do reservatório e casa de força bem como o arranjo geral da usina com destaque as principais estruturas.

As figuras abaixo apresentam arranjo geral e estruturas civis da Usina. Os desenhos principais do Barramento e arranjo estão apresentados no Anexo I – Dados, 2 - Estruturas.

Todos os documentos da Usina estão apresentados no Anexo I do Plano de Segurança da Barragem – PSB_PCH_Rastro_de_Auto_Certel_Out.2018.

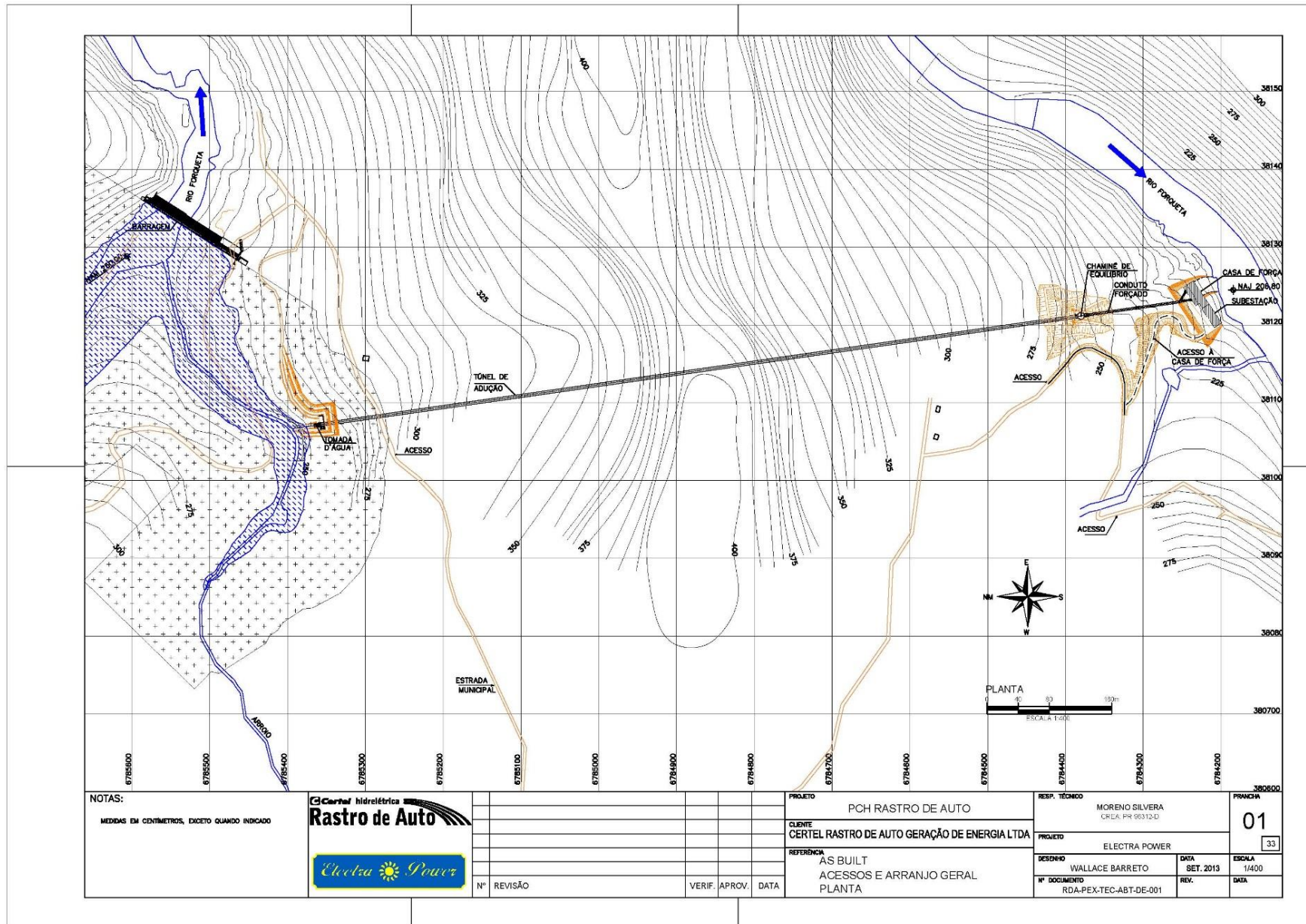
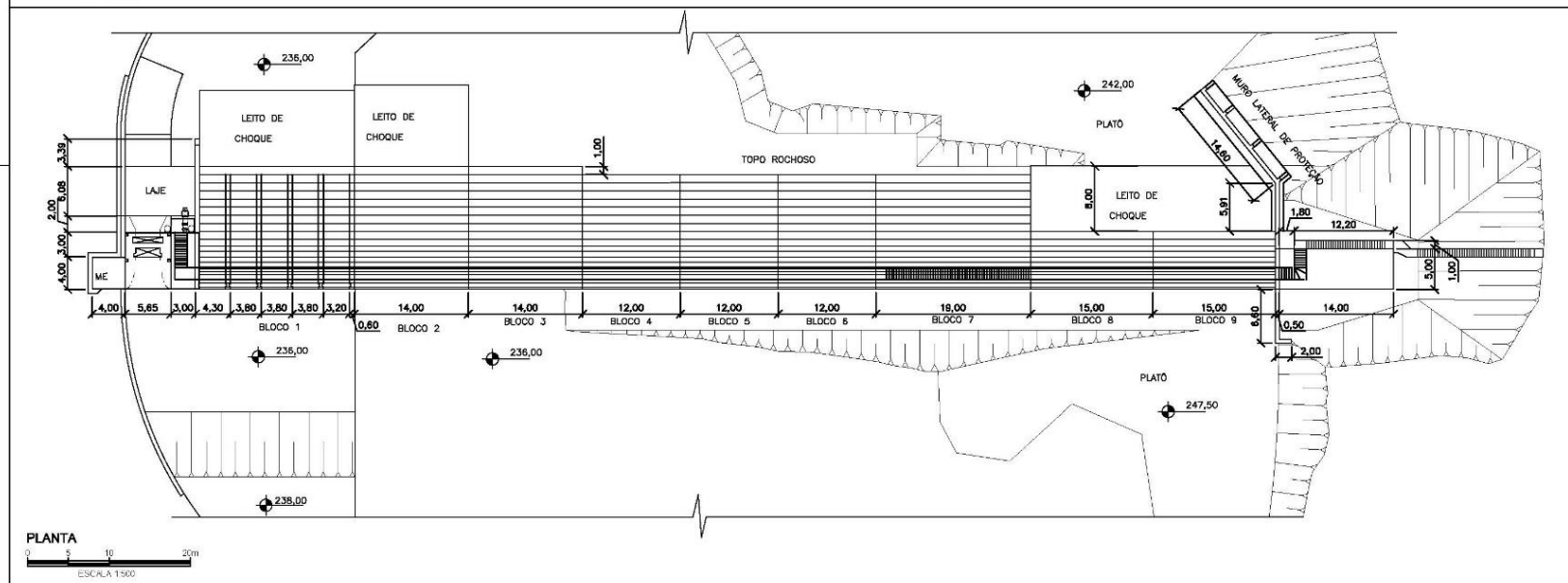
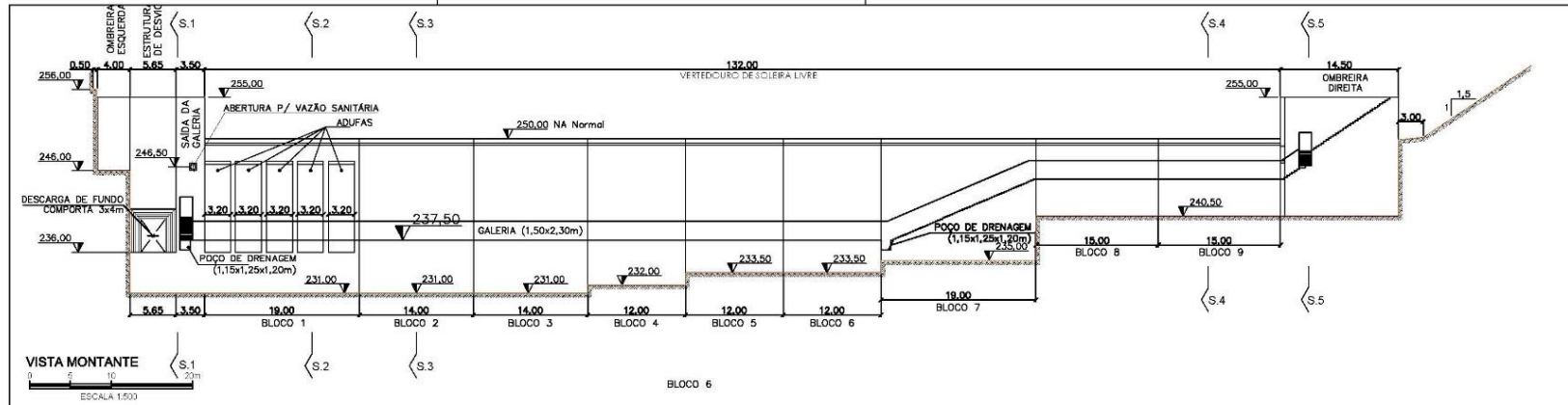


Figura 9 – Arranjo geral da PCH RASTRO DE AUTO



<p>NOTAS: 1) AS FORMAS DEVERÃO SER ADEQUADAS A ARMADURA JÁ EXECUTADA EM CAMPO.</p>			<p>PROJETO PCH RASTRO DE AUTO</p>		<p>RESP. TÉCNICO MORENO SILVERA CREA: PR 96312-D</p>	<p>PRINCHA 04</p>
			<p>CLIENTE CERTEL RASTRO DE AUTO GERAÇÃO DE ENERGIA LTDA</p>		<p>PROJETO FABIO BECKHAUSER</p>	<p>33</p>
			<p>REFERÊNCIA AS BUILT BARRAGEM PLANTA E VISTA DE MONTANTE</p>		<p>DESENHO WALLACE BARRETO</p>	<p>ESCALA 1/250</p>
	<p>Nº REVISÃO</p>	<p>VERIF. APROV. DATA</p>	<p>Nº DOCUMENTO RDA-PEX-TEC-ABT-DE-004</p>	<p>DATA SET. 2013</p>	<p>REV.</p>	<p>DATA</p>

Figura 10 – Barramento - Planta e Corte Longitudinal

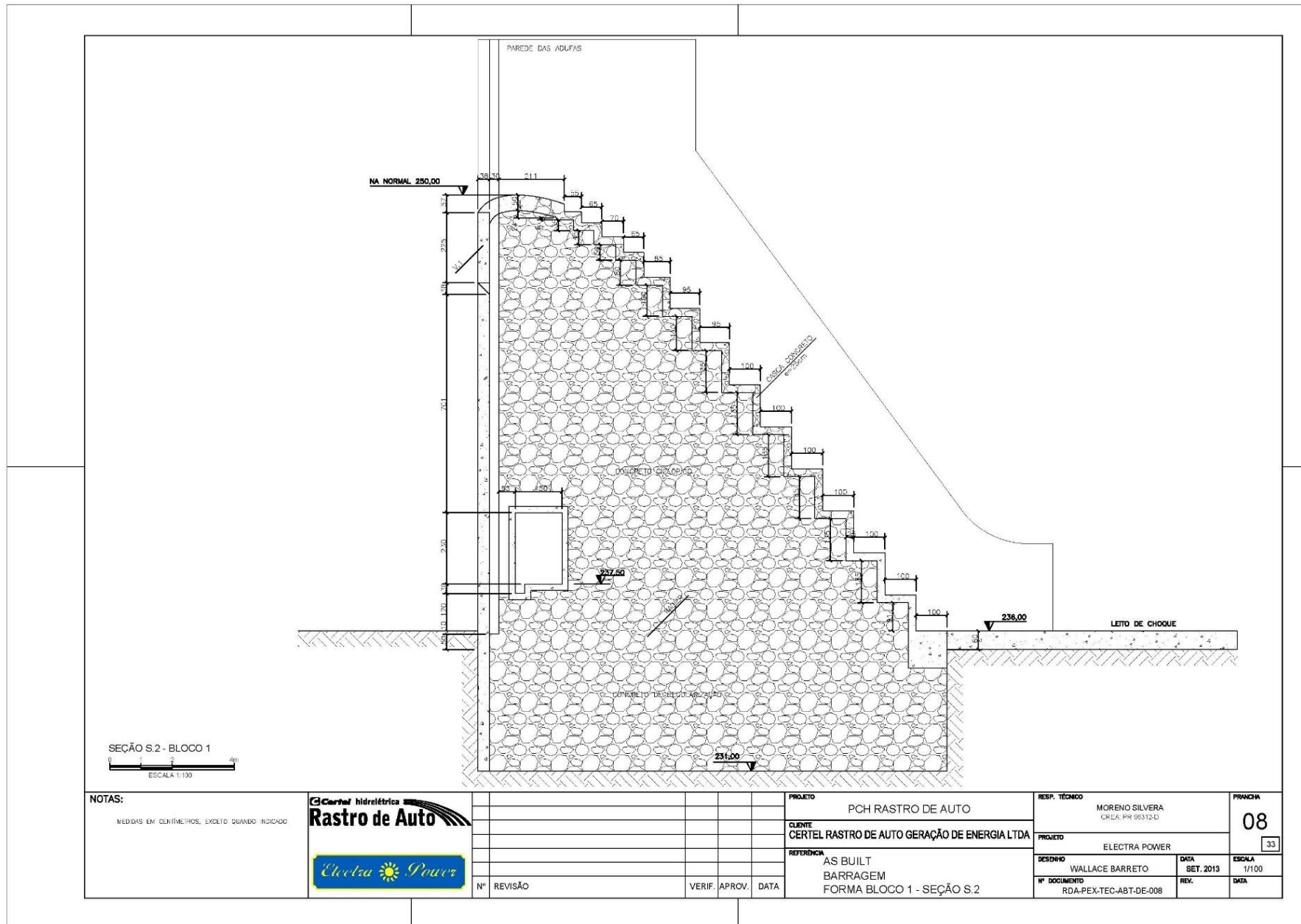


Figura 11 – Vertedouro - Seção

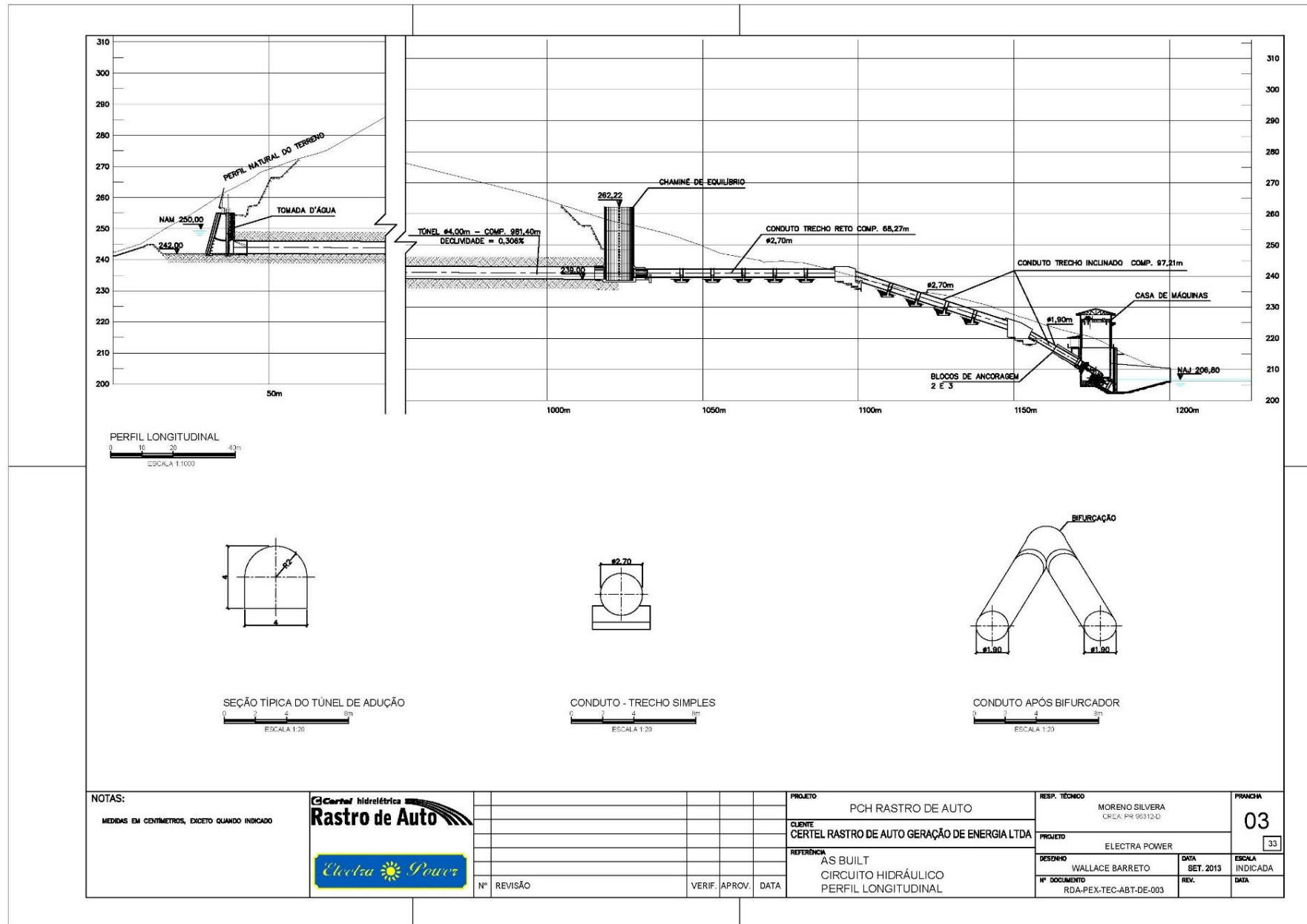


Figura 12 – Circuito de Geração – Perfil Longitudinal

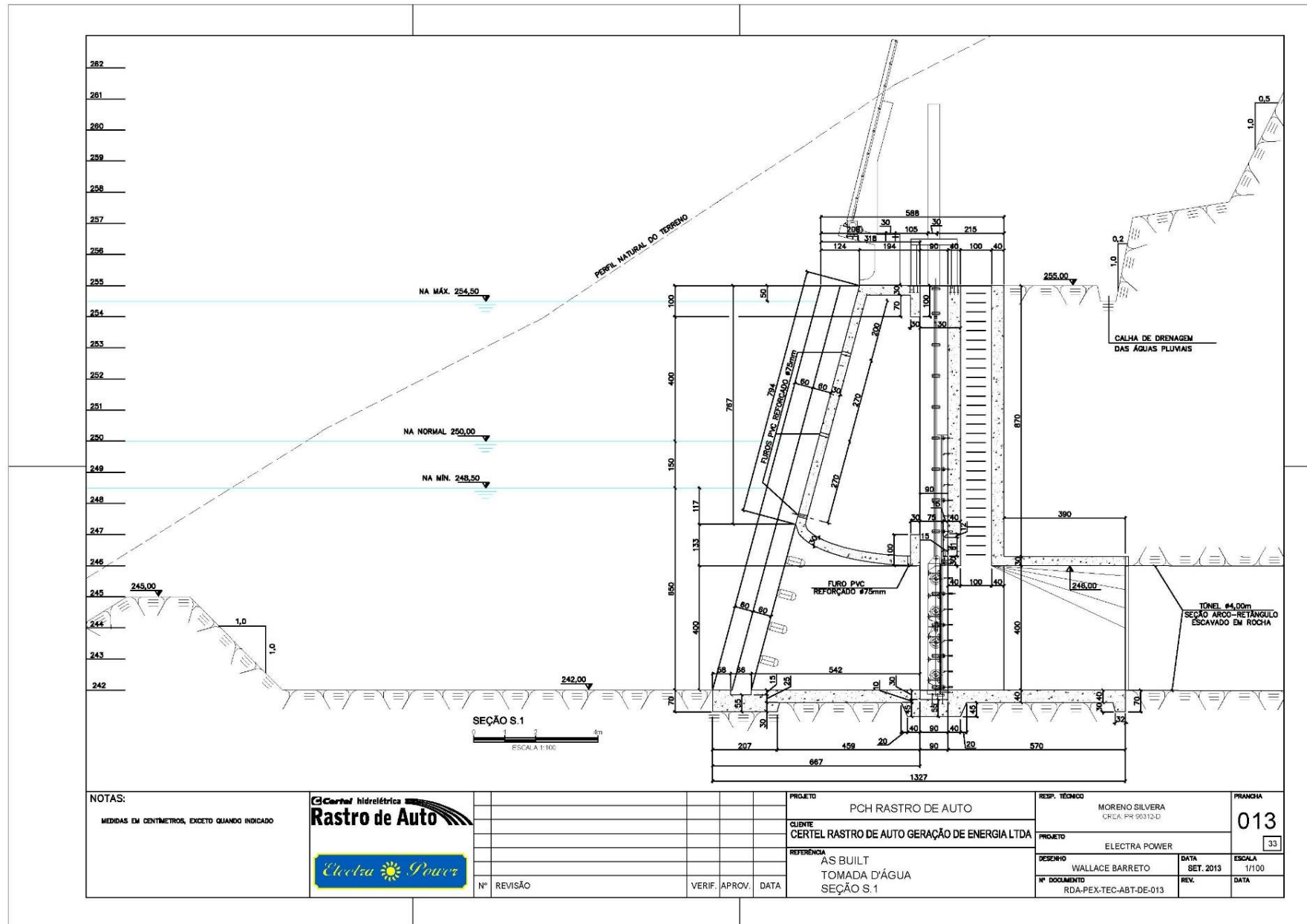
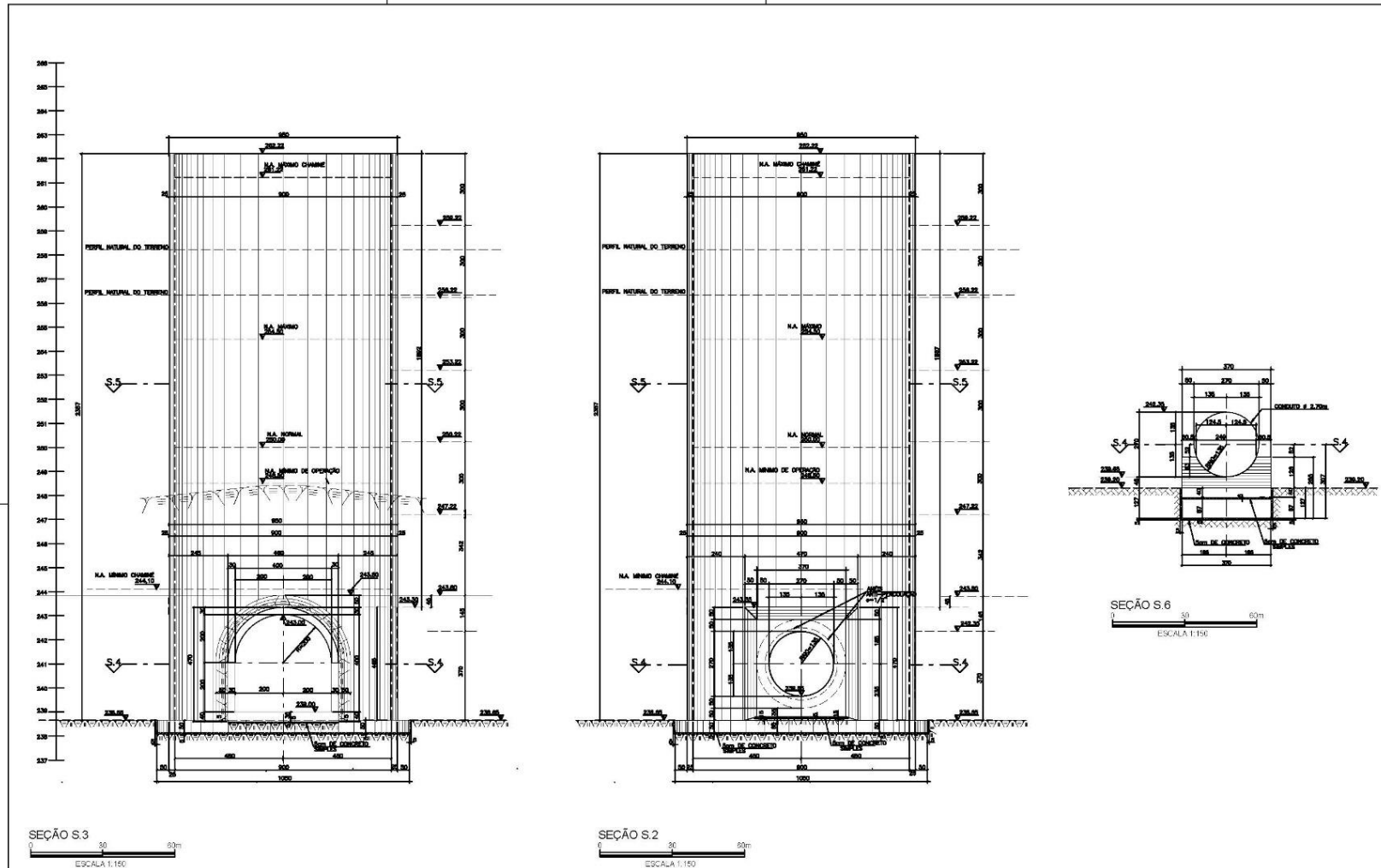


Figura 13 – Tomada de água - Seção



<p>NOTAS:</p> <p>MEDIDAS EM CENTIMETROS, EXCETO QUANDO INDICADO</p>		PROJETO	PCH RASTRO DE AUTO	RESP. TÉCNICO	MORENO SILVEIRA CREA: PR 96312-D	PRANCHA	016		
		CLIENTE	CERTEL RASTRO DE AUTO GERAÇÃO DE ENERGIA LTDA	PROJETO	ELECTRA POWER	33			
		REFERÊNCIA	AS BUILT CHAMINÉ DE EQUILIBRIO 2 - 2	DESENHO	WALLACE BARRETO	DATA	SET. 2013	ESCALA	1/50
		Nº REVISÃO		VERIF. APROV. DATA		Nº DOCUMENTO	RDA-PEX-TEC-ABT-DE-000	REV.	DATA

Figura 14 – Chaminé de equilíbrio – Seção Jusante e Montante

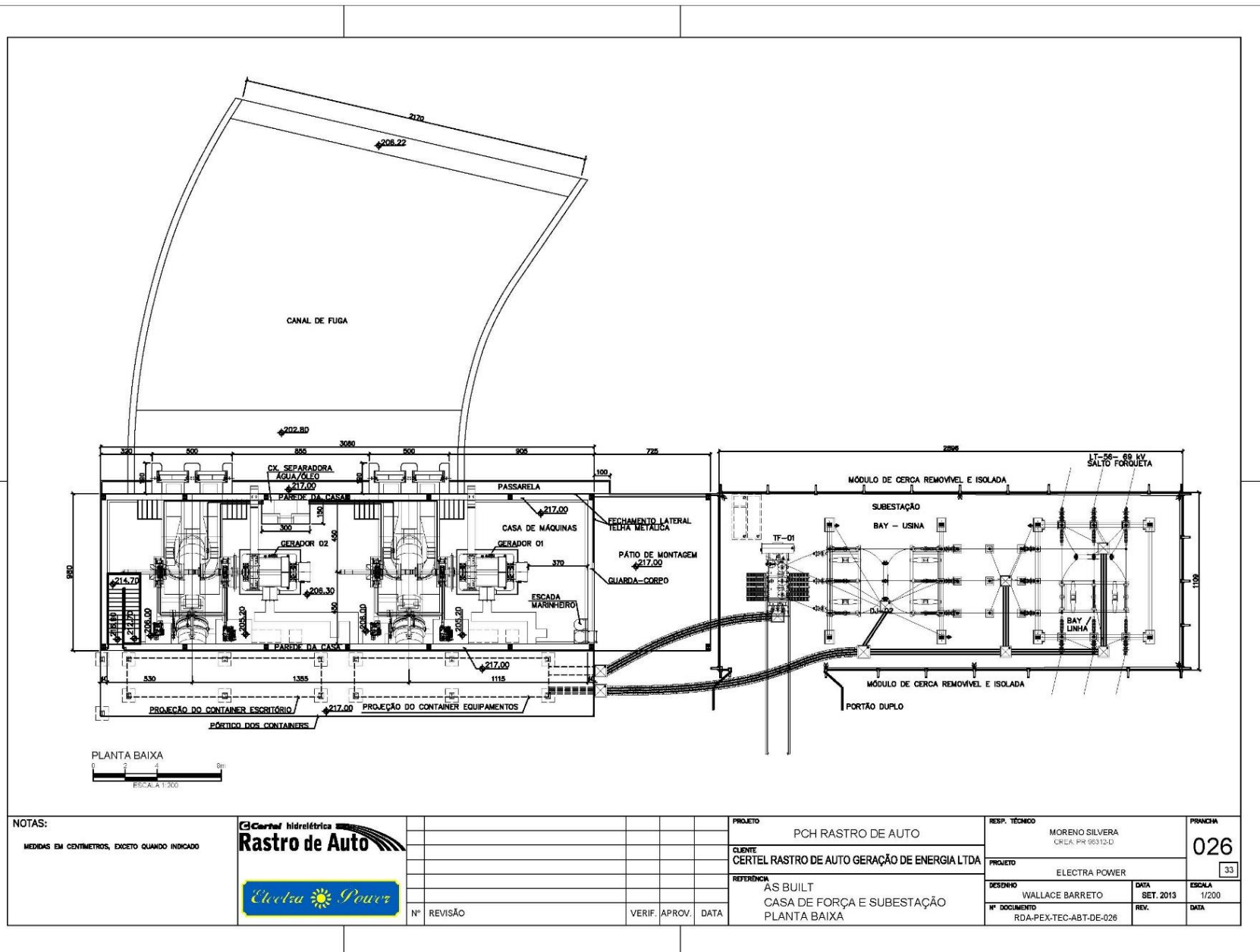
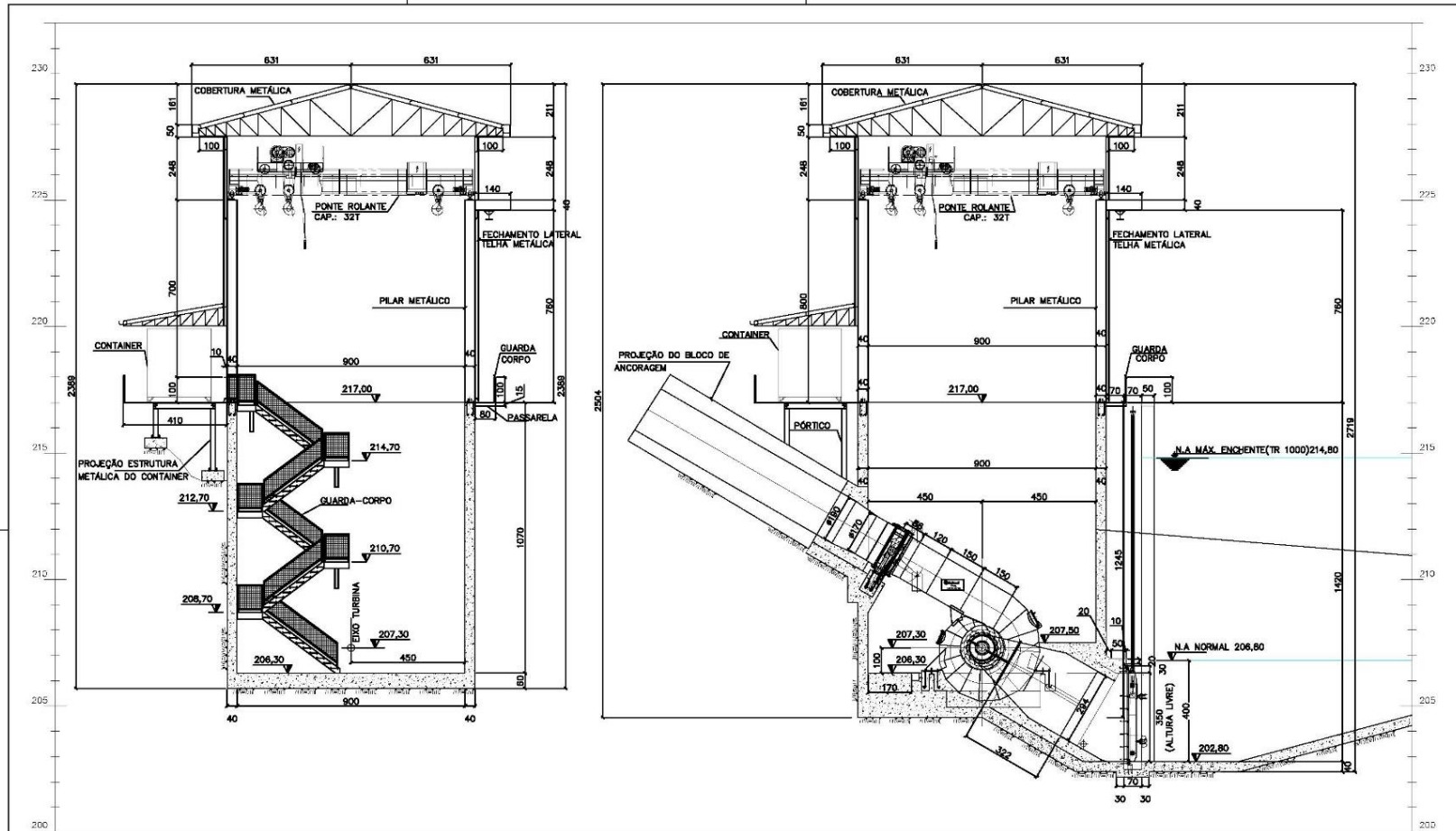


Figura 15 – Casa de Força – Planta



SEÇÃO S.1
ESCALA 1:150

SEÇÃO S.2
ESCALA 1:150

NOTAS:

MEDIDAS EM CENTÍMETROS, EXCETO QUANDO INDICADO



Nº	REVISÃO	VERIF.	APROV.	DATA

PROJETO	PCH RASTRO DE AUTO
CLIENTE	CERTEL RASTRO DE AUTO GERAÇÃO DE ENERGIA LTDA
REFERÊNCIA	AS BUILT CASA DE FORÇA SEÇÕES S.1 E S.2

RESP. TÉCNICO	MORENO SILVEIRA (CREA: PR 98312-D)	PRINCHA	028
PROJETO	ELECTRA POWER		33
DESENHO	WALLACE BARRETO	DATA	SET. 2013
Nº DOCUMENTO	RDA-PEX-TEC-ABT-DE-033	REV.	
		ESCALA	1/150
		DATA	

Figura 16 – Casa de Força – Seção Longitudinal

4 DETECÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA

4.1 Avaliação do Risco

O estudo das ameaças de desastres e do grau de vulnerabilidade dos corpos e sistemas hidráulicos receptores aos efeitos adversos permite a avaliação, a definição e hierarquização das áreas de maior risco. Os riscos identificados para o barramento da PCH Rastro de Auto são de natureza hidrológica e estrutural, conforme descrito a seguir.

4.1.1 Risco Hidrológico

A bacia hidrográfica da Pequena Central Hidrelétrica Rastro de Auto possui área de drenagem de 564 Km². No reservatório o volume total é de 1,41 hm³ e formado por um barramento de concreto com altura máxima de 19,00 m.

A probabilidade de uma determinada cheia ocorrer ou ser ultrapassada num ano qualquer é o inverso do tempo de retorno $P = \frac{1}{TR}$, e a de não acontecer é $p = 1 - P$.

A probabilidade de ocorrer pelo menos uma cheia que seja igual e (ou exceda) àquela de período de retorno TR, num intervalo de “n” anos qualquer pode ser dada pela expressão:

$$J = 1 - \left(1 - \frac{1}{TR}\right)^n$$

Equação 1: Risco de Ocorrência do evento de Projeto com Tempo de Retorno

Portanto, o risco adotado pelo projeto da obra hidráulica da PCH Rastro de Auto pode ser analisado pela Tabela a seguir:

Tabela 2 – Risco de Ocorrência do evento de Projeto com Tempo de Retorno TR (%)

TR (anos)	Período de Vida da Estrutura (em anos)			
	1	10	25	50
100	1,00	9,56	22,21	39,49
500	0,20	1,98	4,88	9,52
1.000	0,10	0,99	2,47	4,88
10.000	0,01	0,10	0,25	0,50

É importante ressaltar que os riscos assumidos pelo projeto são significativamente pequenos, ou seja, para um tempo de retorno adotado no projeto (TR=1.000 anos) os riscos de ocorrerem cheias maiores ou iguais à cheia do projeto variam de **0,10% a 4,88%** considerando os diferentes períodos de vida útil do empreendimento.

4.1.2 Risco de Colapso Estrutural

A Barragem e Vertedouro da PCH Rastro de Auto foram concluídos em 2013 e projetado obedecendo aos critérios da Eletrobrás e as condições de estabilidade estão com fatores segurança superiores aos preconizados. A memória de cálculo de estabilidade da Barragem/Vertedouro elaborada pela Cemisa Engenharia em maio/2012 está apresentada no Anexo I – dados, 2-Estruturas.

O Vertedouro da PCH apresenta boas condições de segurança, sem presença de infiltrações maiores ou pontos de deterioração. A capacidade de descarga está atendendo o tempo de recorrência de 1.000 anos.

Com o sistema operando normalmente não há risco nenhum referente a capacidade de descarga e operação do vertedouro. Segue abaixo foto do Barramento.



Figura 17 – Vista Geral do Barramento

Além disso, como prevenção de risco de colapso estrutural, o Plano de Segurança da Barragem (PSB_PCH_Rastro_de_Auto_Certel_Out.2018), tem como objetivo determinar as condições relativas à segurança estrutural e operacional das barragens, identificando os problemas e recomendando tanto reparos corretivos, restrições operacionais e/ou modificações quanto análise/estudos para determinar as soluções dos problemas.

Conforme observado na vistoria e dados do projeto não ocorrem problemas estruturais no barramento da PCH Rastro de Auto, sendo assim o risco de colapso estrutural é praticamente nulo. Além de que, não existe formulação determinista para o cálculo do risco estrutural. Porém é de extrema importância o monitoramento da instrumentação da Barragem para análise do comportamento da mesma.

4.2 Identificação das Emergências Potenciais

Para identificação dos pontos de emergências foram determinados níveis de água ao longo do rio a jusante da PCH Rastro de Auto e o tempo de percurso da onda de enchente. A definição das emergências foi definida a partir do preconizado no Volume IV - Guia de Orientação e Formulários dos Planos de Ação de Emergência – PAE, item 5.2.2 Cenários a simular, da Agência Nacional das águas (ANA), conforme destacado abaixo:

“Para atribuição dos valores das vazões afluentes ao reservatório no instante inicial da ruptura, dever-se-á adotar a prática comum, orientada por questões de segurança, de considerar a contribuição de um hidrograma de vazão afluente. Assim, poder-se-á optar:

- *pela vazão média anual (ou a vazão média do semestre seco ou do semestre úmido), ou por uma cheia associada a um menor tempo de recorrência ($T= 100$ anos, por exemplo) num cenário de ruptura em dia de sol;*
- *por uma cheia conhecida (por exemplo, a cheia de projeto ou uma cheia associada a um tempo de recorrência elevado: $T= 1\ 000$ a $5\ 000$ anos), num cenário de ruptura por galgamento.”*

A partir destes níveis foram elaborados mapas de inundação, com os níveis máximos e o tempo de propagação da onda de enchente correspondente sendo então identificadas e classificadas as emergências potenciais:

a) Situação Normal – Ruptura em dia de sol

Correspondem à condição natural de escoamento do hidrograma de cheias no tempo de retorno de 10 anos de recorrência.

b) Situação Enchentes – Ruptura com enchentes

Correspondem à condição enchente extrema de escoamento do hidrograma de cheias no tempo de retorno de 100 e 1.000 anos de recorrência, sendo a última enchente correspondente a cheia de dimensionamento do vertedouro.

4.2.1 Classificação das Situações

A gestão da emergência é efetuada em função do nível de resposta necessário para a situação no momento.

Os níveis de resposta devem ser definidos tanto para situação inicial com níveis de enchentes naturais para os diversos tempos de recorrência quanto para a situação de ruptura.

A classificação do nível de resposta deve ser feita em quatro níveis, de acordo com a descrição das características gerais de cada situação de emergência em potencial da barragem. A convenção é utilizada para graduar as situações que podem comprometer a segurança da barragem e ocupações a jusante e ativar um processo de emergência na barragem. Foi adaptado de acordo com a Barragem a convecção indicada no Item 2.2, do Manual do

Empreendedor sobre Segurança de Barragens (ANA) - Volume IV - Guia de Orientação e Formulários do Plano de Ação de Emergência – PAE, conforme abaixo:

0	NORMAL (VERDE)	quando as anomalias encontradas ou a ação de eventos externos na barragem não comprometam a segurança da estrutura, mas devam ser controladas e monitoradas ao longo do tempo;
1	ATENÇÃO (AMARELO)	quando as anomalias encontradas ou a ação de eventos externos na barragem não comprometam a segurança da estrutura no curto prazo, mas devam ser controladas, monitoradas ou reparadas;
2	ALERTA (LARANJA)	quando as anomalias encontradas ou a ação de eventos externos na barragem comprometam a segurança da estrutura no curto prazo, mas podem ser controladas, monitoradas ou reparadas;
3	EMERGÊNCIA 1 (VERMELHO CLARO)	quando as anomalias encontradas ou a ação de eventos externos na barragem representem risco a segurança da estrutura que demandam a retirada dos possíveis atingidos, mas podem ser tomadas providências para a eliminação do problema
4	EMERGÊNCIA 2 (VERMELHO ESCURO)	quando as anomalias encontradas ou a ação de eventos externos na barragem representem risco de ruptura iminente que demandam a retirada dos possíveis atingidos sem possibilidade de providências para a eliminação do problema

No Plano de Ação de Emergência e na curva de Operação, o nível – Emergência foi adaptado e dividido em 2 subníveis, Vermelho Claro e Vermelho Escuro, conforme destacado abaixo:

- Vermelho Claro – Essa condição se caracteriza pela necessidade de retirada dos atingidos na Zona de Autossalvamento - ZAS e alerta para a defesa civil da ocorrência de um evento de cheias extremas, acima do TR 1.000 anos, ou de problema na estrutura do barramento que pode ocasionar o rompimento podendo ser evitado com as manutenções corretas;
- Vermelho Escuro – Nessa condição é necessária a retirada urgente dos atingidos na Zona de Autossalvamento - ZAS e alerta para a defesa civil da eminência ou da ocorrência do rompimento. As condições hidrológicas extremas ultrapassam a cota da crista da barragem ou as patologias na estrutura não permitem a recuperação.

Importante observar que a emergência 2 pode ocorrer sem que passe pela emergência 1, por exemplo uma patologia descoberta em inspeção que não permite a recuperação passa diretamente para o nível de emergência 2.

5 ESTUDO DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM

Este capítulo apresenta os resultados obtidos nas simulações das consequências (hidrograma de ruptura) para as hipóteses acidentais identificadas no capítulo 4 (cheias natural/extremas e rompimento da barragem).

Nesta etapa ocorre a estimativa e avaliação das consequências e seus respectivos efeitos físicos decorrentes de eventos anormais que possam ocorrer, bem como a determinação e o mapeamento das áreas vulneráveis devido as ondas de cheia em cada um dos cenários de acidentes. O comportamento da onda de enchente e as áreas atingidas são obtidos mediante a utilização de programas simuladores de rompimento e propagação das cheias.

5.1 Metodologia

No estudo de rompimento da barragem da PCH Rastro de Auto foi utilizado o modelo computacional HEC-RAS 5.0.5 (desenvolvido por *U.S. Army Corps of Engineers*), que se baseia no método de *Standard Step Method* (HENDERSON, 1966).

O cenário a ser simulado é determinado por informações lançadas no programa, de modo a identificar a forma como se dará o rompimento da barragem e as condições geográficas e ambientais que influenciam no comportamento da onda de cheia.

Na caracterização do cenário as seguintes informações são necessárias:

- Geografia da região e geometria do rio;
- Tipo e geometria da barragem;
- Causa do rompimento;
- Formação da brecha;
- Dados sócio-ambientais.

5.1.1 Geografia da Região e Geometria do Rio

A geografia da região define as áreas atingidas pela onda de passagem de cheia e pela inundação permitindo identificar os pontos de risco.

A caracterização adequada da geometria das seções no vale a jusante da barragem é muito importante na simulação da cheia, porque existe um forte efeito de atenuação da onda ao longo do trecho inundado. Vales mais encaixados atenuam menos a onda de cheia na sua propagação para jusante que vales mais abertos com largas áreas inundáveis. Neste efeito a geometria do vale e da área inundável tem mais importância que a própria calha do rio.

Os mapas de cheia possuem um erro equivalente à metade da distância das curvas de níveis obtidas, ou seja, no caso da simulação para a PCH Rastro de Auto o erro é de 0,50 m a 2,50 m, devido o trecho possuir as curvas de nível dos desenhos que reproduzem o terreno equidistantes de 1,00 m até 5,00 m.

5.1.2 Tipo e Geometria da Barragem

A caracterização da brecha de rompimento com suas dimensões, tempo do seu desenvolvimento e formação são influenciados pelo tipo de barragem. As características de projeto, de construção e suas dimensões influenciam na abertura da brecha e com isso no tempo de propagação e intensidade da onda de cheia. Os dados do reservatório também influenciam na abertura, considerando que quanto maior o volume para um mesmo desnível a brecha tende a ser maior.

5.1.3 Potenciais Causas de Rompimento de Barragem

A causa de rompimento é importante pois determina a velocidade com que ocorre a formação da brecha.

As causas de rompimento podem ser por galgamento, entubamento ou infiltração e falhas estruturais (New Jersey Department of Environmental Protection, 2007).

5.1.4 Galgamento

O galgamento é a passagem da água sobre a barragem em partes não projetadas para verter água. O galgamento pode ser causado pela má operação do reservatório durante a cheia, devido a uma cheia extraordinária onde o dispositivo extravasador (vertedouro) não possui capacidade de vazão compatível, a ocorrência de problemas que impedem o dispositivo extravasador de operar normalmente ou pela formação de uma onda dentro do reservatório, de origem sísmica ou provocada pelo deslizamento de uma grande quantidade de terra das encostas.

Se o tempo e a intensidade do galgamento são suficientes, inicia-se uma brecha em um ponto qualquer mais fraco na crista da barragem e a brecha cresce com o tempo, por erosão, numa velocidade que depende da vazão de galgamento, do material da barragem e das características do reservatório (Collischonn, 1997).

A Figura 18 demonstra a formação de uma brecha por galgamento, sendo que o processo de formação segue a sequência apresentada abaixo.

- a) Início em um ponto mais fraco;
- b) Brecha em forma de "V";
- c) Aprofundamento da brecha;
- d) Aumento lateral por erosão.

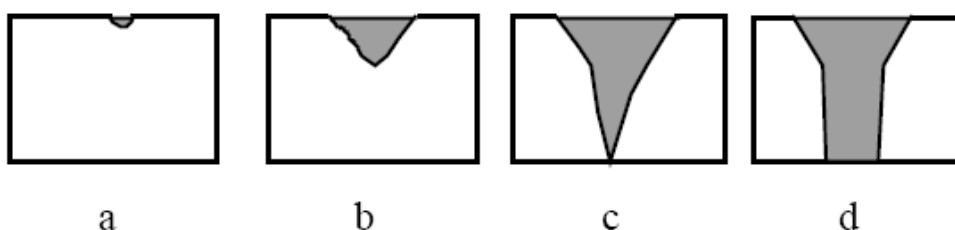


Figura 18 – Formação de brecha por galgamento

Fonte: COLLISCHONN, 1997, p. 32

5.1.5 Infiltração (Piping)

A infiltração ocorre devido à passagem da água através das paredes da barragem (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2002, p. 116). A água que se movimenta através da barragem, ou de suas fundações, pode originar na formação de uma brecha se os volumes de água e material sólido superam determinados limites de segurança. A brecha inicia como um poro em um ponto qualquer da barragem e este poro cresce, por erosão, para todos os lados, até ocorrer o colapso. Esse fenômeno também é conhecido como piping.

A Figura 19 mostra a formação de uma brecha por entubamento ou infiltração, típica de barragens de terra, que também ocorre conforme a sequência a seguir.

- a) Surgimento do poro;
- b) Aumento por erosão;
- c) Colapso da porção superior e erosão.

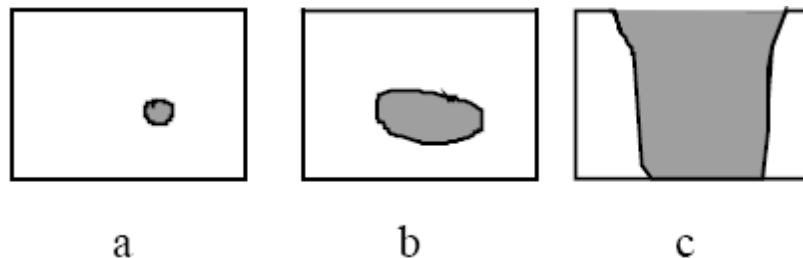


Figura 19 – Formação da brecha por infiltração

Fonte: COLLISCHONN, 1997, p. 32

5.1.6 Falhas nas fundações e estruturais

Nas barragens de concreto do tipo gravidade pode ocorrer uma falha estrutural geral, no caso de uma situação de instabilidade provocada por cargas hidrostáticas e uma deficiente capacidade de equilíbrio global, situação resultante de erro ou deficiência no projeto ou de um problema generalizado nas respectivas fundações.

OAdmite-se que o cenário mais provável é o da abertura da brecha por remoção sucessiva de blocos ou a ruptura da zona superior do perfil da barragem no caso de excederem as tensões limites numa zona menos espessa do perfil da barragem resultando de modo geral em uma ruptura parcial e gradual. O terreno sobre o qual a barragem está e a ligação da barragem ao terreno nas ombreiras podem deslizar sob o efeito das acomodações geológicas que resultam do enchimento do reservatório ou da saturação do material da fundação por infiltração (Almeida 2007).

Em barragens de aterro compactado a distribuição das pressões sobre o terreno de fundação ocorre de maneira mais branda e gradual reduzindo a possibilidade de falhas estruturais, porém a bibliografia indica diversos casos de falhas com rompimentos onde a falha nos estudos de geologia e geotecnia resultaram no colapso do barramento. Neste caso o colapso ocorre no enchimento ou apenas alguns dias após com a saturação da fundação.

A Figura 20 apresenta o comportamento de um rompimento resultante de uma falha nas fundações ou de estruturas, onde ocorre a formação de uma brecha que apresenta características parecidas seja a barragem de terra ou de concreto em gravidade (a), ou barragens de concreto em arco (b).

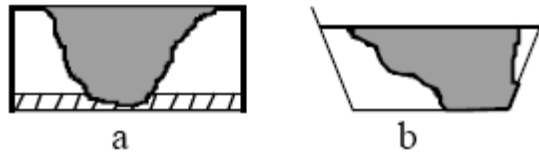


Figura 20 – Brechas resultantes de falhas nas fundações

Fonte: COLLISCHONN, 1997, p. 33

5.1.7 Ações de guerra

Durante guerras as barragens são pontos estratégicos pelo seu significado econômico para um país, bem como pelo potencial destrutivo de uma inundação resultante de uma ruptura. A formação da brecha depende da intensidade e da localização da explosão com a qual a barragem é atingida.

Durante a Segunda Guerra Mundial os países aliados desenvolveram armas especiais para implodir barragens. As implosões mais conhecidas são as das barragens de Moehne e de Eder, na Alemanha.

OBSERVAÇÃO: Do ponto de vista de simulação de rompimento, as causas de falhas nas fundações estruturais e por ações de guerra se comportarão como uma falha por galgamento ou infiltração, com diferenciação no tempo de formação da brecha e geometria, que devido as suas características podem ser considerados como rompimentos progressivos ou até mesmo catastróficos e imediatos conforme determina Collischonn, 1997.

5.1.8 Casos Estatísticos

Entre as causas de rompimentos, Ramos e Melo (2007) identificam que, em pesquisa envolvendo 1105 casos de deterioração de barragens pertencentes a 33 países, e em duas publicações elaboradas pela ICOLD e pela USCOLD (ICOLD, 1974 e USCOLD, 1975), a capacidade de vazão insuficiente ou o mau funcionamento dos órgãos de descarga de cheias associado ao galgamento foram responsáveis por cerca de 42% do número total de rupturas em barragens.

Por sua vez as relacionadas com as fundações (percolação, erosão interna), com as erosões localizadas e com o deficiente comportamento estrutural foram responsáveis por cerca de 23%.

5.1.9 Formação da Brecha

A formação da brecha pode ser descrita por três parâmetros básicos:

- Tamanho;
- Tempo de formação;
- Forma geométrica.

Todos estes parâmetros são fortemente influenciados pela causa do rompimento e pelo tipo de barragem. Eles influenciam diretamente na vazão e na altura da onda de enchente decorrente

do rompimento. Uma brecha maior ou rompimento catastrófico e com tempo de formação mais rápido gera uma onda de enchente de maior volume e o esvaziamento mais rápido do reservatório, enquanto uma brecha menor e com tempo de formação mais lento geram uma onda de enchente menor e com esvaziamento lento do reservatório.

O manual do Hec-Ras (Agosto de 2014) indica, de acordo com referências internacionais, valores para formação da brecha, conforme a Figura 11 a seguir.

Table 3. Ranges of Possible Values for Breach Characteristics

Dam Type	Average Breach Width (B_{ave})	Horizontal Component of Breach Side Slope (H) (H:V)	Failure Time, t_f (hours)	Agency
Earthen/Rockfill	(0.5 to 3.0) x HD	0 to 1.0	0.5 to 4.0	USACE 1980
	(1.0 to 5.0) x HD	0 to 1.0	0.1 to 1.0	FERC
	(2.0 to 5.0) x HD	0 to 1.0 (slightly larger)	0.1 to 1.0	NWS
	(0.5 to 5.0) x HD*	0 to 1.0	0.1 to 4.0*	USACE 2007
Concrete Gravity	Multiple Monoliths	Vertical	0.1 to 0.5	USACE 1980
	Usually $\leq 0.5 L$	Vertical	0.1 to 0.3	FERC
	Usually $\leq 0.5 L$	Vertical	0.1 to 0.2	NWS
	Multiple Monoliths	Vertical	0.1 to 0.5	USACE 2007
Concrete Arch	Entire Dam	Valley wall slope	≤ 0.1	USACE 1980
	Entire Dam	0 to valley walls	≤ 0.1	FERC
	(0.8 x L) to L	0 to valley walls	≤ 0.1	NWS
	(0.8 x L) to L	0 to valley walls	≤ 0.1	USACE 2007
Slag/Refuse	(0.8 x L) to L	1.0 to 2.0	0.1 to 0.3	FERC
	(0.8 x L) to L		≤ 0.1	NWS

*Note: Dams that have very large volumes of water, and have long dam crest lengths, will continue to erode for long durations (i.e., as long as a significant amount of water is flowing through the breach), and may therefore have longer breach widths and times than what is shown in Table 3. HD = height of the dam; L = length of the dam crest; FERC - Federal Energy Regulatory Commission; NWS - National Weather Service

Figura 21 – Tamanhos e tempo para formação da brecha

Fonte: Manual do Hec-Ras (Agosto/2004)

5.1.10 Tamanho da Brecha

Barragens de concreto em arco apresentam ruptura total e praticamente instantânea (ALMEIDA e FRANCO, 1993; ICOLD, 1996; e FRANCO, 1996 *apud* RIBEIRO, 2007).

Barragens de concreto por gravidade apresentam ruptura de um ou dois blocos (ALMEIDA e FRANCO, 1993; ICOLD, 1996; e FRANCO, 1996 *apud* RIBEIRO, 2007). Existe dificuldade de se prever o número de seções monolíticas que devem se deslocar e sofrer colapso, porém é possível determinar a geometria para simulação aumentando a largura da base da brecha de modo a representar o número de seções monolíticas deslocadas. O número de blocos rompidos poderá ser fixado tendo em conta a velocidade de descida do nível a montante, uma vez que uma rápida descida corresponde a uma redução significativa das solicitações para os blocos que não rompem, evitando os rompimentos de novos blocos nas laterais do primeiro rompimento.

Em barragens de terra não ocorre o rompimento total da estrutura do talude, este rompimento também não é instantâneo, a brecha que se forma como resultado do rompimento tende a apresentar uma largura média (B) de $0,5H < B < 3H$, onde H é a altura da barragem. Desta forma, normalmente a largura da brecha em barragens de terra é muitas vezes inferior à largura total da barragem (Collischonn, 1997).

5.1.11 Tempo de Rompimento

Para as barragens de concreto em arco que são simuladas através da ruptura total da estrutura, o tempo de rompimento é instantâneo, ocorrendo em alguns minutos (Martins e Viseu, 2007).

Em barragens de concreto por gravidade o tempo de formação da brecha é da ordem de minutos.

Em barragens de terra por gravidade, onde ocorre a ruptura em forma de brechas, o tempo de formação da mesma é usualmente maior e depende da altura da barragem, do material utilizado na construção, do grau de compactação e da magnitude e duração da vazão de galgamento. O tempo de formação da brecha é maior em casos de infiltração que em casos de galgamento. Na Figura 22 observa-se a probabilidade de o tempo de ruptura da brecha ser menor que um dado valor constante.

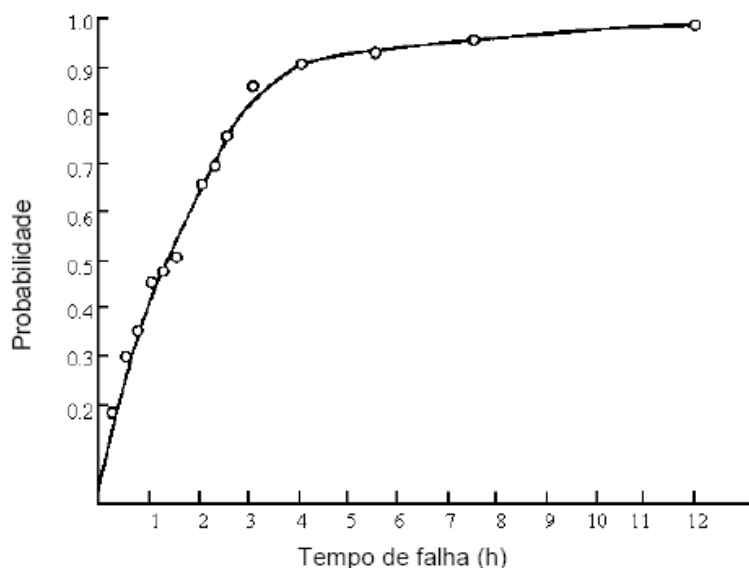


Figura 22 – Tempo de formação da brecha

Fonte: MARTINS; VISEU, 2007, p. 9

O gráfico demonstra que metade das situações de rompimento ocorre em no mínimo 90 minutos, tendendo para tempos maiores de formação da brecha, desta forma, resultados de simulação que objetivam valores médios podem utilizar este tempo de rompimento conforme observam Singh e Scarlatos (1988) *apud* Martins e Viseu (2007).

De acordo com a Figura 21, para Barragens de terra o tempo de formação da brecha é entre 6 minutos a 4 horas, e Barragens de Concreto de 6 minutos a 1 hora.

5.1.12 Trecho do Cálculo

O trecho da modelagem hidráulica é um fator muito importante a se considerar. O trecho de estudo deverá incidir entre a seção de início do reservatório da barragem em ruptura, a montante, e uma determinada seção de importância a jusante.

A Resolução Normativa Nº 696, de 15 de Dezembro de 2015 da ANEEL, no Art. 3 estabelece:

“§3º A área de abrangência dos estudos de que trata o §2º deverá compreender as barragens de jusante que disponham de capacidade para amortecimento da cheia associada.”

De acordo com as recomendações do Volume IV - Guia de Orientação e Formulários dos Planos de Ação de Emergência – PAE, item 5.2.3 Extensão de Cálculo, da Agência Nacional das águas (ANA) que estabelece:

“Os critérios mais adequados para a fixação da fronteira de jusante são os que se baseiam nas fronteiras físicas, ou seja, a foz do rio no oceano, a seção de confluência com outro rio de maior dimensão ou um reservatório a jusante. Estas fronteiras são aliás facilmente modeladas em modelo numérico.

Para se determinar a fronteira a jusante poder-se-á igualmente adotar uma seção a partir da qual se estabelece um grau de risco que se considera como aceitável; neste caso, dever-se-á considerar uma seção onde as alturas de água atinjam a ordem de grandeza das correspondentes a determinadas cheias características (cheia de projeto do vertedouro, maior cheia natural conhecida, cheia natural com determinado tempo de recorrência, por exemplo, 100 anos).

Diversos outros textos normativos definem porém de forma clara e explícita qual o critério de fixação da fronteira de jusante, por exemplo, a legislação finlandesa especifica que o cálculo da onda de inundação se deve processar até 50 km a jusante da barragem; por seu lado, a legislação de alguns estados canadenses postula que as populações que se encontram a mais de três horas da zona atingida pela onda de inundação não devem ser consideradas em risco, pelo que o cálculo da onda de inundação não deve cobrir uma seção atingida pela cheia para lá desse intervalo de tempo.

Graham (1998) sugere que é muito importante que os estudos do cálculo da onda de inundação incidam nos primeiros 30 km a jusante da barragem em causa. Com efeito, este autor mostra que a vulnerabilidade das pessoas em risco diminui muito a partir desta distância, nomeadamente pelas seguintes razões: primeiro, porque as áreas mais a jusante recebem mais e melhores alertas de emergência do que as a montante; segundo, porque a energia da onda de inundação, tal como a velocidade de propagação da respectiva frente, se torna menor. Na verdade, a informação de rupturas históricas de barragens confirma estes fatos, indicando que uma grande percentagem das vítimas mortais ocorre nos primeiros 25 km, sendo que esta distância é ainda menor para as pequenas barragens. A experiência norte-americana (com base num

registro de 23 rupturas de barragens que ocorreram no período de 1960 a 1997 e ocasionaram vítimas mortais) corrobora igualmente estes fatos ao assinalar que cerca de 50% ocorreram a menos de 4,8 km da seção da barragem acidentada e 99% nos primeiros 24 km a jusante da mesma, num universo total de 318 vítimas mortais.”

De acordo com ANA - Volume IV - Guia de Orientação e Formulários dos Planos de Ação de Emergência – PAE, Anexo Cotação - Extensão do Vale a jusante poderá ser:

Volume Armazenado do Reservatório (hm³)	Classe da Extensão do vale a Jusante	Extensão do vale a Jusante aconselhada – L (km)
3-50	Pequena	Máximo 25
50-200	Média	25<L<100
>200	Significativa	Mínimo 100

5.1.13 Modelagem Matemática

A simulação do rompimento utiliza o modelo HEC-RAS versão 5.0.5, onde os métodos de cálculo são adotados para a análise dos regimes gradualmente variáveis, baseados nas equações de Saint-Venant, que calculam o escoamento da água em rios, canais e reservatórios em regime permanente e não permanente, número de Froude menor ou maior que 1 respectivamente.

Portanto, o escoamento obedece a leis da física, sendo representado por variáveis como vazão, profundidade e velocidade, e o comportamento é descrito por equações de conservação de massa, energia e quantidade de movimento.

O escoamento em rios ocorre em uma direção longitudinal, podendo ser representado pelas equações unidimensionais de Saint-Venant. As variáveis das equações de Saint-Venant são a velocidade “V” e a altura de água “h”, que podem ser apresentadas de forma não-conservativa pelas equações da continuidade e da dinâmica.

Com a equação da continuidade, que representa o princípio da conservação de massa, pode-se considerar a diferença de os fluxos de entrada e saída, sendo o volume de controle igual à variação do armazenamento no interior do fluxo.

As equações que expressam o princípio da conservação da quantidade de movimento, sendo igual ao somatório das forças que atuam sobre um volume de controle, podem ser apresentadas da seguinte forma:

- Equação da continuidade:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q_L$$

- Equação da dinâmica:

$$\frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial x} + g \frac{\partial h}{\partial x} = g(S_0 - S_f)$$

Onde:

Q = vazão;

A = seção transversal;

t = tempo;

x = distância medida na direção do escoamento;

qL = contribuição lateral

V = velocidade de escoamento;

g = aceleração da gravidade;

h = profundidade do escoamento;

S₀ = declividade do leito;

S_f = declividade da linha de energia.

A vazão (Q) e a altura da superfície de água (h) em cada local ao longo do rio são estimadas utilizando uma representação algébrica de Saint-Venant. Q e h são determinados em cada local para cada intervalo de tempo.

O HEC-RAS aplica as equações em regime permanente, para casos em que se necessita simular o fluxo das águas, e não permanente, para casos de simulações de rompimentos, e apresenta o resultado em forma de dados, tabelas e figuras que demonstram as seções transversais, o vale atingido pela enchente (de acordo com as informações lançadas pelo usuário) e gráficos, sendo que todas estas informações são utilizadas para se avaliar os impactos do rompimento de uma barragem.

5.1.14 Identificação das áreas atingidas

A identificação das áreas atingidas é executada com a apresentação do mapa de inundação, que indica as áreas inundadas com as alturas máximas atingidas pela onda de enchente, permitindo a separação da zona atingida da não atingida.

Todas as pessoas localizadas na zona atingida devem ser evacuadas.

5.1.15 Apresentação dos valores de altura ao longo do tempo

Os valores de altura da onda ao longo do tempo servem para a identificação do tempo de chegada da onda de enchente ao longo do trecho de jusante atingido. O tempo de chegada da onda em cada ponto é importante para o plano de evacuação e para o alerta da população sob risco na zona inundada, permitindo que seja realizado a evacuação em tempo hábil.

A bibliografia internacional define dois tipos de eventos: aqueles em que o tempo disponível para alertar e evacuar a população é superior a 90 minutos (1 hora e meia), e aqueles em que o tempo é inferior a 90 minutos. Entre os eventos cujo tempo de alerta é superior a 90 minutos, a perda média de vidas é de 0,04 % da população ameaçada, já quando o tempo de alerta é inferior a 90 minutos a perda média equivale a 13 %.

Para a população localizada na área atingida em tempo inferior a 90 minutos recomenda-se um levantamento detalhado para definição das estratégias para o Plano de Emergência.

5.1.16 Zoneamento de Risco

Esse processo consiste na divisão do território potencialmente atingido pela onda de cheia, sendo classificada segundo os riscos envolvidos, a magnitude do dano, a vulnerabilidade e os tempos de alerta envolvidos (Balbi, 2008).

Conforme Almeida (2001) as principais características hidrodinâmicas envolvidas em um zoneamento são:

- áreas atingidas (determina quais elementos em risco serão afetadas, população, estruturas, etc);
- cotas máximas dos níveis d'água ou alturas máximas;
- instante de chegada da onda de cheia;
- instante de chegada da altura máxima;
- grau de perigo em função da velocidade e altura ($V \times H$), em m^2/s ;
- velocidade máxima do escoamento.

O tempo entre a identificação da emergência e a chegada da onda de cheia nos locais habitados é o primeiro parâmetro para a classificação da área de risco. O tempo eficaz de aviso permite com que as pessoas preparem a mobilização e a evacuação das zonas mais sensíveis, sendo este o fator primordial para a mitigação do efeito das cheias. A USBR (1999) adotou um critério para estimar a perda de vidas em função do tempo de alerta (Quadro 2 a seguir).

Quadro 1 - Número esperado de vítimas em função do tempo de alerta

Tempo de aviso (min)	Perda de vidas	Número esperado de vítimas
0 a 15	Significante	NEV= 50% no número de pessoas em risco
15 a 90	Potencialmente significativa	NEV= (número de pessoas em risco) ^{0,6}
Mais de 90	Perda de vidas virtualmente Eliminada	NEV= 0.0002 x número de pessoas em risco

Fonte: Adaptado de USBR, 1999.

Segundo Cestari (2013) a importância de uma submersão se deve à capacidade da cheia de provocar danos às pessoas, edificações e aos bens. Os principais parâmetros para classificar os danos são: a área atingida, a profundidade da cheia (H) e a sua velocidade de propagação (V). A ameaça provocada por esses fatores combinados corresponde ao risco hidrodinâmico calculado pela equação a seguir.

Risco hidrodinâmico=H×V

Onde:

Risco hidrodinâmico = m^2/s

H = profundidade (m);

V = velocidade do fluxo (m/s)

De acordo com o estudo de Synaven et al., (2000) que teve como objetivo de estabelecer valores para os quais as cheias provocam danos, obteve-se as seguintes referências do

Quadro 2.

Quadro 2 - Consequências do Risco Hidrodinâmico

Risco Hidrodinâmico (m^2/s)	Consequências
<0,5	Crianças e deficientes são arrastados
0,5 – 1	Adultos são arrastados
1 – 3	Danos de submersão em edifícios e estruturais em casas fracas
3 – 7	Danos estruturais em edifícios e possível colapso
> 7	Colapso de certos edifícios

Fonte: Adaptado de SYNAVEN, 2000.

Viseu (2006) estabeleceu critérios para graduação do risco em função da profundidade e da velocidade. Considera-se o fato de que na área inundada existam edificações para proteção das pessoas em diferentes profundidades. Este é o princípio de evacuação vertical, em que se considera que as pessoas podem se deslocar para pavimentos superiores na tentativa de evitar a cheia. Os Quadros 4 e 5 a seguir apresentam estas graduações.

Quadro 3 - Nível de perigo para seres humanos

Nível	Classe	Inundação Estática (H)	Inundação Dinâmica (HxV)
Reduzido	Verde	< 1 m	< 0,5 m^2/s
Médio	Amarelo	1 m – 3 m	0,5 m^2/s – 0,75 m^2/s
Importante	Laranja	3 m – 6 m	0,75 m^2/s – 1,0 m^2/s
Muito Importante	Vermelho	> 6 m	> 1,0 m^2/s

Fonte: Adaptado de VISEU, 1998

Quadro 4 - Nível de perigo para edificações

Nível	Classe	Inundação Dinâmica (HxV)	Velocidade (V)
Reduzido	Verde	< 3 m ² /s	< 2 m/s
Médio	Amarelo	3 m ² /s – 5 m ² /s	2 m/s – 4 m/s
Importante	Laranja	5 m ² /s – 7 m ² /s	4 m/s – 5,5 m/s
Muito Importante	Vermelho	> 7 m ² /s	> 5,5 m/s

Fonte: Adaptado de VISEU, 1998

O risco hidrodinâmico será avaliado somente para a condição de dimensionamento do Vertedouro, ou seja, TR 1.000 anos, e seguirá a legenda da Tabela 15 a seguir.

Tabela 3 - Legenda para Risco Hidrodinâmico

Risco Hidrodinâmico (m ² /s)	Consequências
< 0,5	Crianças e deficientes são arrastados
0,5 -1	Adultos são arrastados
1 -3	Danos de submersão em edifícios e estruturas em casas fracas
3-7	Danos estruturais em edifícios e possível colapso
>7	Colapso de certos edifícios

5.2 Dados de entrada utilizados

5.2.1 Trecho da análise

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) estabelece o trecho de análise da simulação do rompimento da Barragem deverá ser estendido até Barragem de jusante com capacidade de amortecimento da onda. Já a Agência Nacional de Águas – ANA no Volume IV - Guia de Orientação e Formulários dos Planos de Ação de Emergência – PAE, item 5.2.3 Extensão de Cálculo, da Agência Nacional das águas (ANA) que estabelece conforme descrito item 5.1.12, que resumidamente descreve:

- Fronteiras físicas, ou seja, a foz do rio no oceano, a seção de confluência com outro rio de maior dimensão ou um reservatório a jusante;
- População que se encontram com mais de três horas após rompimento não são consideradas áreas de risco;
- Volume Reservatório entre 3 - 50 hm³ - análise da simulação do rompimento da Barragem no trecho a jusante até máximo 25 km.

A informação de rupturas históricas de barragens confirma estes fatos, indicando que a grande maioria das vítimas fatais ocorrem nos primeiros 25 km, sendo que esta distância diminui conforme a redução da altura da barragem e do volume do reservatório.

Para o estudo na PCH Rastro de Auto como o volume do reservatório está entre 3 - 50 hm³ (1,41 hm³) a extensão do trecho de modelagem foi considerada desde o reservatório até 25 km a jusante do Barramento da PCH Salto Forqueta.

Assim o trecho definido para o estudo foi de cerca de 32,20 km ao longo do eixo do rio Forqueta, incluindo o trecho desde o reservatório da PCH Rastro de Auto até 25 km a jusante da Barragem da PCH Salto Forqueta, passando pelos ribeirinhos de jusante e pelo local das casas de força das duas usinas, atendendo todas as recomendações nacionais (ANEEL e ANA) e internacionais.

As características da Usina com barragem de média altura (19,00 m), volume do reservatório pequeno (1,41 hm³) e vale de jusante aberto dissipando a onda em menor tempo indicam que o critério e o trecho de análise estão de acordo com a bibliografia.

5.2.2 Geografia da região e geometria do rio

Foram alimentados no software os dados de seção transversal em distâncias conforme locais onde foram obtidos níveis de água e de acordo com as mudanças percebidas na geografia da região de forma a se obter maior fidelidade na simulação.

O desenho RDA-C-SRE-001-00-21 – Seções na Restituição – Folha 01 a 05 presente no Anexo IV apresenta a localização das seções transversais obtidas pela restituição e utilizadas no modelo.

5.2.2.1 Cartografia

Foi utilizado a restituição existente fornecido pela CERTEL oriundo dos Projetos básicos do rio Forqueta.

A restituição aerofotogramétrica abrange a maior parte da área em estudo e foi executada com curvas de nível equidistantes de 1,00 m próximo a calha e de 5 m no restante, utilizando-se as imagens disponíveis no Google Earth.

A Restituição aerofotogramétrica do Inventário do Rio Forqueta no trecho entre a PCH Foz do Jacutinga e a CGH Olaria.

Todos estes dados estão apresentados no Anexo I – Dados, 1 – Cartografia e Topografia.

5.2.2.2 Topografia

Os dados utilizados de topografia também foram extraídos dos Projetos Básicos do rio Forqueta existentes, no trecho de jusante da Barragem da PCH Rastro de Auto, foram:

5.2.2.2.1 PCH Rastro de auto

- Levantamento de 03 seções topobatimétricas no local previsto para a implantação da casa de máquinas da PCHRDA.
- Levantamento de 03 seções topobatimétricas localizadas a jusante do local onde foi construído o barramento da PCHRDA.

5.2.2.2.2 PCH Salto Forqueta

- Levantamento de 03 seções topobatimétricas na região da casa de máquinas da PCHSF.
- Levantamento de 07 seções topobatimétricas localizada a montante e a jusante da posição da casa de máquinas da PCHSF.
- Levantamento de 01 seção topobatimétrica localizada a jusante da laje de dissipação do barramento da PCHSF.

5.2.2.2.3 PCH Moinho Velho

- Seções topobatimétricas B1, B2 e B3.
- Seções topobatimétricas B4, B5 e B6.
- Seções topobatimétricas B7 e B8.

5.2.2.2.4 PCH Vale Fundo

- Seção topobatimétrica barramento SB01.
- Seção topobatimétrica barramento SB02.
- Seção topobatimétrica barramento SB03.
- Seção topobatimétrica barramento SB04.
- Seção topobatimétrica barramento SB05.

- Seções topobatimétricas B01 e B02.
- Seções topobatimétricas B03, B04 e B05.
- Seções topobatimétricas B06 e B07.

5.2.2.2.5 PCH Vale Do Leite

- Seção topobatimétrica 01B.
- Seção topobatimétrica 01A.
- Seção topobatimétrica 01.
- Seção topobatimétrica 02.
- Seção topobatimétrica 03.
- Seção topobatimétrica 04.
- Seção topobatimétrica 05.

5.2.2.2.6 CGH Olaria

- Seções topobatimétricas S-00 e S-01.
- Seções topobatimétricas S-02 e S-03
- Seções topobatimétricas S-04 e S-05

Todos estes dados estão apresentados no Anexo I – Dados, 1 – Cartografia e Topografia.

5.2.3 Geometria da barragem

A barragem de enrocamento da margem esquerda, com altura máxima de 19,00 m no centro da Barragem/vertedouro, tem comprimento total de 160,65 m e cota de proteção das ombreiras na EL. 250,00 m. O vertedouro de soleira livre tem 132,00 m de comprimento e crista na EL. 250,00 m. Para o lançamento de dados no software foram utilizadas as referências dos desenhos da Tabela a seguir na Tabela 4.

Tabela 4 – Fontes da geometria da Barragem (Anexo I - Dados) – Projetista Electra Power (Como Construído)

Código	Revisão	Título	Ano
RDA-PEX-TEC-ABT-DE-001	0	Acessos e Arranjo Geral	2013
RDA-PEX-TEC-ABT-DE-004	0	Barragem – Planta e Vista de Montante	
RDA-PEX-TEC-ABT-DE-005	0	Estrutura de Desvio – Planta e Seção S1	
RDA-PEX-TEC-ABT-DE-009	0	Barragem – Formas Blocos 2 a 7 – Seção S3	

5.2.4 Hidrograma de Cheias

O capítulo tem por finalidade apresentar os estudos hidrológicos realizados para a obtenção do Hidrograma de Cheias para os diferentes tempos de recorrência calculados em relação a área da bacia hidrográfica no eixo do barramento da PCH Rastro de Auto.

5.2.4.1 Vazões de Cheias

Para a definição do hidrograma foram utilizadas as vazões de cheia recalculadas no “Estudo do lago de regularização e estudos da PCH Foz do Jacutinga e Vale do Leite” que foram desenvolvidas em 2021 pelo Eng. Elizeu Riba, e estão indicadas na Tabela 5 abaixo onde em negrito estão as vazões utilizadas na simulação do rompimento da barragem.

Tabela 5 – Vazões de Cheias na PCH Rastro de Auto – (1957-2014)

TR (anos)	Cheia Nor (m ³ /s)	Cheia Inst (m ³ /s)
10	589	818
50	827	1.148
100	927	1.287
500	1.159	1.609
1.000	1.259	1.748
10.000	1.590	2.207

Para os estudos de rompimento foram consideradas as vazões de 10, 100 e 1.000 anos. Assim o hidrograma de cheias foi definido com base nessas três vazões. O hidrograma é obtido através da multiplicação do tempo de concentração da bacia (considerado 10 horas) pelo adimensional (t/tp) e o valor da vazão de cheia para o respectivo tempo de recorrência pelo adimensional (Q/Qp). O pico da cheia é considerado no tempo $t/tp=1$ ou seja exatamente no tempo de concentração da bacia hidrográfica.

O menor valor de vazão considerado foi a Q_{mlt} que no caso da PCH Rastro de Auto é de 18,01 m³/s, sendo que onde os valores forem menores que este serão substituídos.

A Tabela 6 apresenta os valores do coeficiente de desagregação e os valores de tempo e vazão do hidrograma para cada cheia definida. O valor do tempo é o mesmo para todos os cenários sendo que apenas a vazão muda conforme o tempo de recorrência. Os valores de vazão correspondente ao tempo no hidrograma obtidos e utilizados no programa Hec-Ras também estão indicados na Tabela 6. As curvas dos hidrogramas estão indicadas no Gráfico 1 abaixo.

Tabela 6 – Coeficientes de Desagregação e Valores do Hidrograma para TR 10, 100 e 1.000 anos

Coef Desagregação		Tempo (h)	Vazão (m³/s)		
t/tp	Q/Qp		10	100	1.000
0,000	0	0	18,01	18,01	18,01
0,100	0,015	1	18,01	19,31	26,22
0,200	0,075	2	61,37	96,54	131,08
0,300	0,16	3	130,92	205,96	279,63
0,400	0,28	4	229,11	360,42	489,36
0,500	0,43	5	351,84	553,51	751,51
0,600	0,6	6	490,94	772,34	1.048,62
0,700	0,77	7	630,04	991,16	1.345,73
0,800	0,89	8	728,23	1.145,63	1.555,45
0,900	0,97	9	793,69	1.248,61	1.695,27
1,000	1	10	818,23	1.287,23	1.747,70
1,100	0,98	11	801,87	1.261,48	1.712,75
1,200	0,92	12	752,77	1.184,25	1.607,89
1,300	0,84	13	687,32	1.081,27	1.468,07
1,400	0,75	14	613,67	965,42	1.310,78
1,500	0,65	15	531,85	836,70	1.136,01
1,600	0,57	16	466,39	733,72	996,19
1,800	0,43	18	351,84	553,51	751,51
2,000	0,32	20	261,83	411,91	559,26
2,200	0,24	22	196,38	308,93	419,45
2,400	0,18	24	147,28	231,70	314,59
2,600	0,13	26	106,37	167,34	227,20
2,800	0,098	28	80,19	126,15	171,27
3,000	0,075	30	61,37	96,54	131,08
3,500	0,036	35	29,46	46,34	62,92
4,000	0,018	40	18,01	23,17	31,46
4,500	0,009	45	18,01	18,01	18,01
5,000	0,004	50	18,01	18,01	18,01

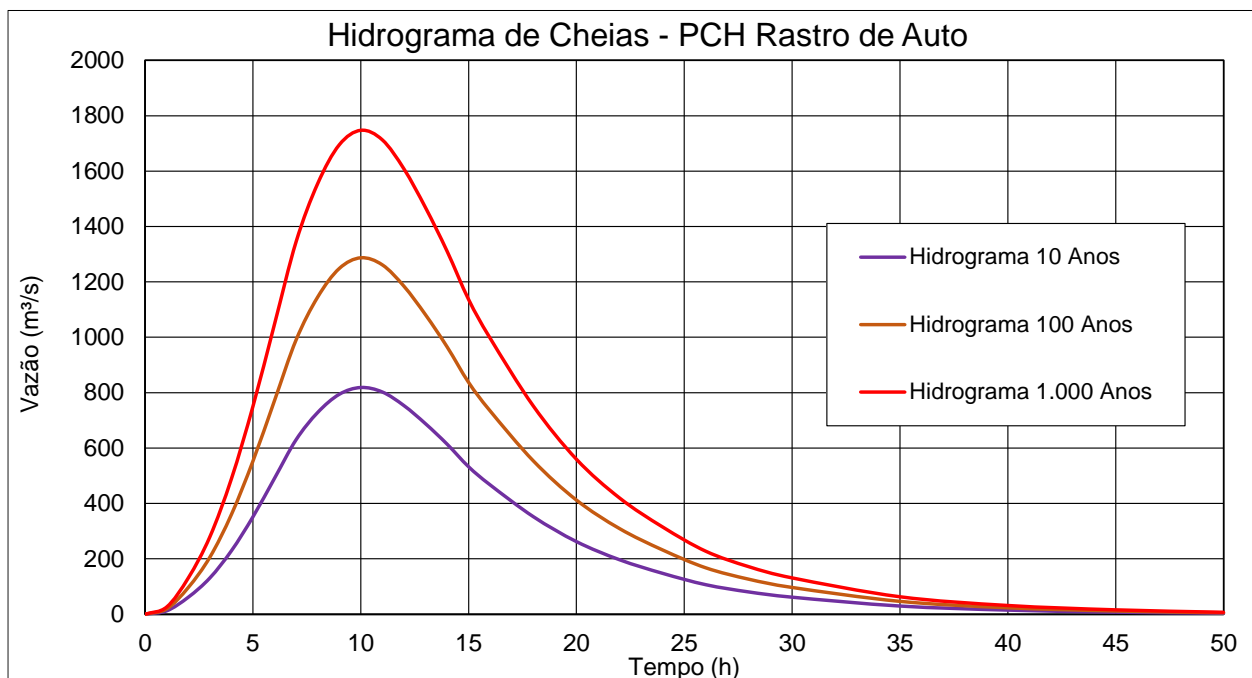


Gráfico 1 – Hidrograma de Cheias PCH Rastro de Auto

5.2.5 Capacidade de descarga do vertedouro

O vertedouro da PCH Rastro de Auto possui capacidade de descarga de 2.561,00 m³/s correspondente a cheia instantânea com tempo de recorrência de 10.000 anos com o nível do reservatório na elevação 254,00 m. Abaixo o Gráfico 2 apresenta a curva d descarga do vertedouro da PCH Rastro de Auto, bem como tabela indicando os níveis no reservatório para as respectivas vazões.

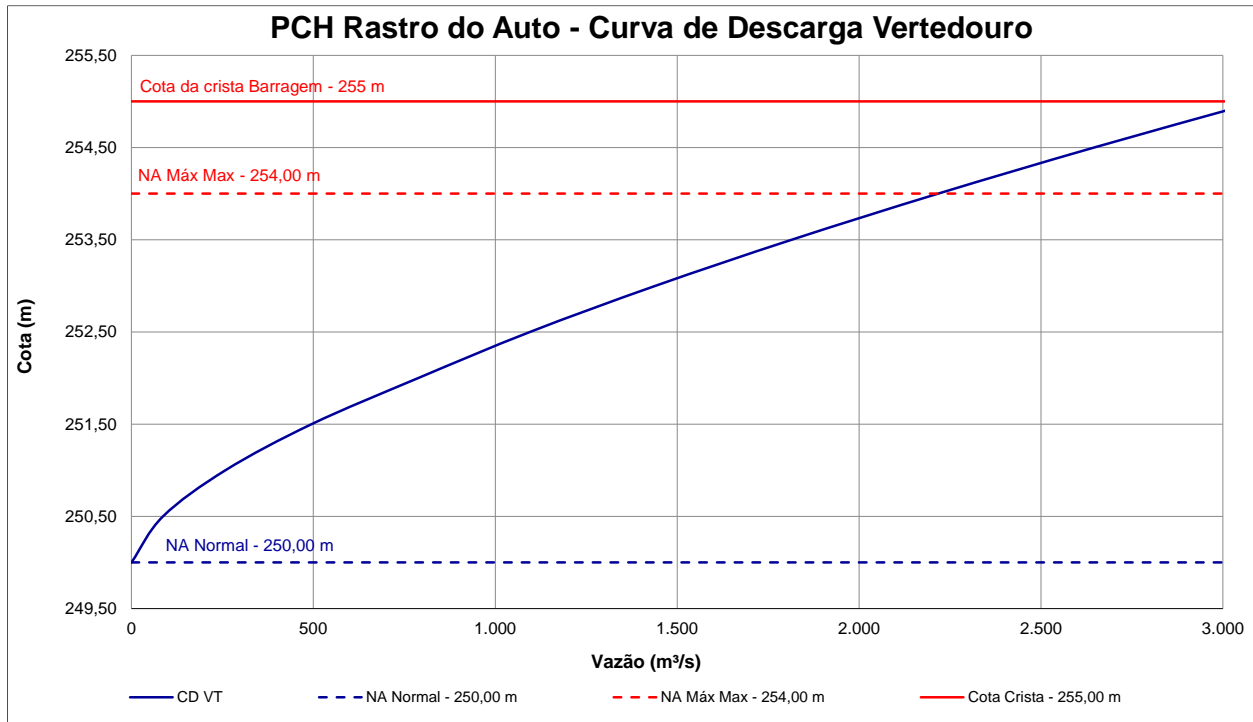


Gráfico 2 – Curva de Descarga Vertedouro PCH Rastro de Auto

5.2.6 Calibração do modelo matemático

A geometria do modelo matemático compreende aproximadamente 32,20 km de extensão, a partir do reservatório da PCH Rastro de Auto, de acordo com a Figura 23 a seguir. Ao todo foram inseridas 234 seções transversais, com média de 200 m de espaçamento entre elas, interpoladas a cada 50 m.

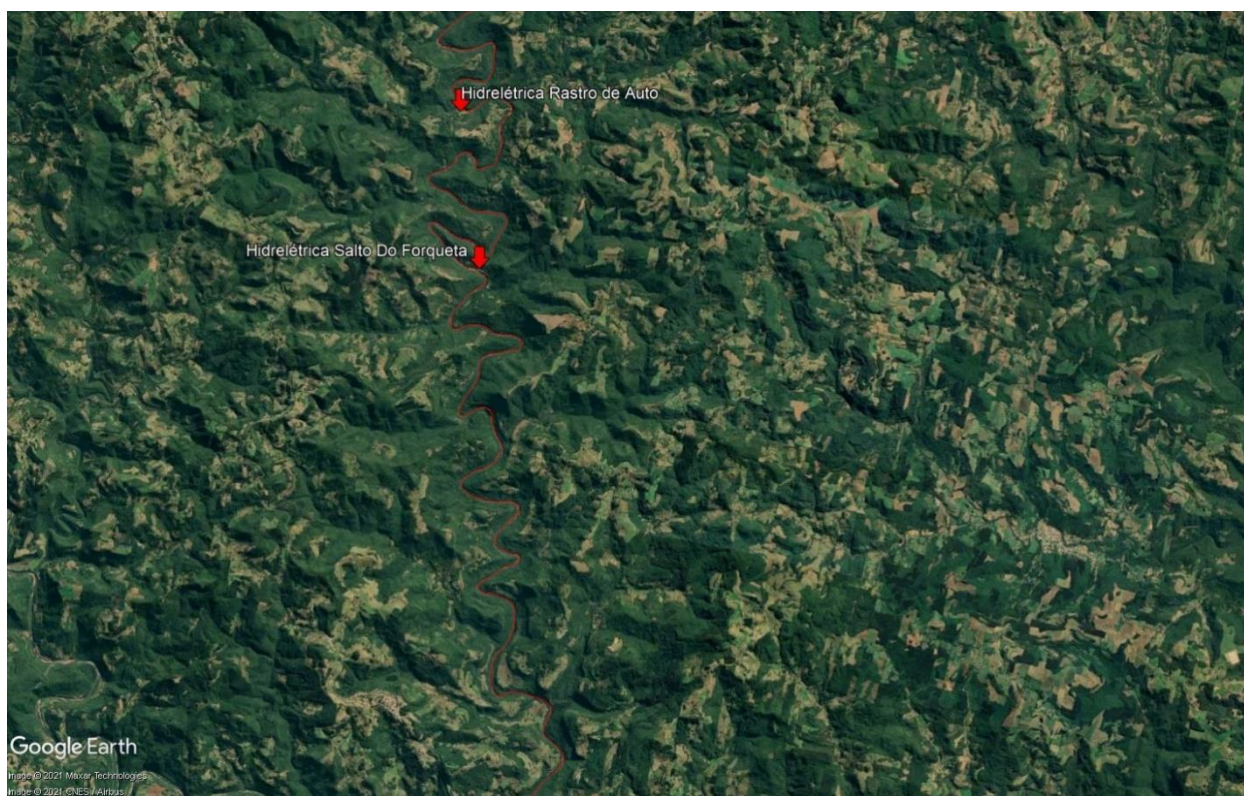


Figura 23 – Abrangência do modelo computacional (Google Earth)

A calibração do modelo foi realizada com base nas informações dos itens 5.1 e 5.2, a restituição das vazões no curso d'água, e as seções topobatimétricas, calibrando o fundo das seções provenientes da restituição, com a variação do coeficiente de manning e inserção de seções de controles ao longo do curso d'água.

Para calibração do modelo foram definidos parâmetros conforme detalhados a seguir.

5.2.6.1 Coeficiente de Rugosidade

Os coeficientes de rugosidade de Manning foram atribuídos a partir de valores reportados em bibliografia, considerando-se o julgamento de engenharia aplicado às variações da cobertura vegetal mapeada, e estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Parâmetros de rugosidade de Manning

Tipologia	Coeficiente de rugosidade de Manning (n)
Corpo d'água	0,040
Área Urbanizada	0,045

5.2.6.2 Fundo do rio – Calha

A calha do rio foi definida de acordo com seções topobatimétricas variando de 1,00 a 1,50 m.

5.2.6.3 Seções do modelo

A Figura 24 apresenta as 234 seções lançadas no programa, desde o reservatório até 32,00 km a jusante da barragem. No desenho RDA-C-SRE-001-00-21 – Seções na Restituição – Folhas 01 a 05, apresentados Anexo IV, estão indicadas a localização das seções a partir da montante barragem da PCH Rastro de Auto.

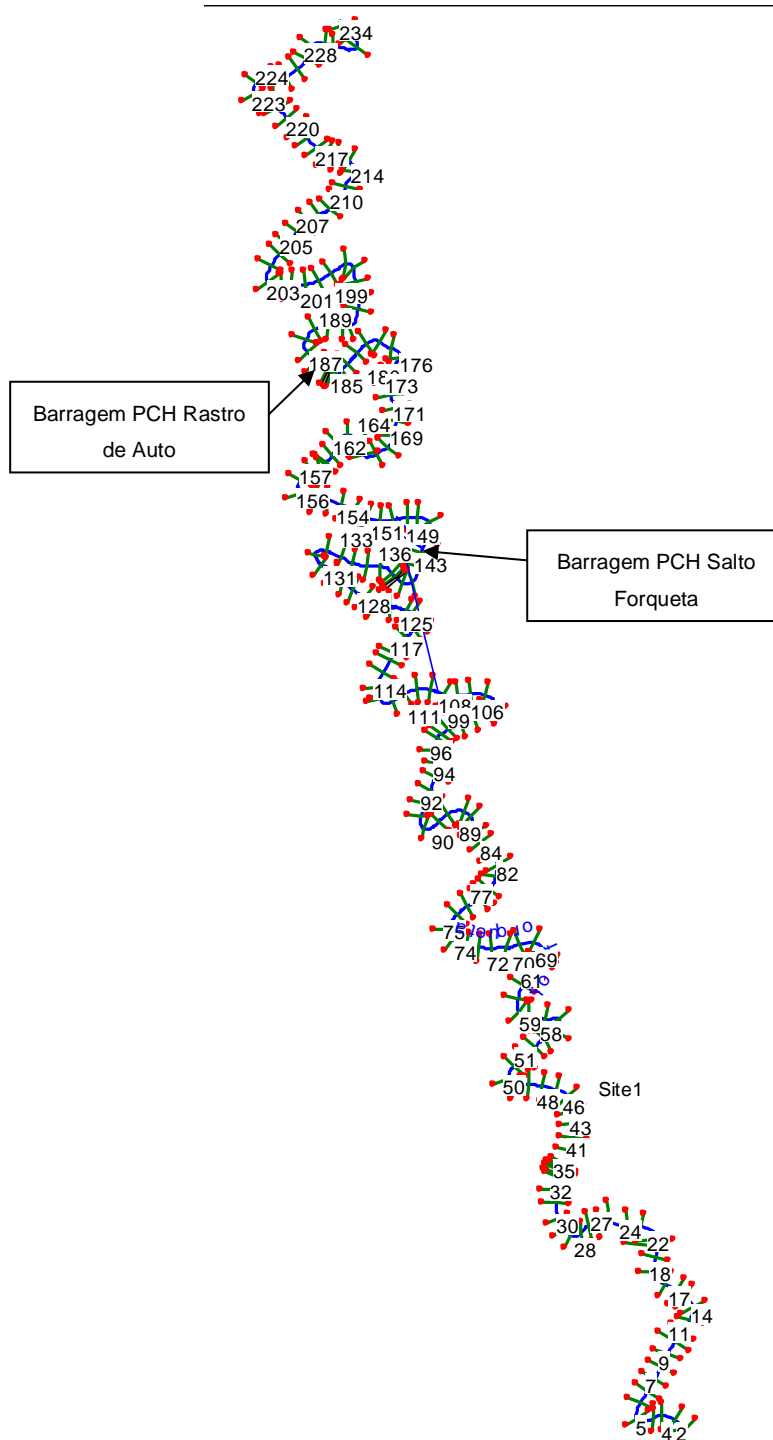


Figura 24 – Geometria do rio - Seções lançadas no Hec-Ras

5.2.6.4 Pontos de calibração

O Quadro a seguir apresenta estes pontos utilizados na calibração do modelo, conforme citado acima item 5.2.2.2.

Quadro 5 – Pontos de Apoio para calibração do rio

Seção	Descrição	Nível de Água Campo (m)	Cota Ponte (m)	Usina
184	Eixo A-D Rastro	236.51		Rastro
183	Eixo C-B Rastro	236.51		
182	Eixo E-F Rastro	236.5		
161	Eixo 3 Rastro	207.216		
160	Eixo 2 Rastro	206.637		
159	Eixo 1 Rastro	206.637		
139	Barragem SFO	185.8		Salto Forqueta
126	Batimetria 1 - CF SFO	177.2		Moinho Velho
125	Perfil 1 - CF SFO	173.09		Salto Forqueta
	Perfil 2 - CF SFO	173.04		
	Perfil 3 - CF SFO	172.99		
124	B-08 MV	170.58		Moinho Velho
122	Batimetria 2 - CF SFO	172.8		
121	Batimetria 3 - CF SFO	172.55		
120	Batimetria 4 - CF SFO	172.46		
119	Batimetria 5 - CF SFO	170.72		
118	Batimetria 6 - CF SFO	169.28		Salto Forqueta
117	B-07 MV	166.61		Moinho Velho
114	B-06 MV	164.35		
113	Batimetria 7 e Ponte - CF SFO		170.3	
110	B-05 MV	159.89		
106	B-04 MV	156.73		
102	B-03 MV	154.32		Vale Fundo
98	B-02 MV	154.686		
96	B-01 MV	153.47		
	B07- VF	153.47		
90	B06- VF	147.82		
87	B05 - VF	144.82		
83	B04 - VF	136.982		
79	B03 - VF	133.985		
75	B02 - VF	131.865		
71	B01 - VF	128.412		
67	SB05 - VF	128.492		
66	SB04 - VF	128.147		
65	SB03 - VF	128.098		
64	SB02 - VF	128.033		
63	SB01 - VF	128.03		
39	ST05-VL	104.09		Vale do Leite
38	ST04-VL	104.05		
37	ST03-VL	103.2		
36	ST02-VL	102.11		Vale do Leite
35	ST01-VL	101.9		
34	ST01A-VL	101.88		Olaria
33	ST01B-VL	101.82		

Seção	Descrição	Nível de Água Campo (m)	Cota Ponte (m)	Usina
30	S04-OL	100.413		
28	Seção 01	100.615		
27	Seção 02	100.211		
26	Seção 03	98.345		
24	S03-OL	96.802		
21	Seção 04	95.17		
20	S02-OL			
16	S01-OL	91.24		
11	S00-OL	88.177		

5.2.6.5 Perfil do Rio calibrado

Na Figura 25 a seguir está representado o perfil do escoamento da calibração da propagação da onda ao longo do trecho estudado com vazão média de 15 m³/s.

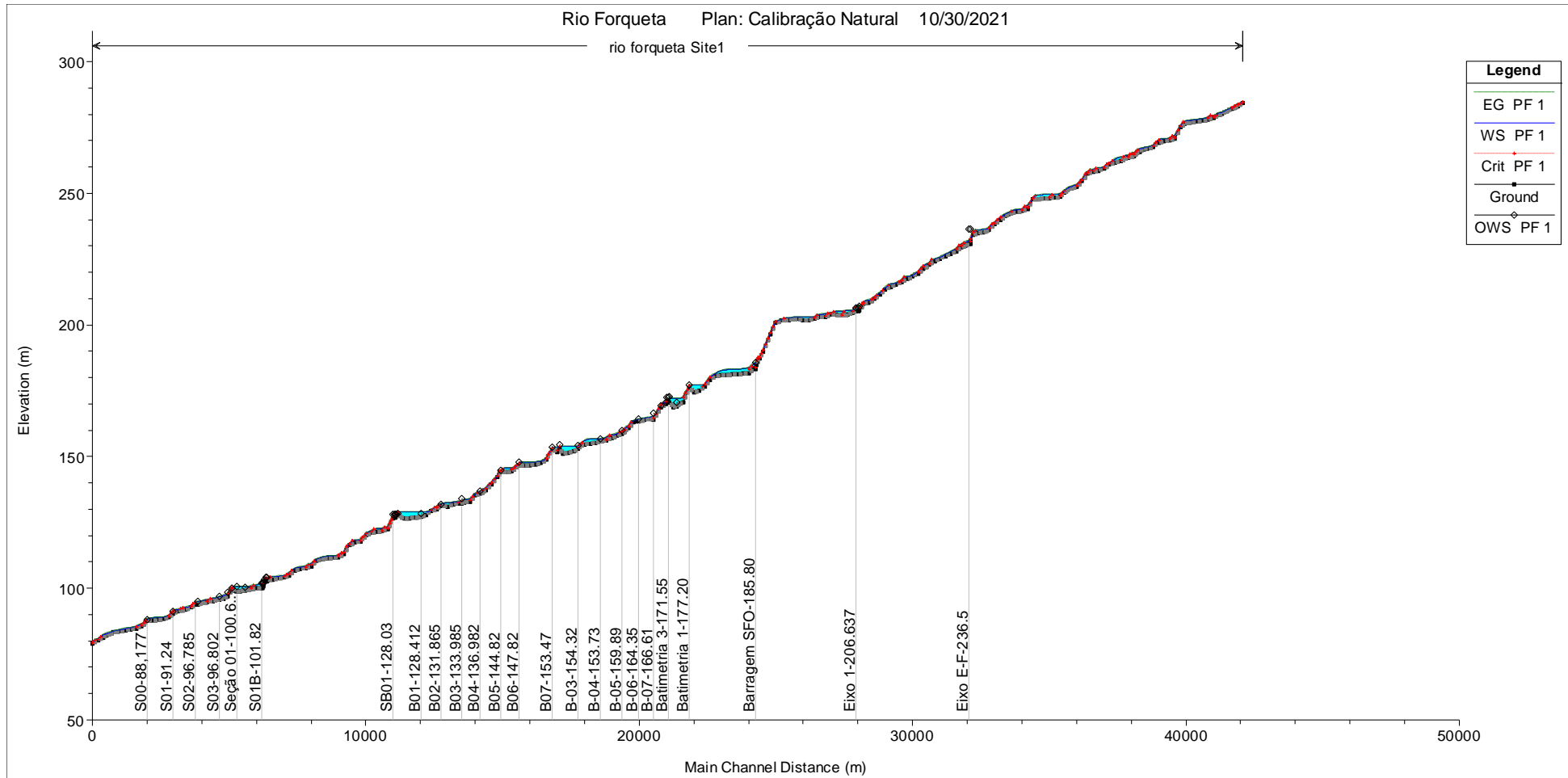


Figura 25 – Perfil do rio calibrado – Vazão média

5.3 Causa considerada para o rompimento

Para as simulações das cheias naturais sem o rompimento da barragem verifica-se que não há galgamento da barragem, conforme a Tabela 9.

Para a simulação de rompimento, devido às características da barragem, onde o trecho com maior altura sobre a fundação é de concreto, a hipótese considerada (pior situação) foi de grande vazamento originário do rompimento de múltiplos blocos do vertedouro de concreto (bloco mais profundo). O grande acúmulo de água em decorrência do elevado índice pluviométrico (recorrência) e os danos causados por erosão pluvial, correspondendo à **formação de brecha por falha de fundação ou colapso estrutural do concreto.**

A simulação de rompimento no bloco de concreto da estrutura do barramento resulta na pior hipótese com os maiores danos a jusante, porém deve ser mantido o controle nas estruturas auxiliares como vertedouro e ombreiras. Qualquer aumento repentino no fluxo, principalmente se houver infiltração de grande porte deve ser sinal para a entrada em nível de alerta podendo entrar em nível de **EMERGÊNCIA**, caso ocorra a ruptura por vazamento.

5.3.1 Dados utilizados para formação da brecha

Para a simulação de rompimento para todos os cenários foi adotada uma geometria retangular de múltiplos blocos do vertedouro de soleira, largura 19,00 m, rompendo o bloco mais profundo e atendendo aos critérios científicos de tamanho da brecha (Item 5.1.9). O Quadro 6 e a Figura 26 apresenta a modelagem da barragem no programa de simulação HEC-RAS.

O tempo de formação adotado foi de 6 minutos, por ser uma barragem de média altura com 19,00 m, e de acordo com os critérios científicos de tempo de formação da brecha para estrutura de concreto, conforme descrito e apresentado na Figura 22 e definido no item 5.1.11

Quadro 6 - Características da brecha inicial considerada Rastro de Auto

CARACTERÍSTICA DA BRECHA FORMADA	PCH Rastro de Auto
Tempo de ruptura (h)	0,10 h
Forma da brecha	Retangular
Largura da brecha (m)	19,00
Profundidade da brecha (m)	19,00
Localização da brecha	VT - Margem Esquerda

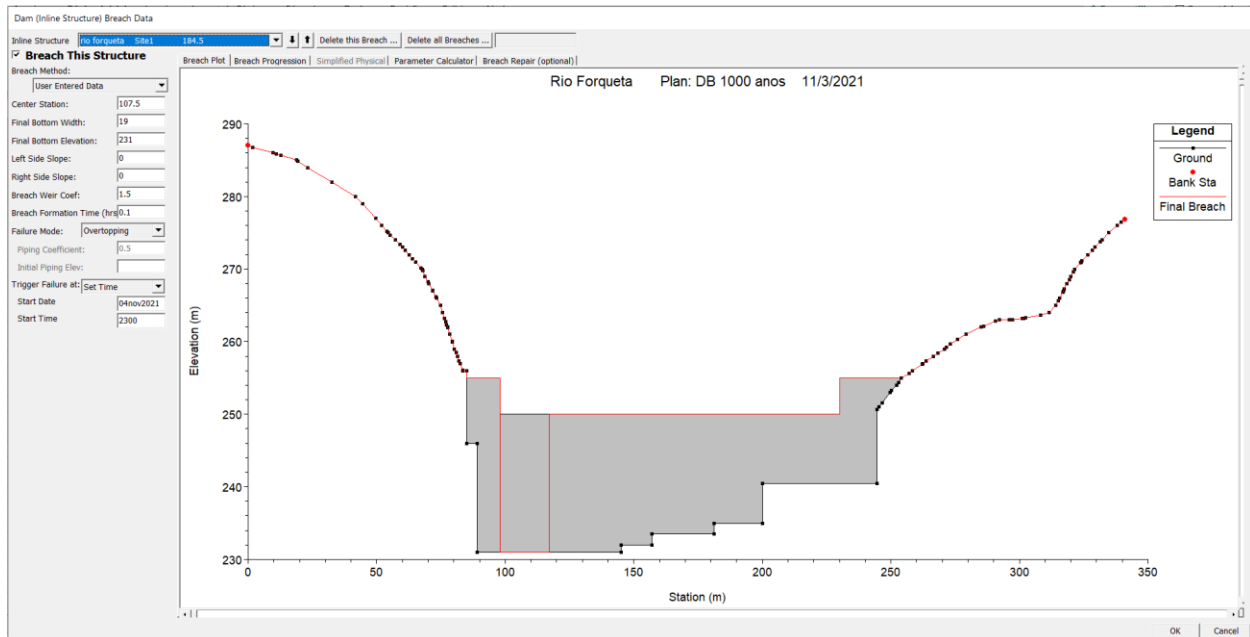


Figura 26 - Dados do Barramento Rastro de Auto com Brecha rompimento – HEC-RAS

Caso ocorra galgamento na barragem a jusante (PCH Salto Forqueta) será realizado efeito cascata com a brecha descritas abaixo o barramento.

5.3.1.1 Barragem Salto Forqueta

Será simulado rompimento da Barragem Salto Forqueta a partir do galgamento da crista da Barragem de 20 cm, ou seja, quando atingir a El. 212,00 m.

Para a simulação de rompimento, devido às características da barragem, onde o trecho com maior altura sobre a fundação é de concreto, a hipótese considerada (pior situação) foi de grande vazamento originário do rompimento de múltiplos blocos do vertedouro de concreto (bloco mais profundo). O grande acúmulo de água em decorrência do elevado índice pluviométrico (recorrência) e os danos causados por erosão pluvial, correspondendo à **formação de brecha por falha de fundação ou colapso estrutural do concreto.**

Para a simulação de rompimento foi adotada uma geometria retangular de múltiplos blocos do vertedouro, largura 30,00 m, rompendo região central atendendo os critérios científicos de tamanho da brecha (Item 5.1.9). A Figura 27 apresenta a modelagem da barragem no programa de simulação Hec-Ras.

O tempo de formação adotado foi de 6 minutos, barragem de média altura 29,50 m, e de acordo com os critérios científicos de tempo de formação da brecha para estrutura de concreto, conforme descrito e apresentado no Quadro 7 e na Figura 22 e definido no item 5.1.11.

Quadro 7 - Características da brecha inicial considerada – Salto Forqueta

CARACTERÍSTICA DA BRECHA FORMADA	PCH Salto Forqueta
Tempo de ruptura (h)	0,10 h
Forma da brecha	Retangular
Largura da brecha (m)	30,00
Profundidade da brecha (m)	29,50
Localização da brecha	VT - Margem Esquerda

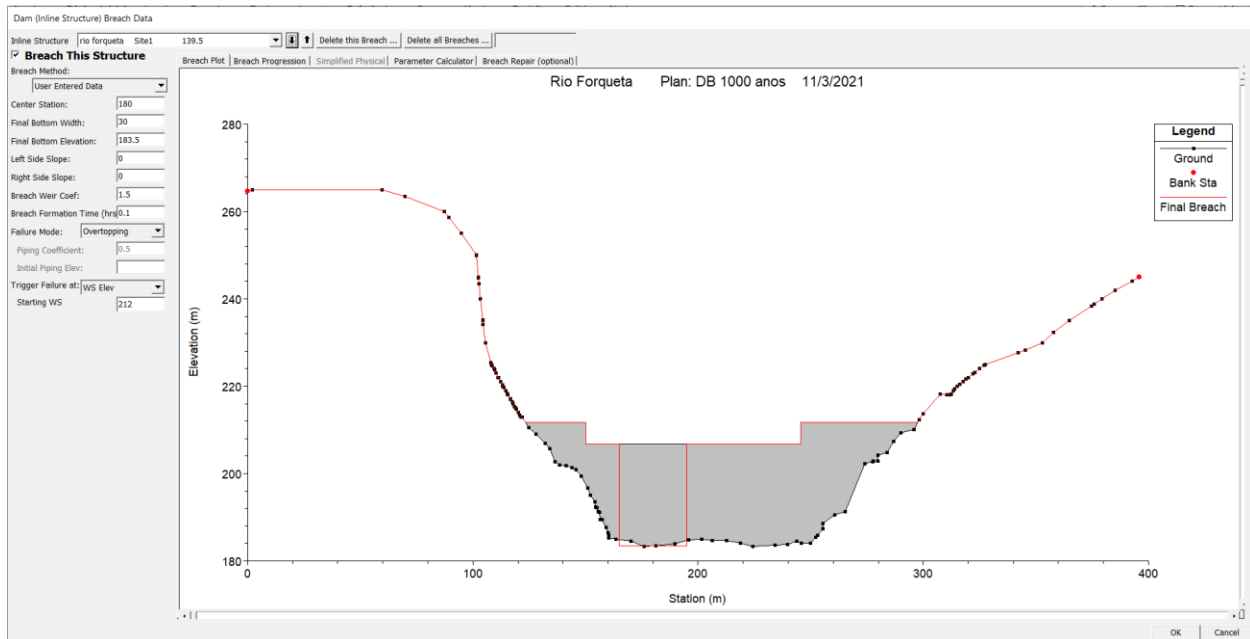


Figura 27 – Dados do Barramento Salto Forqueta com Brecha rompimento – Hec-Ras

5.4 Simulações Realizadas

Primeiramente simulou-se o Rio Forqueta na situação natural para as três vazões (TR 10, TR 100, e TR 1.000 anos), para depois simular o rompimento da barragem (dam break) da PCH Rastro de Auto. Não foi simulado a enchente de TR 10.000 anos devido a PCH Salto Forqueta ter capacidade máxima de vertimento para TR 1.000 anos.

A definição das vazões a serem simuladas estão de acordo com preconizado no item 4.2:

- Simulação 1 – Condição de enchente sem rompimento da Barragem (Natural);
- Simulação 2 – Condição de enchente com Rompimento da Barragem da PCH Rastro de Auto (Dam Break).

Na tabela abaixo estão apresentados os picos de vazão dos hidrogramas de cheias na barragem da PCH Rastro de Auto.

Tabela 8 – Hidrogramas para PCH Rastro de Auto

TR (anos)	Pico Máximo do Hidrograma de Cheias (m³/s)
10	818
100	1.287
1.000	1.747

5.4.1 Resultados Básicos Simulação 1

A Tabela 9 apresenta os resultados dos níveis de água obtidos na Barragem, Casa de Força e Ponte de jusante na jusante da PCH Salto Forqueta somente com a consideração de enchente, sem rompimento da Barragem de Rastro de Auto nos diferentes tempos de recorrência considerados.

Não ocorre inundação da Barragem e Casa de Força da PCH Rastro de Auto em enchentes. Só ocorre inundação da ponte a jusante da PCH Salto Forqueta e inundação da Casa de Força da PCH Salto Forqueta na TR 1000 anos.

Tabela 9 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Rastro de Auto sem rompimento da Barragem

Estrutura	Distância em relação Barragem Rastro de Auto (km)	Cota de Proteção (m)	10 ANOS	100 ANOS	1000 ANOS
			Níveis sem Rompimento		
Barragem Rastro de Auto	0,00	255,00	252,05	252,77	253,39
Casa de Força Rastro de Auto	4,26	217,00	210,74	211,77	212,63
Barragem Salto Forqueta	7,90	211,80	209,35	210,25	211,03
Casa de Força Salto Forqueta	10,84	179,76	178,03	179,56	180,76
Ponte Jusante	12,31	168,98	170,16	171,18	172,02

(*) Destacados em vermelho ocorre inundação

5.4.2 Resultados Básicos Simulação 2

Todas as simulações de rompimento foram efetuadas para os tempos de recorrência de 10, 100, e 1.000 anos, com o rompimento ocorrendo no nível máximo conforme enchentes para cada tempo de recorrência considerado.

A Tabela 10 apresenta os resultados dos níveis de água obtidos nas Barragens, Casa de Força e Ponte de jusante com a consideração do rompimento da Barragem de Rastro de Auto.

Ocorreram inundações na Casa de Forçada salto Forqueta e na ponte jusante.

Tabela 10 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Rastro de Auto com rompimento da Barragem

Estrutura	Distância em relação Barragem Rastro de Auto (km)	Cota de Proteção (m)	10 ANOS	100 ANOS	1000 ANOS
			Níveis com Rompimento		
Barragem Rastro de Auto	0,00	255,00	252,03	252,75	253,36
Casa de Força Rastro de Auto	4,26	217,00	211,75	212,57	213,15
Barragem Salto Forqueta	7,90	211,80	210,01	210,81	211,42
Casa de Força Salto Forqueta	10,84	179,76	179,04	180,34	181,27
Ponte Jusante	12,31	168,98	170,75	171,71	172,43

(*) Destacados em vermelho ocorre inundação

5.5 Altura Máxima da Onda

Foi verificada a cota de proteção da Casa de Força de Rastro de Auto, da Ponte de jusante (acesso PCH Salto Forqueta) e na Barragem e Casa de Força da PCH Salto Forqueta.

Ocorre inundação da Ponte de Jusante com rompimento da barragem em qualquer condição hidrológica e inundação da Casa de Força da PCH Salto Forqueta com rompimento da Barragem a partir da TR 100 anos.

Tabela 11 – Níveis Estruturas – Natural e com rompimento Barragem Rastro de Auto

Estrutura	Condição	Cota de Proteção (m)	NA Máximo (m)		
			10 ANOS	100 ANOS	1000 ANOS
Casa de Força Rastro de Auto	Natural sem rompimento	217,00	210,74	211,77	212,63
	Com rompimento barragem		211,75	212,57	213,15
Barragem Salto Forqueta	Natural sem rompimento	211,80	209,35	210,25	211,03
	Com rompimento barragem		210,01	210,81	211,42
Casa de Força Salto Forqueta	Natural sem rompimento	179,76	178,03	179,56	180,76
	Com rompimento barragem		179,04	180,34	181,27
Ponte Jusante	Natural sem rompimento	168,98	170,16	171,18	172,02
	Com rompimento barragem		170,75	171,71	172,43

(*) Destacados em vermelho ocorre inundação

Aa Tabela 12 e Tabela 13 apresentam os níveis máximos obtidos nas simulações, com e sem dam break, e altura máxima da onda (Δ), que é a diferença de nível entre as duas hipóteses para todas as seções da restituição definidas no estudo. Também está apresentado a velocidade e vazão máxima obtida em cada seção. O ponto do barramento a jusante estão selecionados junto com outras seções de interesse que estão definidas nas descrições.

- Condição Natural – Sem rompimento da Barragem;
- Dam Break – Com rompimento da Barragem.

Tabela 12 – Resultados Obtidos- Natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Rastro de Auto para TR 10 e TR 100 anos

Seção	Descrição	PERFIL			10 ANOS					100 ANOS				
		Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
234		165,00	42071	284,15	288,81	288,81	0,00	4,00	818,23	289,69	289,69	0,00	4,45	1287,23
233		221,60	41906	283,22	287,50	287,50	0,00	3,04	818,00	288,58	288,58	0,00	3,37	1286,88
232		364,48	41685	282,06	286,80	286,80	0,00	2,45	816,99	287,99	287,99	0,00	2,80	1286,31
231		120,00	41320	280,17	285,95	285,95	0,00	2,25	816,91	287,18	287,18	0,00	2,62	1285,19
230		200,00	41200	279,76	285,38	285,38	0,00	3,05	816,85	286,61	286,61	0,00	3,37	1285,14
229		200,00	41000	278,49	284,94	284,94	0,00	2,12	816,74	286,15	286,15	0,00	2,68	1285,02
228		200,00	40800	277,97	284,18	284,18	0,00	3,09	816,60	285,41	285,41	0,00	3,34	1284,89
227		200,00	40600	277,52	283,44	283,44	0,00	2,88	816,45	284,59	284,59	0,00	3,37	1284,70
226		200,00	40400	277,23	282,56	282,56	0,00	3,22	816,23	283,65	283,65	0,00	3,74	1284,53
225		241,55	40200	276,94	281,88	281,88	0,00	2,60	816,21	282,98	282,98	0,00	3,08	1284,35
224		158,48	39959	276,41	281,00	281,00	0,00	2,11	816,16	282,04	282,04	0,00	2,53	1284,11
223		200,00	39800	275,02	279,06	279,06	0,00	5,23	816,12	280,06	280,06	0,00	5,54	1284,09
222		200,00	39600	270,67	276,77	276,77	0,00	3,37	816,07	278,04	278,04	0,00	4,00	1284,06
221		200,00	39400	270,23	275,53	275,53	0,00	3,24	816,01	276,72	276,72	0,00	3,73	1284,00
220		200,00	39200	269,87	275,03	275,03	0,00	2,52	815,89	276,36	276,36	0,00	2,80	1283,88
219		200,00	39000	269,26	273,98	273,98	0,00	2,70	815,74	275,39	275,39	0,00	3,07	1283,31
218		200,00	38800	267,55	273,38	273,38	0,00	2,67	815,69	274,84	274,84	0,00	3,03	1283,29
217		140,01	38600	267,06	272,57	272,57	0,00	3,15	815,64	273,93	273,93	0,00	3,75	1283,25
216		160,00	38460	266,73	272,32	272,32	0,00	2,52	815,58	273,78	273,78	0,00	2,88	1283,20
215		202,45	38300	265,82	271,82	271,82	0,00	2,70	815,25	273,41	273,41	0,00	2,86	1283,12
214		205,70	38098	264,18	271,58	271,58	0,00	1,95	815,25	273,23	273,23	0,00	2,27	1283,00
213		291,84	37892	263,45	270,65	270,65	0,00	2,76	815,24	272,22	272,22	0,00	3,17	1282,91
212		200,00	37600	262,15	269,78	269,78	0,00	1,24	815,20	271,24	271,24	0,00	1,55	1282,75
211		200,00	37400	261,53	267,84	267,84	0,00	3,86	815,17	269,12	269,12	0,00	4,58	1282,52
210		200,00	37200	260,84	267,31	267,31	0,00	2,51	815,12	268,87	268,87	0,00	2,69	1282,50
209		200,00	37000	259,32	265,79	265,79	0,00	3,52	815,07	267,18	267,18	0,00	4,18	1282,47

PERFIL					10 ANOS					100 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
208		200,00	36800	258,60	265,54	265,54	0,00	2,59	815,00	266,96	266,96	0,00	3,16	1282,43
207		200,00	36600	258,08	264,31	264,31	0,00	3,24	814,89	265,67	265,67	0,00	3,85	1282,38
206		200,00	36400	257,41	263,09	263,09	0,00	3,46	814,89	264,63	264,63	0,00	3,81	1282,30
205		200,00	36200	254,51	260,96	260,96	0,00	3,75	814,88	262,92	262,92	0,00	4,17	1282,23
204		247,85	36000	252,41	259,10	259,10	0,00	5,26	814,86	260,60	260,60	0,00	6,39	1282,17
203		207,60	35752	251,75	258,18	258,18	0,00	3,36	814,84	259,69	259,69	0,00	3,96	1282,11
202		144,57	35545	250,18	256,67	256,65	-0,02	4,30	814,82	258,21	258,19	-0,02	4,77	1281,23
201		200,00	35400	248,58	255,89	255,87	-0,02	3,90	808,33	257,17	257,15	-0,02	4,74	1276,57
200		200,00	35200	248,40	255,93	255,90	-0,03	2,20	808,07	257,31	257,29	-0,02	2,80	1276,39
199		200,00	35000	248,20	255,50	255,48	-0,02	2,24	807,75	256,84	256,82	-0,02	2,79	1276,26
198		253,86	34800	248,01	255,25	255,23	-0,02	2,07	807,36	256,59	256,56	-0,03	2,44	1276,21
197		146,19	34546	247,78	254,57	254,55	-0,02	2,47	806,86	255,82	255,80	-0,02	2,90	1271,60
196		200,00	34400	247,65	253,12	253,09	-0,03	4,58	806,56	254,46	254,43	-0,03	4,62	1271,27
195		200,00	34200	243,82	252,60	252,58	-0,02	2,64	806,32	253,73	253,70	-0,03	3,39	1270,92
194		200,00	34000	243,23	252,48	252,46	-0,02	1,94	806,08	253,54	253,52	-0,02	2,65	1270,61
193		286,44	33800	242,86	252,32	252,29	-0,03	2,06	805,84	253,25	253,23	-0,02	2,84	1270,32
192		113,52	33514	242,03	252,18	252,16	-0,02	1,24	805,48	253,03	253,01	-0,02	1,72	1269,94
191		200,00	33400	241,58	252,11	252,09	-0,02	1,43	805,30	252,90	252,88	-0,02	2,04	1269,75
190		200,00	33200	239,71	252,11	252,09	-0,02	1,10	804,97	252,90	252,87	-0,03	1,59	1269,45
189		200,00	33000	238,15	252,00	251,98	-0,02	1,54	804,69	252,66	252,64	-0,02	2,27	1269,20
188		220,00	32800	236,23	252,04	252,02	-0,02	0,89	804,41	252,75	252,73	-0,02	1,32	1268,98
187		180,00	32580	235,21	252,04	252,03	-0,01	0,69	803,98	252,76	252,74	-0,02	1,02	1268,63
186		200,00	32400	234,82	252,02	252,00	-0,02	0,84	803,61	252,71	252,69	-0,02	1,25	1268,34
185		75,34	32200	231,00	252,05	252,03	-0,02	0,29	803,10	252,77	252,75	-0,02	0,45	1267,94
184,5	Barragem Rastro de Auto													
184	Eixo A-D-236.51	15,68	32125	230,96	239,40	241,50	2,10	4,22	1861,93	240,53	241,93	1,40	4,53	2130,56
183	Eixo C-B-236.51	64,52	32109	230,59	239,34	241,39	2,05	4,32	1858,30	240,46	241,82	1,36	4,63	2129,20
182	Eixo E-F-236.5	119,52	32045	230,80	238,40	240,09	1,69	6,20	1843,84	239,32	240,60	1,28	6,19	2122,66

PERFIL					10 ANOS					100 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
181		124,95	31925	230,22	237,07	239,58	2,51	3,29	1847,28	238,62	240,48	1,86	3,26	2174,11
180		200,00	31800	229,52	236,41	238,86	2,45	3,96	1791,74	237,98	239,78	1,80	4,05	2145,05
179		200,00	31600	228,05	235,25	237,75	2,50	4,31	1719,45	236,93	238,79	1,86	4,43	2105,48
178		200,00	31400	227,07	233,78	235,95	2,17	5,66	1660,25	235,27	236,92	1,65	5,94	2071,35
177		200,00	31200	226,11	231,92	233,69	1,77	6,70	1620,25	233,16	234,56	1,40	7,18	2047,10
176		200,00	31000	225,08	231,07	232,84	1,77	3,89	1596,80	232,35	233,61	1,26	4,24	2021,37
175		200,00	30800	224,17	229,78	231,39	1,61	4,87	1588,31	230,96	232,12	1,16	5,10	1969,22
174		200,00	30600	222,92	229,10	230,89	1,79	3,31	1573,02	230,44	231,71	1,27	3,57	1964,50
173		200,00	30400	221,20	227,33	228,86	1,53	5,92	1558,27	228,48	229,59	1,11	6,19	1959,41
172		200,00	30200	219,53	224,92	226,49	1,57	5,67	1545,46	226,13	227,31	1,18	6,02	1954,26
171		200,00	30000	218,34	223,85	225,51	1,66	4,50	1527,93	225,20	226,46	1,26	4,79	1945,34
170		200,00	29800	217,38	223,49	225,16	1,67	3,51	1505,53	224,86	226,12	1,26	3,87	1933,77
169		200,00	29600	216,40	221,85	223,25	1,40	5,14	1459,79	223,05	224,08	1,03	5,72	1922,63
168		200,00	29400	215,45	221,59	223,17	1,58	3,16	1457,92	222,94	224,09	1,15	3,55	1909,40
167		200,00	29200	214,49	220,02	221,26	1,24	5,78	1455,71	221,08	222,02	0,94	6,32	1896,08
166		200,00	29000	213,57	218,57	220,10	1,53	3,63	1451,15	219,89	221,06	1,17	3,57	1866,67
165		200,00	28800	211,64	217,19	218,54	1,35	4,57	1443,36	218,37	219,35	0,98	4,97	1865,67
164		200,00	28600	209,82	215,24	216,39	1,15	5,61	1437,04	216,25	217,12	0,87	6,05	1864,16
163		200,00	28400	208,48	214,10	215,51	1,41	3,37	1427,01	215,38	216,46	1,08	3,59	1860,34
162		145,71	28200	208,10	212,62	213,76	1,14	5,07	1415,69	213,70	214,51	0,81	5,59	1855,82
161	Eixo 3-207.216	34,64	28054	205,62	212,43	213,61	1,18	3,47	1408,23	213,56	214,38	0,82	3,94	1852,38
160	Eixo 2-206.637	79,62	28020	205,27	211,68	212,71	1,03	5,56	1406,50	212,66	213,49	0,83	6,11	1851,55
159	Eixo 1-206.637	140,00	27940	205,21	210,74	211,75	1,01	5,32	1402,84	211,77	212,57	0,80	5,70	1849,89
158		177,76	27800	203,03	209,59	210,50	0,91	4,50	1377,02	210,70	211,41	0,71	4,94	1846,51
157		202,23	27622	200,34	209,33	209,95	0,62	3,44	1279,95	210,28	210,83	0,55	3,73	1701,55
156		220,02	27420	197,72	209,50	210,25	0,75	1,37	1368,14	210,54	211,20	0,66	1,56	1793,08
155		200,01	27200	195,71	209,45	210,16	0,71	1,49	1359,49	210,45	211,09	0,64	1,72	1788,18
154		200,01	27000	193,26	209,42	210,11	0,69	1,41	1281,34	210,39	211,00	0,61	1,79	1784,06

PERFIL					10 ANOS					100 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
153		200,01	26800	192,42	209,37	210,02	0,65	1,66	1280,37	210,30	210,85	0,55	2,10	1780,15
152		200,01	26600	191,47	209,36	210,00	0,64	1,49	1278,91	210,26	210,80	0,54	1,88	1709,88
151		200,01	26400	190,57	209,37	210,02	0,65	1,10	1277,01	210,29	210,84	0,55	1,38	1709,59
150		200,01	26200	189,62	209,36	210,00	0,64	1,12	1274,40	210,26	210,81	0,55	1,40	1709,13
149		200,01	26000	189,57	209,36	210,02	0,66	0,84	1270,98	210,27	210,83	0,56	1,05	1708,40
148		150,12	25800	189,51	209,36	210,02	0,66	0,73	1266,95	210,27	210,83	0,56	0,93	1707,50
147		194,22	25650	188,69	209,36	210,01	0,65	0,80	1263,83	210,26	210,82	0,56	1,02	1706,73
146		255,69	25456	187,83	209,35	210,00	0,65	0,87	1259,86	210,24	210,79	0,55	1,12	1705,63
145		200,01	25200	187,16	209,35	210,01	0,66	0,59	1253,28	210,26	210,81	0,55	0,76	1703,71
144		200,01	25000	186,15	209,35	210,00	0,65	0,62	1247,51	210,25	210,80	0,55	0,81	1701,99
143		260,01	24800	186,02	209,35	210,01	0,66	0,55	1241,75	210,25	210,80	0,55	0,71	1700,21
142		140,00	24540	184,92	209,35	210,01	0,66	0,28	1231,41	210,26	210,82	0,56	0,37	1696,94
141		101,01	24400	184,31	209,35	210,01	0,66	0,31	1224,68	210,26	210,82	0,56	0,41	1694,83
140	Barragem SFO-185.80	38,99	24299	183,27	209,35	210,01	0,66	0,38	1220,37	210,25	210,81	0,56	0,51	1693,47
139,5	Barragem Salto Forqueta													
139		60,01	24260	183,27	191,69	192,85	1,16	1,41	1220,37	193,28	194,20	0,92	1,66	1693,47
138		200,00	24200	183,56	190,89	191,96	1,07	4,58	1218,64	192,40	193,26	0,86	4,71	1692,14
137		200,00	24000	181,60	190,80	191,93	1,13	2,76	1213,20	192,37	193,23	0,86	3,14	1688,37
136		200,00	23800	181,47	190,00	190,99	0,99	4,00	1201,24	191,38	192,11	0,73	4,59	1684,95
135		200,00	23600	181,32	189,59	190,58	0,99	3,24	1200,42	190,98	191,72	0,74	3,75	1681,54
134		216,10	23400	181,17	189,36	190,32	0,96	2,85	1199,40	190,70	191,40	0,70	3,38	1677,93
133		199,44	23184	181,02	188,71	189,55	0,84	3,29	1198,04	189,89	190,48	0,59	3,84	1669,37
132		184,44	22984	180,90	187,08	187,89	0,81	5,01	1195,94	188,26	188,86	0,60	5,19	1669,14
131		200,00	22800	180,63	186,07	186,92	0,85	3,37	1193,56	187,30	188,00	0,70	3,48	1668,12
130		200,00	22600	179,19	184,56	185,47	0,91	4,28	1189,93	185,90	186,63	0,73	4,49	1666,18
129		200,00	22400	176,54	183,56	184,63	1,07	3,43	1179,04	185,14	185,92	0,78	3,76	1663,66
128		200,00	22200	175,15	183,24	184,25	1,01	3,05	1178,39	184,72	185,46	0,74	3,56	1661,07
127		162,48	22000	174,37	182,99	183,97	0,98	2,76	1177,63	184,43	185,15	0,72	3,21	1658,42

PERFIL					10 ANOS					100 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
126	Batimetria 1-177.20	237,50	21838	176,14	181,36	182,24	0,88	6,36	1177,00	182,67	183,33	0,66	6,72	1656,32
125		236,95	21600	170,72	178,93	180,08	1,15	3,79	1175,54	180,63	181,42	0,79	4,06	1648,16
124	B-08-170.58	115,62	21363	169,13	178,03	179,04	1,01	3,05	1172,64	179,56	180,34	0,78	3,60	1647,30
123		143,97	21247	168,79	178,12	179,18	1,06	2,06	1171,10	179,72	180,54	0,82	2,47	1646,93
122	Batimetria 2-172.8	20,89	21103	170,50	177,29	178,20	0,91	4,27	1169,10	178,69	179,44	0,75	4,66	1646,39
121	Batimetria 3-171.55	69,06	21083	170,62	177,26	178,17	0,91	4,09	1168,82	178,67	179,47	0,80	4,35	1646,29
120	Batimetria 4-172.46	47,79	21014	170,49	176,56	177,41	0,85	4,88	1167,97	177,87	178,61	0,74	5,29	1645,97
119	Batimetria 5-170.72	163,28	20966	170,05	175,99	176,79	0,80	5,35	1167,47	177,20	177,82	0,62	6,07	1645,79
118	Batimetria 6-169.28	285,72	20802	168,73	173,54	174,34	0,80	5,93	1165,90	174,78	175,44	0,66	6,55	1645,24
117	B-07-166.61	116,76	20517	164,01	171,97	172,95	0,98	3,51	1161,64	173,46	174,16	0,70	4,22	1643,94
116		200,00	20400	164,29	171,33	172,13	0,80	4,36	1161,39	172,52	173,03	0,51	5,31	1643,41
115		227,00	20200	164,03	171,22	172,05	0,83	2,87	1160,67	172,46	173,00	0,54	3,50	1642,27
114	B-06-164.35	82,84	19973	163,31	171,11	171,92	0,81	2,13	1159,48	172,33	172,86	0,53	2,66	1640,38
113	Batimetria 7 e Ponte-168.98	90,14	19890	163,34	170,16	170,75	0,59	4,86	1159,08	171,18	171,71	0,53	5,20	1639,68
112		200,00	19800	162,93	168,89	169,69	0,80	3,07	1158,49	170,16	170,81	0,65	3,46	1638,76
111		224,05	19600	160,79	166,92	167,86	0,94	3,96	1156,68	168,46	169,23	0,77	4,18	1631,74
110	B-05-159.89	175,92	19376	158,59	165,78	166,82	1,04	3,84	1153,64	167,46	168,27	0,81	4,19	1631,18
109		200,00	19200	157,85	164,87	165,76	0,89	4,51	1146,85	166,32	166,99	0,67	5,19	1630,69
108		200,00	19000	157,07	164,07	165,04	0,97	3,85	1146,48	165,70	166,46	0,76	4,15	1629,72
107		217,50	18800	156,22	163,77	164,82	1,05	2,66	1145,58	165,52	166,31	0,79	3,01	1628,29
106	B-04-153.73	182,48	18583	155,75	162,89	163,79	0,90	3,86	1144,62	164,40	165,03	0,63	4,53	1626,94
105		200,00	18400	155,23	162,81	163,73	0,92	2,60	1143,72	164,36	165,02	0,66	3,11	1625,92
104		200,00	18200	154,94	162,52	163,37	0,85	2,89	1142,53	163,98	164,57	0,59	3,46	1624,60
103		247,30	18000	154,65	160,78	161,69	0,91	3,18	1132,45	162,36	163,12	0,76	3,25	1616,98
102	B-03-154.32	152,68	17753	153,02	160,47	161,48	1,01	1,95	1131,87	162,21	162,99	0,78	2,14	1615,95
101		200,00	17600	151,90	159,82	160,68	0,86	3,64	1131,55	161,29	161,95	0,66	4,28	1615,47
100		200,00	17400	151,43	159,38	160,18	0,80	3,49	1131,09	160,73	161,32	0,59	4,20	1614,96

PERFIL					10 ANOS					100 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
99		117,00	17200	151,14	159,23	160,01	0,78	2,64	1130,54	160,56	161,14	0,58	3,22	1614,39
98	B-02-154.686	83,00	17083	153,11	158,69	159,40	0,71	3,70	1130,13	159,89	160,40	0,51	4,31	1613,96
97		178,60	17000	151,83	158,39	159,05	0,66	3,55	1129,81	159,50	159,97	0,47	4,24	1613,63
96	B07-153.47	221,40	16821	152,53	157,44	158,19	0,75	3,54	1128,92	158,64	159,12	0,48	3,98	1612,73
95		200,00	16600	148,77	155,31	156,26	0,95	3,42	1127,30	157,00	157,73	0,73	3,77	1611,02
94		200,00	16400	147,49	154,61	155,50	0,89	3,73	1119,89	156,19	156,86	0,67	4,27	1603,63
93		200,00	16200	147,09	154,40	155,28	0,88	2,93	1119,54	155,97	156,65	0,68	3,44	1603,32
92		200,00	16000	146,74	154,24	155,13	0,89	2,42	1119,05	155,84	156,53	0,69	2,78	1602,90
91		211,00	15800	146,54	153,67	154,53	0,86	3,14	1118,38	155,21	155,87	0,66	3,54	1602,32
90	B06-147.82	249,00	15589	146,76	152,46	153,25	0,79	3,88	1117,46	153,90	154,52	0,62	4,43	1601,51
89		170,40	15340	144,44	152,09	152,99	0,90	2,27	1115,85	153,72	154,42	0,70	2,42	1600,18
88		245,60	15170	144,10	151,67	152,43	0,76	3,05	1114,76	153,06	153,65	0,59	3,65	1599,29
87	B05-144.82	123,99	14924	144,00	148,95	149,58	0,63	5,30	1113,62	150,11	150,62	0,51	6,02	1598,34
86		200,00	14800	142,24	147,18	147,84	0,66	5,58	1113,04	148,40	148,93	0,53	6,32	1597,85
85		200,00	14600	139,34	146,05	146,81	0,76	3,57	1111,87	147,44	148,02	0,58	4,00	1596,84
84		213,20	14400	137,33	143,96	144,69	0,73	3,89	1110,59	145,30	145,85	0,55	4,63	1592,52
83	B04-136.982	186,76	14187	135,85	141,00	141,65	0,65	5,15	1108,45	142,24	142,76	0,52	5,83	1592,42
82		200,00	14000	135,28	140,68	141,45	0,77	3,22	1107,77	142,15	142,76	0,61	3,67	1591,86
81		200,00	13800	132,92	140,24	141,09	0,85	2,66	1106,57	141,85	142,51	0,66	2,83	1590,91
80		102,99	13600	132,61	139,46	140,32	0,86	3,24	1104,86	141,10	141,76	0,66	3,51	1589,61
79	B03-133.985	97,00	13497	132,33	139,23	140,08	0,85	3,00	1104,01	140,85	141,51	0,66	3,37	1589,01
78		200,00	13400	132,28	139,06	139,92	0,86	2,81	1103,13	140,69	141,35	0,66	3,21	1588,37
77		200,00	13200	131,79	138,71	139,53	0,82	2,87	1101,46	140,27	140,89	0,62	3,37	1587,19
76		256,56	13000	131,02	138,18	138,96	0,78	2,71	1099,96	139,66	140,25	0,59	3,21	1586,15
75	B02-131.865	143,49	12744	131,34	136,44	137,02	0,58	3,93	1098,32	137,56	138,00	0,44	4,56	1584,93
74		200,00	12600	130,05	135,29	135,82	0,53	4,38	1098,07	136,34	136,78	0,44	4,88	1581,82
73		200,00	12400	129,23	134,83	135,52	0,69	2,47	1096,80	136,19	136,73	0,54	2,68	1581,09
72		176,36	12200	127,92	134,45	135,13	0,68	2,49	1095,10	135,79	136,30	0,51	2,85	1580,20

PERFIL					10 ANOS					100 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
71	B01-128.412	223,65	12024	127,03	133,87	134,47	0,60	3,33	1089,21	135,05	135,50	0,45	3,89	1579,49
70		200,00	11800	126,91	133,74	134,35	0,61	2,27	1089,08	134,96	135,43	0,47	2,70	1578,34
69		200,00	11600	126,66	133,41	133,96	0,55	2,80	1088,90	134,51	134,92	0,41	3,36	1577,28
68		243,25	11400	126,44	133,28	133,82	0,54	2,31	1088,61	134,35	134,76	0,41	2,79	1576,19
67	SB05-128.492	44,74	11157	127,82	132,18	132,61	0,43	4,20	1088,18	133,06	133,38	0,32	4,75	1574,81
66	SB04-128.147	37,00	11112	127,45	131,73	132,18	0,45	4,96	1088,10	132,62	132,95	0,33	5,43	1574,59
65	SB03-128.098	29,29	11075	126,75	131,29	131,74	0,45	5,10	1088,05	132,19	132,53	0,34	5,57	1574,40
64	SB02-128.033	41,30	11046	126,70	131,01	131,45	0,44	4,42	1088,01	131,90	132,24	0,34	4,85	1574,24
63	SB01-128.03	204,40	11005	126,49	130,66	131,11	0,45	4,37	1087,94	131,56	131,92	0,36	4,81	1573,98
62		200,00	10800	122,42	128,88	129,55	0,67	3,05	1087,45	130,30	130,83	0,53	3,31	1572,21
61		200,00	10600	121,67	128,36	128,99	0,63	2,69	1086,49	129,74	130,25	0,51	3,13	1571,55
60		200,00	10400	121,39	128,22	128,83	0,61	2,37	1066,87	129,58	130,07	0,49	2,83	1570,82
59		176,96	10200	121,10	126,29	126,73	0,44	3,31	1084,74	127,21	127,58	0,37	3,73	1570,16
58		223,00	10023	120,25	124,97	125,75	0,78	3,42	1082,55	126,35	126,75	0,40	3,70	1569,08
57		200,00	9800	117,75	123,45	123,99	0,54	4,27	1082,28	124,56	124,98	0,42	5,00	1567,91
56		200,00	9600	117,35	123,39	123,97	0,58	2,45	1081,98	124,58	125,04	0,46	2,94	1567,10
55		200,00	9400	116,32	121,12	121,64	0,52	4,89	1081,68	122,20	122,62	0,42	5,58	1566,31
54		200,00	9200	113,05	118,39	118,96	0,57	4,60	1081,31	119,56	119,99	0,43	5,33	1564,55
53		200,00	9000	111,87	117,68	118,27	0,59	3,74	1080,57	118,91	119,37	0,46	4,32	1564,36
52		200,00	8800	111,62	117,33	117,92	0,59	2,96	1079,51	118,58	119,04	0,46	3,47	1564,00
51		235,85	8600	111,38	117,09	117,68	0,59	2,68	1078,19	118,33	118,79	0,46	3,15	1563,55
50		164,16	8364	111,11	116,42	116,99	0,57	2,74	1076,55	117,65	118,12	0,47	3,05	1562,89
49		200,00	8200	110,57	115,23	115,80	0,57	4,20	1075,23	116,44	116,89	0,45	4,60	1562,32
48		200,00	8000	108,38	114,37	114,96	0,59	3,20	1073,29	115,63	116,10	0,47	3,54	1561,62
47		200,00	7800	107,69	113,17	113,79	0,62	3,39	1072,91	114,51	115,01	0,50	3,76	1557,57
46		200,00	7600	107,30	112,59	113,21	0,62	3,35	1072,23	113,96	114,47	0,51	3,70	1557,42
45		200,00	7400	106,74	112,14	112,80	0,66	2,98	1071,32	113,57	114,10	0,53	3,31	1557,17
44		200,00	7200	104,81	111,46	112,12	0,66	3,38	1070,27	112,88	113,40	0,52	3,83	1556,88

PERFIL					10 ANOS					100 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
43		200,00	7000	104,14	110,34	110,98	0,64	3,35	1068,57	111,73	112,23	0,50	3,88	1556,56
42		200,00	6800	103,70	109,80	110,37	0,57	3,68	1068,40	111,03	111,47	0,44	4,37	1556,12
41		200,00	6600	103,34	109,58	110,14	0,56	2,96	1068,19	110,81	111,25	0,44	3,55	1555,61
40		35,95	6400	102,90	108,19	108,79	0,60	4,34	1067,78	109,51	109,98	0,47	4,67	1554,87
39	S05-104.09	26,72	6364	102,47	108,09	108,74	0,65	3,99	1067,61	109,50	109,99	0,49	4,25	1554,68
38	S04-104.05	40,33	6337	103,35	108,30	108,96	0,66	3,06	1067,48	109,75	110,25	0,50	3,35	1554,52
37	S03-103.20	28,52	6297	102,42	108,24	108,92	0,68	2,89	1067,27	109,71	110,22	0,51	3,19	1554,28
36	S02-102.11	28,49	6269	101,44	108,21	108,89	0,68	2,81	1067,12	109,68	110,19	0,51	3,13	1554,11
35	S01-101.9	27,75	6240	100,65	108,12	108,80	0,68	2,92	1066,97	109,60	110,11	0,51	3,23	1553,94
34	S01A-101.88	25,45	6212	100,10	107,98	108,64	0,66	3,24	1066,84	109,41	109,91	0,50	3,61	1553,78
33	S01B-101.82	186,76	6187	99,98	107,90	108,57	0,67	3,25	1066,73	109,35	109,85	0,50	3,62	1553,64
32		200,00	6000	100,12	107,29	107,89	0,60	3,64	1065,96	108,62	109,10	0,48	4,11	1550,89
31		215,70	5800	99,65	106,26	106,89	0,63	2,76	1065,21	107,63	108,10	0,47	3,25	1550,79
30	S04-100.413	184,32	5584	99,23	105,76	106,35	0,59	2,93	1062,58	107,07	107,52	0,45	3,48	1550,51
29		123,75	5400	98,77	105,37	105,91	0,54	3,23	1062,50	106,59	107,02	0,43	3,79	1550,28
28	Seção 01-100.615	170,24	5276	98,70	104,86	105,44	0,58	3,66	1062,39	106,16	106,61	0,45	3,97	1550,09
27	Seção 02-100.211	147,84	5106	97,94	103,86	104,39	0,53	3,60	1062,09	105,12	105,62	0,50	3,87	1549,54
26	Seção 03-98.345	158,16	4958	96,38	103,51	104,22	0,71	2,63	1061,47	105,11	105,67	0,56	2,64	1548,69
25		140,49	4800	96,00	102,93	103,63	0,70	2,69	1060,98	104,50	105,05	0,55	2,81	1548,07
24	S03-96.802	259,56	4660	95,71	102,18	102,83	0,65	3,05	1060,53	103,64	104,14	0,50	3,32	1547,55
23		200,00	4400	95,12	101,44	102,05	0,61	2,40	1059,58	102,81	103,28	0,47	2,67	1546,48
22		342,37	4200	94,69	100,76	101,30	0,54	2,98	1058,64	101,98	102,40	0,42	3,49	1545,01
21	Seção 04-95.17	92,80	3858	93,80	99,65	100,13	0,48	3,23	1057,03	100,68	101,01	0,33	3,90	1544,81
20	S02-96.785	164,88	3765	93,67	99,09	99,59	0,50	3,75	1056,98	100,22	100,60	0,38	3,96	1544,73
19		200,00	3600	92,80	97,87	98,31	0,44	3,96	1056,83	98,87	99,21	0,34	4,57	1544,54
18		268,80	3400	91,83	96,89	97,35	0,46	3,24	1056,54	97,95	98,32	0,37	3,62	1544,19
17		191,24	3131	91,24	96,13	96,57	0,44	3,00	1055,80	97,14	97,49	0,35	3,49	1543,39
16	S01-91.24	140,01	2940	90,34	94,56	94,96	0,40	5,19	1055,31	95,50	95,82	0,32	5,66	1542,78

PERFIL					10 ANOS					100 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
15		200,00	2800	88,93	94,03	94,54	0,51	2,75	1052,65	95,24	95,65	0,41	3,06	1539,86
14		200,00	2600	88,47	93,70	94,21	0,51	2,54	1052,49	94,90	95,31	0,41	2,91	1539,67
13		200,00	2400	88,02	93,33	93,81	0,48	2,73	1052,24	94,46	94,85	0,39	3,18	1539,42
12		187,36	2200	87,75	92,88	93,34	0,46	2,77	1051,90	93,98	94,36	0,38	3,21	1539,09
11	S00-88,177	212,65	2013	87,74	91,70	92,18	0,48	4,31	1051,49	92,86	93,27	0,41	4,47	1538,68
10		200,00	1800	85,65	91,09	91,63	0,54	3,20	1050,82	92,36	92,78	0,42	3,66	1538,04
9		200,00	1600	84,65	90,35	90,91	0,56	2,82	1050,12	91,67	92,10	0,43	3,26	1537,43
8		200,00	1400	84,34	89,94	90,45	0,51	3,08	1049,26	91,14	91,54	0,40	3,66	1536,72
7		200,00	1200	84,03	89,27	89,76	0,49	3,50	1047,63	90,44	90,83	0,39	3,97	1535,99
6		228,65	1000	83,66	88,73	89,25	0,52	3,16	1047,49	89,94	90,33	0,39	3,62	1534,42
5		255,72	771	83,26	87,59	88,04	0,45	3,69	1047,30	88,66	89,01	0,35	4,25	1534,28
4		115,62	516	82,12	86,69	87,23	0,54	2,42	1046,62	88,02	88,46	0,44	2,67	1533,74
3		200,00	400	81,33	86,35	86,90	0,55	2,87	1046,15	87,68	88,11	0,43	3,17	1533,44
2		200,00	200	80,31	85,23	85,71	0,48	4,16	1045,55	86,37	86,73	0,36	4,82	1533,03
1		0,00	0	79,01	83,90	84,44	0,54	3,90	1045,07	85,20	85,61	0,41	4,37	1532,68

(*) Velocidade e vazão máxima obtida da simulação de dam break.

Tabela 13 – Resultados Obtidos- Natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Rastro de Auto para TR 1.000 anos

Seção	Descrição	PERFIL			1000 ANOS				
		Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ		
234		165,00	42071	284,15	290,36	290,36	0,00	4,82	1747,70
233		221,60	41906	283,22	289,50	289,50	0,00	3,55	1747,26
232		364,48	41685	282,06	288,94	288,94	0,00	3,08	1746,54
231		120,00	41320	280,17	288,14	288,14	0,00	2,92	1744,94
230		200,00	41200	279,76	287,57	287,57	0,00	3,65	1744,89
229		200,00	41000	278,49	287,08	287,08	0,00	3,11	1744,76
228		200,00	40800	277,97	286,34	286,34	0,00	3,60	1744,62
227		200,00	40600	277,52	285,54	285,54	0,00	3,70	1744,42
226		200,00	40400	277,23	284,52	284,52	0,00	4,15	1744,23
225		241,55	40200	276,94	283,86	283,86	0,00	3,48	1744,03
224		158,48	39959	276,41	282,84	282,84	0,00	2,88	1743,78
223		200,00	39800	275,02	280,88	280,88	0,00	5,70	1743,49
222		200,00	39600	270,67	279,08	279,08	0,00	4,42	1743,46
221		200,00	39400	270,23	277,74	277,74	0,00	4,10	1743,41
220		200,00	39200	269,87	277,48	277,48	0,00	3,02	1743,27
219		200,00	39000	269,26	276,56	276,56	0,00	3,36	1743,09
218		200,00	38800	267,55	276,04	276,04	0,00	3,30	1742,27
217		140,01	38600	267,06	275,05	275,05	0,00	4,21	1742,25
216		160,00	38460	266,73	275,00	275,00	0,00	3,17	1742,21
215		202,45	38300	265,82	274,69	274,69	0,00	3,04	1742,15
214		205,70	38098	264,18	274,53	274,53	0,00	2,53	1742,07
213		291,84	37892	263,45	273,50	273,50	0,00	3,34	1741,99
212		200,00	37600	262,15	272,43	272,43	0,00	1,79	1741,84
211		200,00	37400	261,53	270,14	270,14	0,00	5,14	1741,72
210		200,00	37200	260,84	270,13	270,13	0,00	2,85	1741,56
209		200,00	37000	259,32	268,32	268,32	0,00	4,67	1741,24
208		200,00	36800	258,60	268,13	268,13	0,00	3,58	1741,22

PERFIL					1000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ		
207		200,00	36600	258,08	266,87	266,87	0,00	4,22	1741,19
206		200,00	36400	257,41	266,07	266,07	0,00	3,93	1741,12
205		200,00	36200	254,51	264,43	264,43	0,00	4,55	1741,07
204		247,85	36000	252,41	261,90	261,90	0,00	7,03	1741,03
203		207,60	35752	251,75	260,86	260,86	0,00	4,41	1740,98
202		144,57	35545	250,18	259,45	259,44	-0,01	5,00	1740,14
201		200,00	35400	248,58	258,20	258,18	-0,02	5,33	1737,91
200		200,00	35200	248,40	258,39	258,37	-0,02	3,28	1737,89
199		200,00	35000	248,20	257,88	257,85	-0,03	3,22	1733,99
198		253,86	34800	248,01	257,64	257,62	-0,02	2,73	1733,87
197		146,19	34546	247,78	256,83	256,80	-0,03	3,22	1727,96
196		200,00	34400	247,65	255,55	255,52	-0,03	4,74	1727,54
195		200,00	34200	243,82	254,74	254,71	-0,03	3,91	1727,06
194		200,00	34000	243,23	254,48	254,45	-0,03	3,21	1726,67
193		286,44	33800	242,86	254,08	254,06	-0,02	3,45	1726,29
192		113,52	33514	242,03	253,80	253,77	-0,03	2,08	1725,82
191		200,00	33400	241,58	253,59	253,56	-0,03	2,55	1725,57
190		200,00	33200	239,71	253,59	253,56	-0,03	2,01	1725,20
189		200,00	33000	238,15	253,21	253,19	-0,02	2,93	1724,90
188		220,00	32800	236,23	253,36	253,34	-0,02	1,70	1724,63
187		180,00	32580	235,21	253,38	253,35	-0,03	1,32	1724,21
186		200,00	32400	234,82	253,30	253,28	-0,02	1,61	1723,86
185		75,34	32200	231,00	253,39	253,36	-0,03	0,58	1723,39
184,5	Barragem Rastro de Auto								
184	Eixo A-D-236.51	15,68	32125	230,96	241,41	242,25	0,84	4,68	2305,23
183	Eixo C-B-236.51	64,52	32109	230,59	241,32	242,14	0,82	4,78	2304,66
182	Eixo E-F-236.5	119,52	32045	230,80	240,12	240,95	0,83	6,14	2301,64
181		124,95	31925	230,22	239,89	241,03	1,14	3,27	2391,08

PERFIL					1000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ		
180		200,00	31800	229,52	239,24	240,34	1,10	4,12	2376,29
179		200,00	31600	228,05	238,26	239,38	1,12	4,51	2355,75
178		200,00	31400	227,07	236,48	237,48	1,00	6,11	2337,32
177		200,00	31200	226,11	234,18	235,08	0,90	7,43	2323,89
176		200,00	31000	225,08	233,36	234,15	0,79	4,40	2309,28
175		200,00	30800	224,17	231,91	232,62	0,71	5,32	2289,61
174		200,00	30600	222,92	231,48	232,23	0,75	3,77	2266,84
173		200,00	30400	221,20	229,39	230,05	0,66	6,37	2246,85
172		200,00	30200	219,53	227,13	227,80	0,67	6,20	2212,77
171		200,00	30000	218,34	226,30	227,03	0,73	4,92	2212,19
170		200,00	29800	217,38	225,95	226,68	0,73	4,07	2211,52
169		200,00	29600	216,40	223,98	224,60	0,62	5,97	2210,80
168		200,00	29400	215,45	223,98	224,66	0,68	3,75	2209,53
167		200,00	29200	214,49	221,94	222,53	0,59	6,60	2208,30
166		200,00	29000	213,57	221,01	221,75	0,74	3,54	2206,31
165		200,00	28800	211,64	219,31	219,91	0,60	5,27	2203,46
164		200,00	28600	209,82	217,08	217,64	0,56	6,34	2201,31
163		200,00	28400	208,48	216,43	217,11	0,68	3,73	2197,75
162		145,71	28200	208,10	214,52	215,03	0,51	5,93	2193,96
161	Eixo 3-207.216	34,64	28054	205,62	214,42	214,93	0,51	4,22	2184,93
160	Eixo 2-206.637	79,62	28020	205,27	213,50	214,03	0,53	6,44	2190,74
159	Eixo 1-206.637	140,00	27940	205,21	212,63	213,15	0,52	5,94	2184,99
158		177,76	27800	203,03	211,59	212,05	0,46	5,12	2184,66
157		202,23	27622	200,34	211,12	211,53	0,41	4,08	2142,82
156		220,02	27420	197,72	211,46	211,93	0,47	1,68	2142,00
155		200,01	27200	195,71	211,34	211,80	0,46	1,86	2141,17
154		200,01	27000	193,26	211,25	211,68	0,43	1,99	2140,17
153		200,01	26800	192,42	211,10	211,50	0,40	2,36	2139,01

PERFIL					1000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ		
152		200,01	26600	191,47	211,04	211,42	0,38	2,24	2137,79
151		200,01	26400	190,57	211,08	211,48	0,40	1,64	2136,40
150		200,01	26200	189,62	211,04	211,43	0,39	1,66	2134,59
149		200,01	26000	189,57	211,06	211,46	0,40	1,25	2132,38
148		150,12	25800	189,51	211,06	211,46	0,40	1,11	2129,86
147		194,22	25650	188,69	211,04	211,43	0,39	1,22	2127,96
146		255,69	25456	187,83	211,01	211,40	0,39	1,34	2125,60
145		200,01	25200	187,16	211,04	211,43	0,39	0,91	2121,83
144		200,01	25000	186,15	211,02	211,41	0,39	0,97	2118,62
143		260,01	24800	186,02	211,02	211,41	0,39	0,85	2115,43
142		140,00	24540	184,92	211,04	211,43	0,39	0,45	2109,72
141		101,01	24400	184,31	211,04	211,43	0,39	0,49	2106,14
140	Barragem SFO-185.80	38,99	24299	183,27	211,03	211,42	0,39	0,61	2103,84
139,5	Barragem Salto Forqueta								
139		60,01	24260	183,27	194,59	195,21	0,62	1,85	2103,84
138		200,00	24200	183,56	193,65	194,25	0,60	4,79	2095,83
137		200,00	24000	181,60	193,61	194,20	0,59	3,41	2095,65
136		200,00	23800	181,47	192,45	192,94	0,49	5,00	2095,42
135		200,00	23600	181,32	192,06	192,56	0,50	4,13	2094,97
134		216,10	23400	181,17	191,73	192,20	0,47	3,78	2094,47
133		199,44	23184	181,02	190,76	191,15	0,39	4,29	2093,87
132		184,44	22984	180,90	189,16	189,60	0,44	5,31	2092,93
131		200,00	22800	180,63	188,36	188,87	0,51	3,56	2091,15
130		200,00	22600	179,19	187,01	187,53	0,52	4,66	2088,63
129		200,00	22400	176,54	186,33	186,86	0,53	4,04	2086,17
128		200,00	22200	175,15	185,84	186,33	0,49	3,95	2081,04
127		162,48	22000	174,37	185,53	186,02	0,49	3,54	2080,94
126	Batimetria 1-177.20	237,50	21838	176,14	183,68	184,12	0,44	6,97	2080,82

PERFIL					1000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ		
125		236,95	21600	170,72	181,84	182,32	0,48	4,39	2080,33
124	B-08-170.58	115,62	21363	169,13	180,76	181,27	0,51	4,05	2078,85
123		143,97	21247	168,79	180,99	181,53	0,54	2,79	2078,26
122	Batimetria 2-172.8	20,89	21103	170,50	179,85	180,34	0,49	4,99	2077,47
121	Batimetria 3-171.55	69,06	21083	170,62	179,91	180,43	0,52	4,57	2077,35
120	Batimetria 4-172.46	47,79	21014	170,49	179,05	179,59	0,54	5,46	2076,91
119	Batimetria 5-170.72	163,28	20966	170,05	178,18	178,63	0,45	6,64	2076,66
118	Batimetria 6-169.28	285,72	20802	168,73	175,84	176,33	0,49	7,01	2075,94
117	B-07-166.61	116,76	20517	164,01	174,59	175,09	0,50	4,77	2074,58
116		200,00	20400	164,29	173,35	173,73	0,38	6,01	2074,04
115		227,00	20200	164,03	173,35	173,76	0,41	3,92	2045,52
114	B-06-164.35	82,84	19973	163,31	173,21	173,63	0,42	3,00	2044,70
113	Batimetria 7 e Ponte-168.98	90,14	19890	163,34	172,02	172,43	0,41	5,25	2043,81
112		200,00	19800	162,93	171,24	171,72	0,48	3,74	2069,43
111		224,05	19600	160,79	169,76	170,33	0,57	4,36	2068,68
110	B-05-159.89	175,92	19376	158,59	168,82	169,40	0,58	4,45	2067,64
109		200,00	19200	157,85	167,44	167,91	0,47	5,73	2066,93
108		200,00	19000	157,07	166,96	167,51	0,55	4,44	2065,82
107		217,50	18800	156,22	166,83	167,39	0,56	3,31	2064,30
106	B-04-153.73	182,48	18583	155,75	165,42	165,86	0,44	5,12	2062,81
105		200,00	18400	155,23	165,42	165,89	0,47	3,56	2061,69
104		200,00	18200	154,94	164,91	165,33	0,42	3,97	2060,24
103		247,30	18000	154,65	163,70	164,24	0,54	3,33	2050,84
102	B-03-154.32	152,68	17753	153,02	163,60	164,16	0,56	2,29	2050,59
101		200,00	17600	151,90	162,46	162,92	0,46	4,75	2050,41
100		200,00	17400	151,43	161,77	162,19	0,42	4,74	2050,15
99		117,00	17200	151,14	161,58	162,00	0,42	3,67	2049,79
98	B-02-154.686	83,00	17083	153,11	160,80	161,18	0,38	4,76	2049,49

PERFIL					1000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ		
97		178,60	17000	151,83	160,33	160,70	0,37	4,72	2043,52
96	B07-153.47	221,40	16821	152,53	159,52	160,02	0,50	4,15	2042,74
95		200,00	16600	148,77	158,34	158,86	0,52	4,04	2042,70
94		200,00	16400	147,49	157,43	157,90	0,47	4,69	2042,50
93		200,00	16200	147,09	157,22	157,69	0,47	3,83	2042,19
92		200,00	16000	146,74	157,12	157,61	0,49	3,03	2041,80
91		211,00	15800	146,54	156,43	156,90	0,47	3,83	2041,27
90	B06-147.82	249,00	15589	146,76	155,05	155,48	0,43	4,86	2040,62
89		170,40	15340	144,44	155,02	155,51	0,49	2,56	2039,61
88		245,60	15170	144,10	154,15	154,55	0,40	4,13	2038,99
87	B05-144.82	123,99	14924	144,00	151,07	151,43	0,36	6,55	2038,40
86		200,00	14800	142,24	149,40	149,78	0,38	6,88	2038,09
85		200,00	14600	139,34	148,51	148,87	0,36	4,37	2037,54
84		213,20	14400	137,33	146,35	146,72	0,37	5,23	2036,81
83	B04-136.982	186,76	14187	135,85	143,26	143,64	0,38	6,33	2034,28
82		200,00	14000	135,28	143,34	143,78	0,44	4,01	2033,99
81		200,00	13800	132,92	143,15	143,62	0,47	2,99	2033,43
80		102,99	13600	132,61	142,40	142,87	0,47	3,74	2032,67
79	B03-133.985	97,00	13497	132,33	142,14	142,61	0,47	3,64	2032,31
78		200,00	13400	132,28	141,98	142,44	0,46	3,49	2031,92
77		200,00	13200	131,79	141,48	141,91	0,43	3,76	2031,19
76		256,56	13000	131,02	140,81	141,21	0,40	3,60	2030,53
75	B02-131.865	143,49	12744	131,34	138,43	138,75	0,32	5,04	2029,65
74		200,00	12600	130,05	137,23	137,57	0,34	5,22	2026,39
73		200,00	12400	129,23	137,29	137,68	0,39	2,85	2025,76
72		176,36	12200	127,92	136,84	137,22	0,38	3,13	2025,10
71	B01-128.412	223,65	12024	127,03	135,97	136,31	0,34	4,30	2024,58
70		200,00	11800	126,91	135,92	136,28	0,36	2,99	2023,67

PERFIL					1000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ		
69		200,00	11600	126,66	135,35	135,68	0,33	3,77	2022,80
68		243,25	11400	126,44	135,19	135,52	0,33	3,13	2021,83
67	SB05-128.492	44,74	11157	127,82	133,72	134,05	0,33	5,05	2018,38
66	SB04-128.147	37,00	11112	127,45	133,29	133,59	0,30	5,74	2019,89
65	SB03-128.098	29,29	11075	126,75	132,89	133,20	0,31	5,83	2018,37
64	SB02-128.033	41,30	11046	126,70	132,61	132,92	0,31	5,09	2018,36
63	SB01-128.03	204,40	11005	126,49	132,32	132,59	0,27	5,10	2019,26
62		200,00	10800	122,42	131,42	131,76	0,34	3,57	2018,30
61		200,00	10600	121,67	130,82	131,10	0,28	3,52	2018,20
60		200,00	10400	121,39	130,63	130,91	0,28	3,21	2018,05
59		176,96	10200	121,10	128,08	128,39	0,31	3,94	2017,82
58		223,00	10023	120,25	127,43	127,80	0,37	3,73	2017,29
57		200,00	9800	117,75	125,44	125,73	0,29	5,57	2016,67
56		200,00	9600	117,35	125,54	125,86	0,32	3,34	2016,23
55		200,00	9400	116,32	123,07	123,36	0,29	6,12	2015,78
54		200,00	9200	113,05	120,48	120,79	0,31	5,92	2015,32
53		200,00	9000	111,87	119,91	120,24	0,33	4,75	2012,15
52		200,00	8800	111,62	119,58	119,92	0,34	3,87	2012,09
51		235,85	8600	111,38	119,33	119,67	0,34	3,51	2012,02
50		164,16	8364	111,11	118,67	119,02	0,35	3,28	2011,83
49		200,00	8200	110,57	117,41	117,73	0,32	4,93	2011,62
48		200,00	8000	108,38	116,66	117,01	0,35	3,80	2011,33
47		200,00	7800	107,69	115,63	115,99	0,36	4,04	2010,64
46		200,00	7600	107,30	115,10	115,48	0,38	3,94	2009,78
45		200,00	7400	106,74	114,74	115,13	0,39	3,57	2008,82
44		200,00	7200	104,81	114,02	114,40	0,38	4,18	2007,90
43		200,00	7000	104,14	112,85	113,22	0,37	4,27	2006,62
42		200,00	6800	103,70	112,01	112,33	0,32	4,90	2006,52

PERFIL					1000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ		
41		200,00	6600	103,34	111,81	112,13	0,32	3,98	2006,36
40		35,95	6400	102,90	110,57	110,89	0,32	4,96	2006,09
39	S05-104.09	26,72	6364	102,47	110,62	110,96	0,34	4,48	2006,02
38	S04-104.05	40,33	6337	103,35	110,88	111,24	0,36	3,61	2005,96
37	S03-103.20	28,52	6297	102,42	110,86	111,21	0,35	3,46	2005,87
36	S02-102.11	28,49	6269	101,44	110,83	111,18	0,35	3,40	2005,81
35	S01-101.9	27,75	6240	100,65	110,74	111,10	0,36	3,49	2005,74
34	S01A-101.88	25,45	6212	100,10	110,54	110,88	0,34	3,91	2005,68
33	S01B-101.82	186,76	6187	99,98	110,47	110,81	0,34	3,94	2005,62
32		200,00	6000	100,12	109,71	110,04	0,33	4,45	2005,19
31		215,70	5800	99,65	108,68	109,01	0,33	3,66	2004,70
30	S04-100.413	184,32	5584	99,23	108,07	108,38	0,31	3,94	2003,90
29		123,75	5400	98,77	107,51	107,79	0,28	4,29	2003,33
28	Seção 01-100.615	170,24	5276	98,70	107,11	107,40	0,29	4,33	2002,91
27	Seção 02-100.211	147,84	5106	97,94	106,32	106,71	0,39	3,84	2001,29
26	Seção 03-98.345	158,16	4958	96,38	106,38	106,78	0,40	2,74	2000,99
25		140,49	4800	96,00	105,76	106,15	0,39	2,93	2000,80
24	S03-96.802	259,56	4660	95,71	104,82	105,19	0,37	3,52	2000,63
23		200,00	4400	95,12	103,92	104,27	0,35	2,84	2000,19
22		342,37	4200	94,69	102,95	103,25	0,30	3,87	1999,73
21	Seção 04-95.17	92,80	3858	93,80	101,45	101,68	0,23	4,43	1999,10
20	S02-96.785	164,88	3765	93,67	101,10	101,36	0,26	4,19	1998,93
19		200,00	3600	92,80	99,66	99,90	0,24	5,05	1998,54
18		268,80	3400	91,83	98,83	99,11	0,28	3,87	1996,95
17		191,24	3131	91,24	97,98	98,25	0,27	3,85	1996,83
16	S01-91.24	140,01	2940	90,34	96,25	96,49	0,24	6,05	1996,67
15		200,00	2800	88,93	96,22	96,53	0,31	3,30	1996,40
14		200,00	2600	88,47	95,89	96,19	0,30	3,18	1995,86

PERFIL					1000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ		
13		200,00	2400	88,02	95,40	95,69	0,29	3,50	1995,29
12		187,36	2200	87,75	94,92	95,21	0,29	3,51	1994,68
11	S00-88,177	212,65	2013	87,74	93,88	94,20	0,32	4,57	1992,12
10		200,00	1800	85,65	93,39	93,71	0,32	3,98	1992,05
9		200,00	1600	84,65	92,71	93,02	0,31	3,61	1991,93
8		200,00	1400	84,34	92,10	92,39	0,29	4,10	1991,82
7		200,00	1200	84,03	91,39	91,67	0,28	4,33	1991,67
6		228,65	1000	83,66	90,88	91,16	0,28	3,98	1991,46
5		255,72	771	83,26	89,52	89,79	0,27	4,64	1991,11
4		115,62	516	82,12	89,12	89,46	0,34	2,86	1990,17
3		200,00	400	81,33	88,76	89,09	0,33	3,41	1989,69
2		200,00	200	80,31	87,25	87,52	0,27	5,34	1989,12
1		0,00	0	79,01	86,22	86,53	0,31	4,73	1988,70

(*) Velocidade e vazão máxima obtida da simulação de dam break.

5.6 Limite Físico a Jusante da PCH Rastro de Auto

O limite físico do trecho estudado, foi do início do reservatório da PCH Rastro de Auto até 25 km a jusante da PCH Salto Forqueta, compreendendo cerca de 32,20 km. Este trecho compreende:

- limite máximo de 25 km - Volume Reservatório entre 3 - 50 hm³, de acordo ANA.

5.7 Relação Nível de água x Tempo das Seções de Interesse

As benfeitoras foram identificadas pelo *Google Earth/Restituição* e avaliadas de acordo com mapa de inundação. Considerando o momento da ruptura descritos no item 5.3, serão apresentados os tempos da onda das seções onde foram detectadas benfeitorias em risco, listadas na Tabela 14. Importante ressaltar que não foi atingida nenhuma residência na jusante da Barragem Rastro de Auto.

Tabela 14 – Localização das Seções de Interesse

Seções	Descrição	Estaca (m)	Distância da Barragem PCH Rastro de Auto (km)
185	Barragem Rastro de Auto	32.200	0,00
159	Casa de Força Rastro de Auto	27.940	4,26
140	Barragem Salto Forqueta	24.299	7,90
128	Limite ZAS	22.200	10,00
124	Casa de Força Salto Forqueta	21.363	10,84
113	Ponte Jusante	19.890	12,31
1	Limite ZSS	-	32,20

Para cada seção foi determinado quanto tempo levou para que a onda ocasionada pela ruptura do barramento chegue na seção e atinja o nível máximo.

Na sequência estão descritos os resultados em todas as seções de interesse definidas, com a figura do local, indicação dos níveis máximos de água para as condições naturais e dam break, a altura máxima da onda, o tempo de início de chegada da onda de cheia e o tempo para o pico máximo da onda de cheia com o rompimento da barragem e duração da mesma.

5.7.1 SL-159 – Casa de Força PCH Rastro de Auto

A Casa de Força da PCH Rastro de Auto, identificada pela seção SL-159, está localizada cerca de 4,26 km da barragem PCH Rastro de Auto (Figura 28).



Figura 28 – Casa de Força da PCH Rastro de Auto

Tabela 15 – Detalhe das simulações – SL-159 – Casa de Força PCH Rastro de Auto

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)
	Natural	Dam Break				
10 anos	210,74	211,75	1,01	00:00	00:20	01:30
100 anos	211,77	212,57	0,80	00:00	00:20	01:35
1000 anos	212,63	213,15	0,52	00:00	00:20	01:40

5.7.2 SL-140 – Barragem Salto Forqueta

A Barragem PCH Salto Forqueta, identificada pela seção SL-140, está localizada cerca de 7,90 km da barragem PCH Rastro de Auto respectivamente (Figura 29).



Figura 29 – Localização Barragem Salto Forqueta – SL-140

Tabela 16 – Detalhe das simulações – Barragem Salto Forqueta – SL-140

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)
	Natural	Dam Break				
10 anos	209,35	210,01	0,66	00:00	00:30	02:15
100 anos	210,25	210,81	0,56	00:00	00:30	02:30
1000 anos	211,03	211,42	0,39	00:00	00:30	03:00

5.7.3 SL-128 – Limite da ZAS

O Limite da ZAS a jusante da Barragem PCH Rastro de Auto, identificadas pela seção SL-128, está localizada cerca de 10,00 km da barragem PCH Rastro de Auto (Figura 30).



Figura 30 – Localização Limite da ZAS – SL-128

Tabela 17 – Detalhe das simulações – Limite da ZAS – SL-128

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)
	Natural	Dam Break				
10 anos	183,24	184,25	1,01	00:05	00:35	02:55
100 anos	184,72	185,46	0,74	00:05	00:35	03:10
1000 anos	185,84	186,33	0,49	00:05	00:35	03:55

5.7.4 SL-124 – Casa de Força Salto Forqueta

A Casa de Força da PCH Salto Forqueta a jusante da Barragem PCH Rastro de Auto, identificada pela seção SL-124, está localizada cerca de 10,84 km da barragem PCH Rastro de Auto (Figura 31).



Figura 31 – Localização Casa de Força Salto Forqueta – SL-124

Tabela 18 – Detalhe das simulações – Casa de Força Salto Forqueta – SL-124

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)
	Natural	Dam Break				
10 anos	178,03	179,04	1,01	00:05	00:40	03:55
100 anos	179,56	180,34	0,78	00:05	00:40	04:25
1000 anos	180,76	181,27	0,51	00:05	00:40	04:55

5.7.5 SL-113 – Ponte Jusante

A ponte a jusante da Barragem PCH Rastro de Auto, identificadas pela seção SL-113, está localizada cerca de 12,31 km da barragem PCH Rastro de Auto (Figura 32).



Figura 32 – Localização Ponte Jusante – SL-113

Tabela 19 – Detalhe das simulações – Ponte Jusante – SL-113

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)
	Natural	Dam Break				
10 anos	170,16	170,75	0,59	00:10	00:45	03:50
100 anos	171,18	171,71	0,53	00:10	00:40	04:20
1000 anos	172,02	172,43	0,41	00:10	00:40	04:50

5.7.6 SL-1 – Limite Zona Segurança Secundária

A zona de segurança secundária a jusante da Barragem PCH Rastro de Auto, identificada pela seção 1, está localizada cerca de 32,20 km da barragem PCH Rastro de Auto (Figura 33).



Figura 33 – Localização Zona Segurança Secundária – SL-1

Tabela 20 – Detalhe das simulações – Localização Zona Segurança Secundária – SL-1

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)
	Natural	Dam Break				
10 anos	83,90	84,44	0,54	00:40	01:55	03:50
100 anos	85,20	85,61	0,41	00:35	01:40	04:25
1000 anos	86,22	86,53	0,31	00:35	01:40	05:25

5.8 Resumo Geral das Seções de Interesse

A Tabela 21 abaixo apresenta o resumo dos tempos da onda de cheia após rompimento da barragem em cada seção estratégica do trecho de jusante. Estão indicados na tabela a distância da barragem até as seções e para o rompimento da barragem o tempo de início da onda de cheia, o tempo para atingir o pico, duração da onda, o nível de água normal sem

rompimento, o nível máximo de água com o rompimento, a altura máxima da onda de cheia, velocidade e vazão máxima nas seções de interesse considerando as cheias nos tempos de recorrência de TR 10 anos, TR 100 anos e TR 1.000 anos.

Os mapas de inundação apresentados no Volume V estão divididos por tempo de recorrência e possuem destaque para os locais próximos as seções indicadas na Tabela 21. Nos mapas apresenta-se os níveis de água definidos para a condição natural, condição com Dam Break, altura de onda, tempo de chegada da onda e o tempo de pico para cada seção, bem como uma imagem do local para facilitar a localização. Os desenhos estão divididos conforme Abaixo:

- RDA-C-MPI-001-00-21 – Mapa de Inundação – TR 10 Anos – Natural e Dam Break – Folhas 01 a 05;
- RDA-C-MPI-002-00-21 – Mapa de Inundação – TR 100 Anos – Natural e Dam Break – Folhas 01 a 05;
- RDA-C-MPI-003-00-21 – Mapa de Inundação – TR 1.000 Anos – Natural e Dam Break – Folhas 01 a 05.

Tabela 21 – Tempo de chegada da onda e níveis de água em cada seção para TR 10 e TR 100 anos

Seções de Interesse	Distância da Barragem PCH Rastro de Auto (km)	10 anos									100 anos							
		Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)			Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m ³ /s)	Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)			Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m ³ /s)	
		Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração			Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração			
Barragem Rastro de Auto - Tempo após Rompimento																		
159	Casa de Força Rastro de Auto	4,26	210,74	211,75	1,01	00:00	00:20	01:30	5,32	1.402,84	211,77	212,57	0,80	00:00	00:20	01:35	5,7	1.849,89
140	Barragem Salto Forqueta	7,90	209,35	210,01	0,66	00:00	00:30	02:15	0,38	1.220,37	210,25	210,81	0,56	00:00	00:30	02:30	0,51	1.693,47
128	Limite ZAS	10,00	183,24	184,25	1,01	00:05	00:35	02:55	3,05	1.178,39	184,72	185,46	0,74	00:05	00:35	03:10	3,56	1.661,07
124	Casa de Força Salto Forqueta	10,84	178,03	179,04	1,01	00:05	00:40	03:55	3,05	1.172,64	179,56	180,34	0,78	00:05	00:40	04:25	3,6	1.647,30
113	Ponte Jusante	12,31	170,16	170,75	0,59	00:10	00:45	03:50	4,86	1.159,08	171,18	171,71	0,53	00:10	00:40	04:20	5,2	1.639,68
1	Limite ZSS	32,20	83,90	84,44	0,54	00:40	01:55	03:50	3,9	1.045,07	85,20	85,61	0,41	00:35	01:40	04:25	4,37	1.532,68

(*) Destacados em laranja ocorre inundação

Tabela 22 – Tempo de chegada da onda e níveis de água em cada seção para TR 1.000 anos

Seções de Interesse		Distância da Barragem PCH Rastro de Auto (km)	1000 anos							
			Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)			Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m ³ /s)
			Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração		
Barragem Rastro de Auto - Tempo após Rompimento										
159	Casa de Força Rastro de Auto	4,26	212,63	213,15	0,52	00:00	00:20	01:40	5,94	2.184,99
140	Barragem Salto Forqueta	7,90	211,03	211,42	0,39	00:00	00:30	03:00	0,61	2.103,84
128	Limite ZAS	10,00	185,84	186,33	0,49	00:05	00:35	03:55	3,95	2.081,04
124	Casa de Força Salto Forqueta	10,84	180,76	181,27	0,51	00:05	00:40	04:55	4,05	2.078,85
113	Ponte Jusante	12,31	172,02	172,43	0,41	00:10	00:40	04:50	5,25	2.043,81
1	Limite ZSS	32,20	86,22	86,53	0,31	00:35	01:40	05:25	4,73	1.988,70

(*) Destacados em laranja ocorre inundação

- A velocidade e vazão máxima foram obtidas da simulação do rompimento da barragem.
- A zona de Autossalvamento da PCH Rastro de Auto fica definida como 10 km da barragem, ou seja, até SL-128 cerca de 10 km a jusante do barramento PCH Rastro de Auto, indicada no Quadro.
- A zona de Segurança Secundária da PCH Rastro de Auto fica definida até SL-1, cerca de como 32,20 km de distância da barragem.

6 AGÊNCIAS E ENTIDADES ENVOLVIDAS

Deverão ser evitadas informações prematuras e inexatas a respeito do desenvolvimento da situação, a fim de impedir especulações e pânico, sendo de responsabilidade da Empresa Operadora, **CERTEL RASTRO DE AUTO GERAÇÃO DE ENERGIA S/A.**, centralizar a veiculação de informações.

6.1 Agentes Internos

SPE

Nome do Empreendedor: CERTEL RASTRO DE AUTO GERAÇÃO DE ENERGIA S/A.

PCH: Rastro de Auto - PCH.PH.RS.030287-2

CNPJ: 109.73.187/0001-63

Endereço: Rua Pastor Hasenack, sala 2, Teutônia – RS Cep 95890-000

Fone: (51) 3762-5516 (Teutônia)

Celular: (51) 9796-0731 e Ramal 7007 (Rastro de Auto)

Representantes Legais: Diretor Presidente: Erineo José Hennemann

Fone: (51) 3762-5516

E-mail: erineo@certel.com.br

Responsável Técnico da Segurança da Barragem: Eng. Civil Rodrigo da Cas

CREA: RS 212636

Telefone: (51) 3762-5555/(51) 99686-4120

E-mail: rodrigo_cas@certel.com.br

Supervisor de Operação/Coordenador do PAE: Silvio Fusiger

Telefone: (51) 99806-2364

6.2 Agentes Externos

Os agentes externos envolvidos são quatro municípios atingidos: Putinga, São José do Herval, Pouso Novo e Coqueiro Baixo todas no estado do Rio Grande do Sul. As cidades mais próximas com recursos de Defesa Civil e Corpo de Bombeiros e CREPDEC 8 - Lajeado e Soledade no estado do Rio Grande do Sul. Também deverá ser comunicado o órgão ambiental do estado do RS - Fundação Estadual de Proteção Ambiental – FEPAM.

6.3 Identificação e contatos do Empreendedor, do Coordenador do PAE e das entidades constantes do Fluxograma de Notificação

Deverão ser evitadas informações prematuras e inexatas a respeito do desenvolvimento da situação, a fim de impedir especulações e pânico, sendo de responsabilidade da Empresa Operadora, **Certel Rastro de Auto Geração de Energia S/A**, centralizar a veiculação de informações. O Quadro 8 apresenta o resumo geral dos agentes envolvidos.

Em uma eventual emergência os agentes principais a serem avisados estão listados no Anexo VIII – 1- Geral, e todos os contatos do Agentes Externos estão apresentados no Anexo VIII – 2 – Agentes Externos.

Quadro 8 – Lista de contatos do PAE

PAE DA BARRAGEM RASTRO DE AUTO		
EMPREENDEADOR	Nome:	Pequena Central Rastro de Auto
	Identificador ANEEL:	PCHPHRS030287-2-01
	Empreendedor:	Certel Rastro de Auto Geração de Energia S/A
	Diretor Técnico:	Diretor Presidente: Erineo José Hennemann (51) 3762-5516 erineo@certel.com.br
	Responsável Tec. Seg. Barragem:	Eng. Civil Rodrigo da Cas - CREA/RS: 212636 (51) 3762-5555/(51) 99686-4120 rodrigo_cas@certel.com.br
COORDENADOR PAE	Nome:	Supervisor Operação: Sílvio Fusiger
	Contatos	(51) 99806-2364
ELABORAÇÃO DO PAE	Nome:	Prosenge Projetos e Engenharia LTDA
	Fone:	(48) 3206-8509
ENCARREGADO ELABORAÇÃO PAE:	Nome:	Eng. Civil Henrique Yabrudi Vieira CREA/PR: 61.964/D
	Contatos:	(49) 9 99124-0254 henrique@prosenge.com
FISCALIZADORA	Nome:	Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL
	Contatos:	(61) 2192-8758
BARRAGENS NO CURSO DE ÁGUA	Montante – Inexistente	Jusante - PCH Salto Forqueta
AUTORIDADES E SISTEMA DE DEFESA CIVIL	Defesa Civil - 199	Estadual Rio Grande do Sul Nome do contato: Coronel Júlio César Rocha Lopes Fone: (51) 3210-4186 defesacivil-metropolitana@casamilitar.rs.gov.br
		Municipal - Putinga/RS Nome do contato: Comissão Municipal da Defesa Civil Putinga Fone: (51) 3777-1200 e (51) 9221-2197
		Municipal - Marques de Souza/RS Nome do contato: Comissão Municipal da Defesa Civil Marques de Souza Fone: (51) 9625-8663
	Corpo De Bombeiros - 193	Estadual Rio Grande do Sul Nome do contato: Coronel César Eduardo Bonfanti Fone: (51) 98524-8172 cmtg@cbm.rs.gov.br
		CREPDEC 8 - Lajeado Nome do contato: Tenente Coronel Jorge Halen Fernandes Menezes

PAE DA BARRAGEM RASTRO DE AUTO		
		Fone: (51) 99955-1119 (51) 99938-9291 jorge-menezes@casamilitar.rs.gov.br
		Municipal Soledade/RS Nome do contato: Sargento Berton Fone: (54) 3381-1331
	Prefeituras municipais:	Putinga/RS Nome do contato: Prefeito Paulo Sérgio Lima Dos Santos Fone: (51) 3777-1200
		São José do Herval/RS Nome do contato: Prefeito Jovani Bozetti Fone: (54) 3325-1100
		Pouso Novo/RS Nome do contato: Prefeito Moacir Severgnini Fone: (51) 3775-1100
		Coqueiro Baixo/RS Nome do contato: Prefeito Jocimar Valer Fone: (51) 3612-1220
OUTRAS AGÊNCIAS	POLÍCIA MILITAR - 190	
	POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL - 191	
	INMET	Nome do contato: Instituto nacional de meteorologia Fone: (61) 2102-4700
	Comitê Taquari Antas, UCS	Fone: (54) 3218-2100 (UCS)
	FEPAM	Fone: (51) 3288-9444

7 CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA E RISCO DE RUPTURA

O monitoramento de segurança se dará por duas condições: Hidrológica e Estrutural.

7.1 Condição Hidrológica

A condição hidrológica será controlada no Barramento, deverá ser monitorado os níveis do reservatório com leitura da régua automatizada e/ou visual para observação de uma eventual anomalia com potencial ruptura da barragem.

O vertedouro de soleira livre é a estrutura que controlará as cheias na PCH Rastro de Auto. De acordo com as condições operacionais do vertedouro as cheias se comportarão conforme o gráfico abaixo.

A **EMERGÊNCIA 2** poderá ocorrer em qualquer condição de escoamento em conjunto com o rompimento da barragem.

Na Figura 34 estão indicados os diversos níveis de segurança baseados na vazão do vertedouro (possível de ser obtida pelo NA do reservatório), importante observar que a partir da cheia de 1.000 anos já fica definido o nível de emergência 1.

A Tabela 23 também indica os níveis de segurança com as respectivas ações a serem tomadas. Nessa tabela os níveis de segurança para a condição hidrológica estão descritos na alínea a).

7.2 Condição Estrutural

A boa condição estrutural do barramento se dará pelo monitoramento conforme critérios estabelecidos no Plano de Segurança da Barragem.

Este Plano tem como objetivo determinar as condições relativas à segurança estrutural e operacional da barragem e vertedouro, identificando os problemas e recomendando tanto reparos corretivos, restrições operacionais e/ou modificações quanto análise/estudos para determinar as soluções dos problemas.

O Plano de Segurança da Barragem contém os Manuais de Operação, Manutenção e Inspeção (OMI) para a Barragem.

A manutenção das boas condições estruturais do barramento da PCH Rastro de Auto garante sua integridade e reduz drasticamente as possibilidades de um acidente com o rompimento da barragem.

A Tabela 23 apresenta os níveis de segurança para as condições estruturais, na alínea b), juntamente com as providências a serem tomadas pela equipe de operação.

7.2.1 Monitoramento das Estruturas

O sistema de monitoramento está contemplado nos manuais de procedimentos dos roteiros de inspeções de segurança e monitoramento do relatório de segurança da barragem, sendo que este faz parte do Plano de Segurança da Barragem. Este Manual contém:

- Procedimentos de inspeções civis visuais informando onde e o que se deve observar;

- Listas de verificações a serem utilizadas nas inspeções civis;
- Instruções de trabalho para procedimentos de manutenções mais comuns de reparos nas estruturas.

Não menos importantes são os programas de inspeções visuais classificadas em três níveis:

7.2.1.1 Inspeções Rotineiras

São aquelas que devem ser executadas pela equipe de operação. A frequência dessas inspeções deverá ser definida de acordo com o recomendado no item a ser inspecionado. Não gera relatórios específicos, mas apenas comunicações de eventuais anomalias detectadas. Deverão ser preenchidas as listas de verificações de acompanhamento para cada estrutura civil.

7.2.1.2 Inspeção de Segurança Regular

A inspeção de segurança regular será realizada por equipe de Segurança de Barragem, composta de profissionais treinados e capacitados e deverá abranger todas as estruturas do barramento do empreendimento e retratar suas condições de segurança, conservação e operação. A frequência destas inspeções deverá ser **bianual** conforme a classificação do barramento. Os aspectos a serem vistoriados, analisados e relatados neste tipo de inspeção estão detalhados nas listas de verificações anuais. Também deverão ser analisados os dados das inspeções rotineiras.

Os relatórios de inspeção de segurança regular deverão conter minimamente estas informações:

- Identificação do representante legal do empreendedor;
- Identificação do responsável técnico;
- Avaliação da instrumentação disponível na barragem, indicando necessidade de manutenção, reparo ou aquisição de equipamentos;
- Avaliação de anomalias que acarretem mau funcionamento, em indícios de deterioração ou em defeitos construtivos da barragem;
- Comparativo com inspeção de segurança regular anterior;
- Diagnóstico do nível de segurança da barragem;
- Indicação de medidas necessárias à garantia da segurança da barragem.

7.2.1.3 Inspeções Segurança Especial

As inspeções especiais serão realizadas quando convocadas. Esta convocação normalmente será fruto de uma avaliação, por parte da equipe de engenharia de inspeção e manutenção, após uma grande enchente ou onde se detecte algum problema que mereça atenção especial.

Depois de cheias e chuvas torrenciais com recorrência maior que 100 anos, observações não usuais tais como fissuras, recalques, surgências de água e indícios de instabilidade de taludes devem ser verificadas. Aumento da vazão nos medidores de vazão sem motivo aparente e principalmente com carreamento de material é motivo para acionamento de alerta e de inspeção especial.

7.2.2 Revisão Periódica de Segurança

A Revisão Periódica de Segurança (RPS) tem o objetivo de diagnosticar o estado geral de segurança da barragem com vistas aos avanços tecnológicos, atualização de informações hidrológicas na bacia bem como os critérios de projeto e uso do solo na bacia a montante do barramento. Deve ser realizado a cada 10 anos conforme a classificação da barragem (Classe C).

7.2.3 Tramitação das Informações

O fluxograma apresenta as atividades da equipe de inspeção e manutenção das estruturas civis e a interface com a Gerência da Usina sendo de inspeções e de ações.

O fluxograma de inspeções (Fluxograma 1) indica a sequência dos procedimentos para as inspeções nas estruturas de acordo com a periodicidade necessária.

O fluxograma de segurança da barragem (Fluxograma 2) indica a sequência na tomada de decisões com base nos dados obtidos na instrumentação, inspeções e no relatório das inspeções.

O fluxograma de ações (Fluxograma 3) indica a sequência na tomada de decisões com base nos no nível de emergência.

Caso o fluxograma de ações entrar em **EMERGÊNCIA 1** deverá seguir procedimento do Plano de Ação de Emergência, Figura 34 e Item 9.

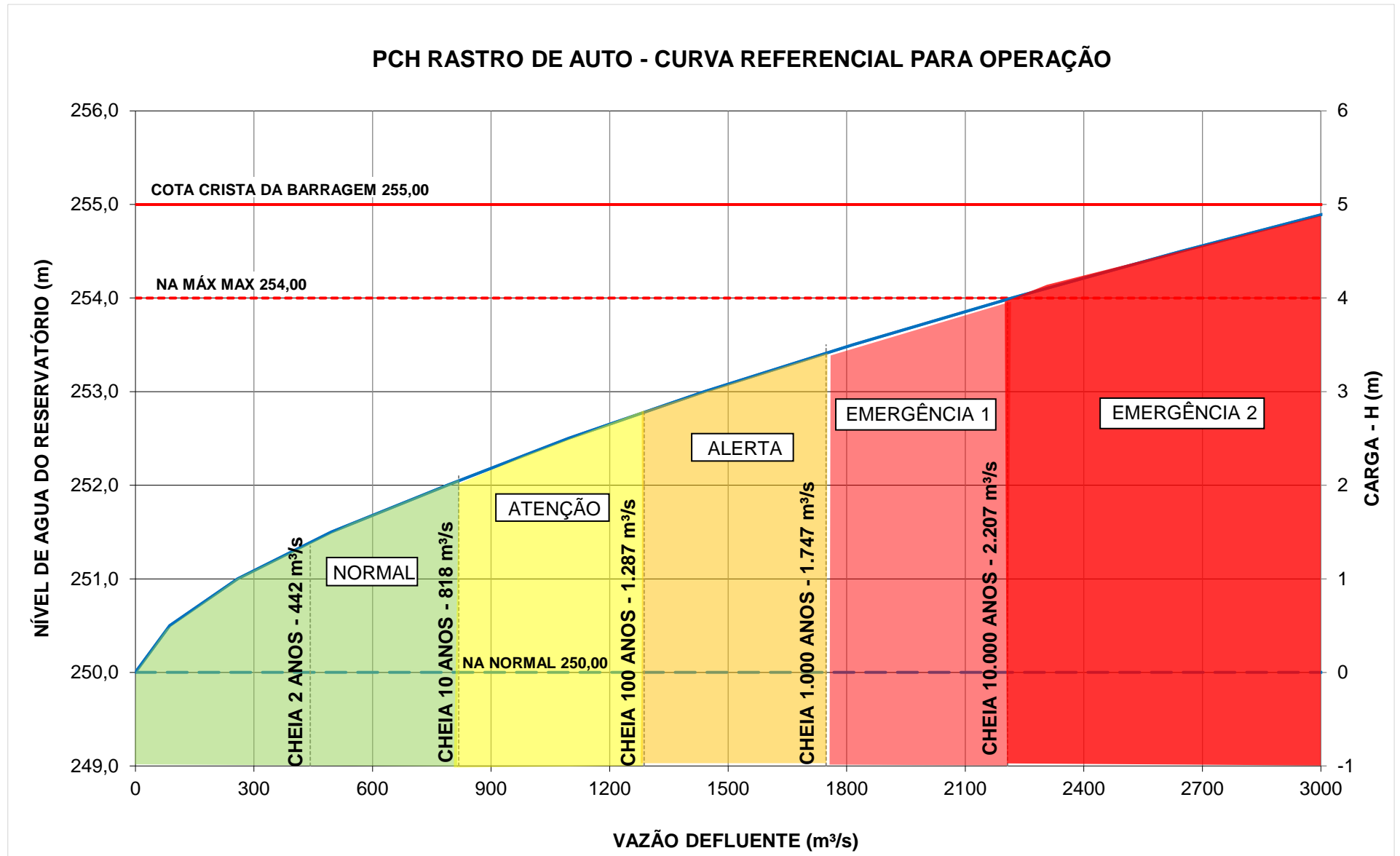


Figura 34 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura

Tabela 23 – Níveis de Segurança e risco Ruptura

Nível de Segurança	Condições e Situações
Nível Normal (VERDE) a) Operação normal das estruturas de descarga	a) Vertimentos até 818 m³/s (TR até 10 anos) – Realizar o monitoramento das precipitações, deplecionamento controlado e análise das previsões de chuva para controle do nível do reservatório.
Nível Atenção (AMARELO) a) Localidades com possibilidade de alagamento na ZAS	a) Vertimentos de 818 até 1287 m³/s (TR entre 10 e 100 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente na ZAS, podendo ocorrer aumento de acordo com previsão pluviométrica e alagamento ponte de jusante.
Nível Alerta (LARANJA) a) Localidades com possibilidade de alagamento na ZAS e NA Máx Max b) Início Infiltração no bloco de concreto com qualquer condição hidrológica	a) Vertimentos de 1287 até 1747 m³/s (TR entre 100 e 1000 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente com alagamento na ZAS, manter o controle nos sistemas de monitoramento e previsão de chuvas. Alagamento da ponte de jusante e Casa de Força PCH Salto Forqueta. b) manutenção imediata para reduzir a infiltração ou recuperar o sistema de operação do vertedouro;
Nível Emergência 1 (VERMELHO CLARO) a) Localidades com alagamento municípios de jusante, abrir comportas das máquinas para aumentar capacidade de descarga b) Infiltração sem controle e aumento do Nível do reservatório	a) Vertimentos de 1747 até 2207m³/s (TR entre 1.000 anos e 10.000 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente com alagamento na ZAS, manter o controle nos sistemas de monitoramento e previsão de chuvas. b) Infiltração sem controle bloco de concreto, abrir todas comportas das máquinas de maneira a rebaixar o nível do reservatório reduzindo a infiltração → retirar pessoas dos pontos localizados na ZAS e atingidos de jusante;
Nível Emergência 2 (VERMELHO ESCURO) b) Ruptura está prestes a ocorrer, ocorrendo ou acabou de ocorrer com qualquer condição hidrológica.	Rompimento da Barragem com formação da onda de cheia com qualquer condição hidrológica → Aviso aos agentes externos da condição de ruptura iminente ou ocorrida e retirada dos atingidos de jusante localizados na ZAS e atingidos de jusante.

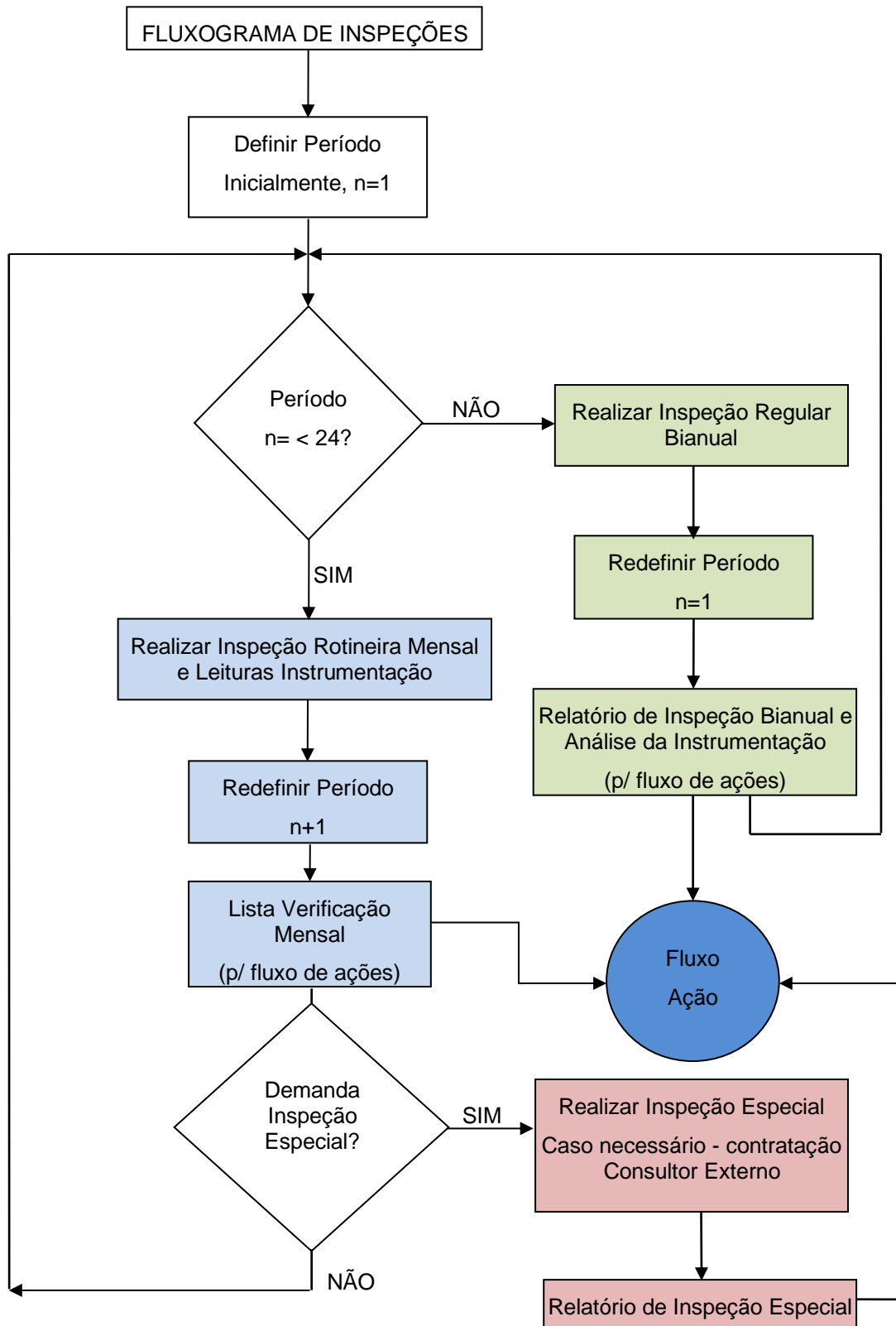
a) nível de alerta devido as condições hidrológicas;

b) nível de alerta devido as condições da barragem ou sistema de operação do vertedouro.

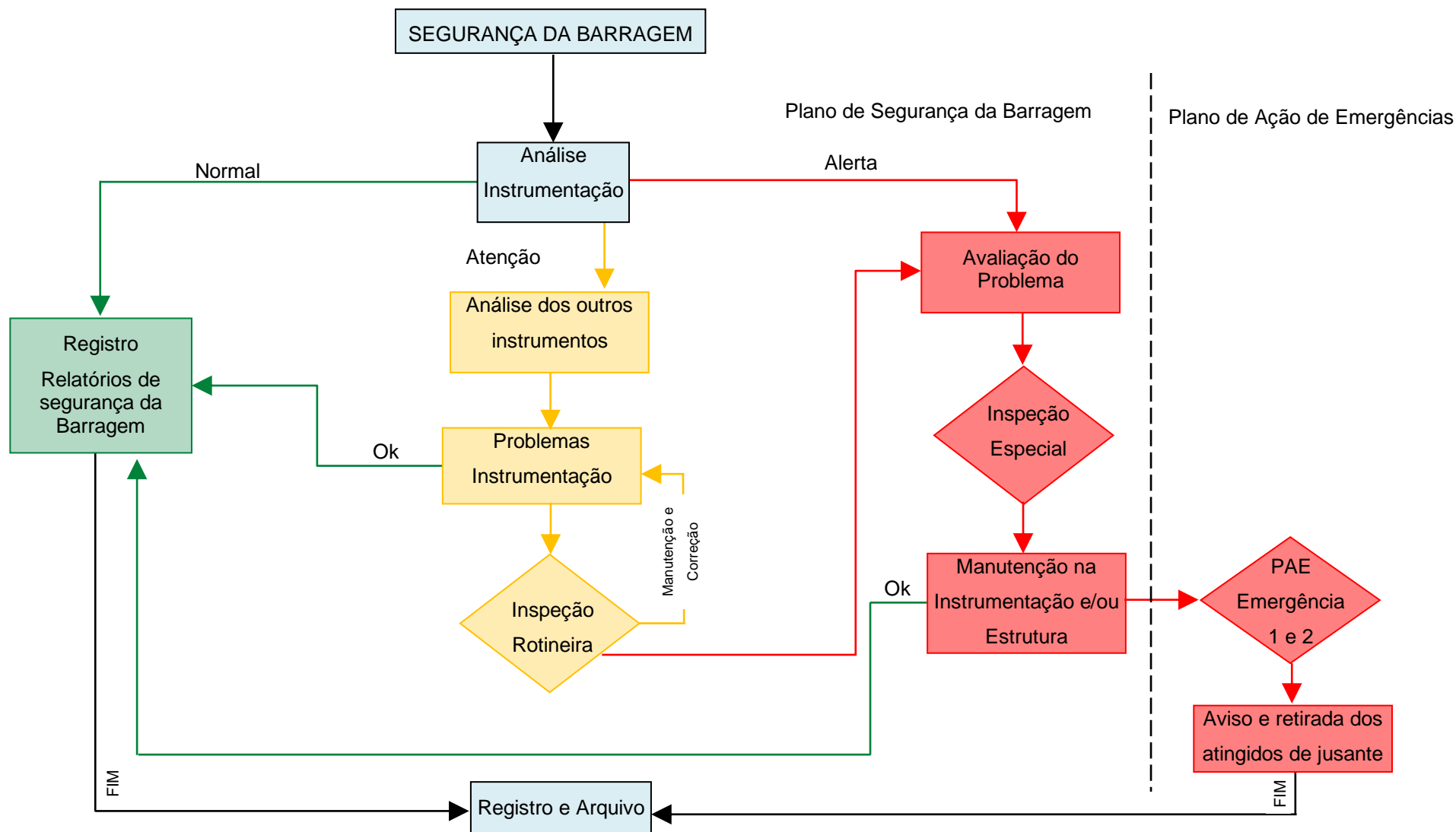
EMERGÊNCIA 2 – A ruptura do barramento pode ocorrer em qualquer condição hidrológica formação de brecha ou em eventos extremos. O alerta aos órgãos responsáveis deve ser emitido assim que constatada a impossibilidade de reverter o problema possibilitando a retirada de todos os atingidos a jusante do barramento.

IMPORTANTE – A observação em campo de surgências de água na barragem, deve ser imediatamente informado ao supervisor e responsável técnico pelo segurança da barragem.

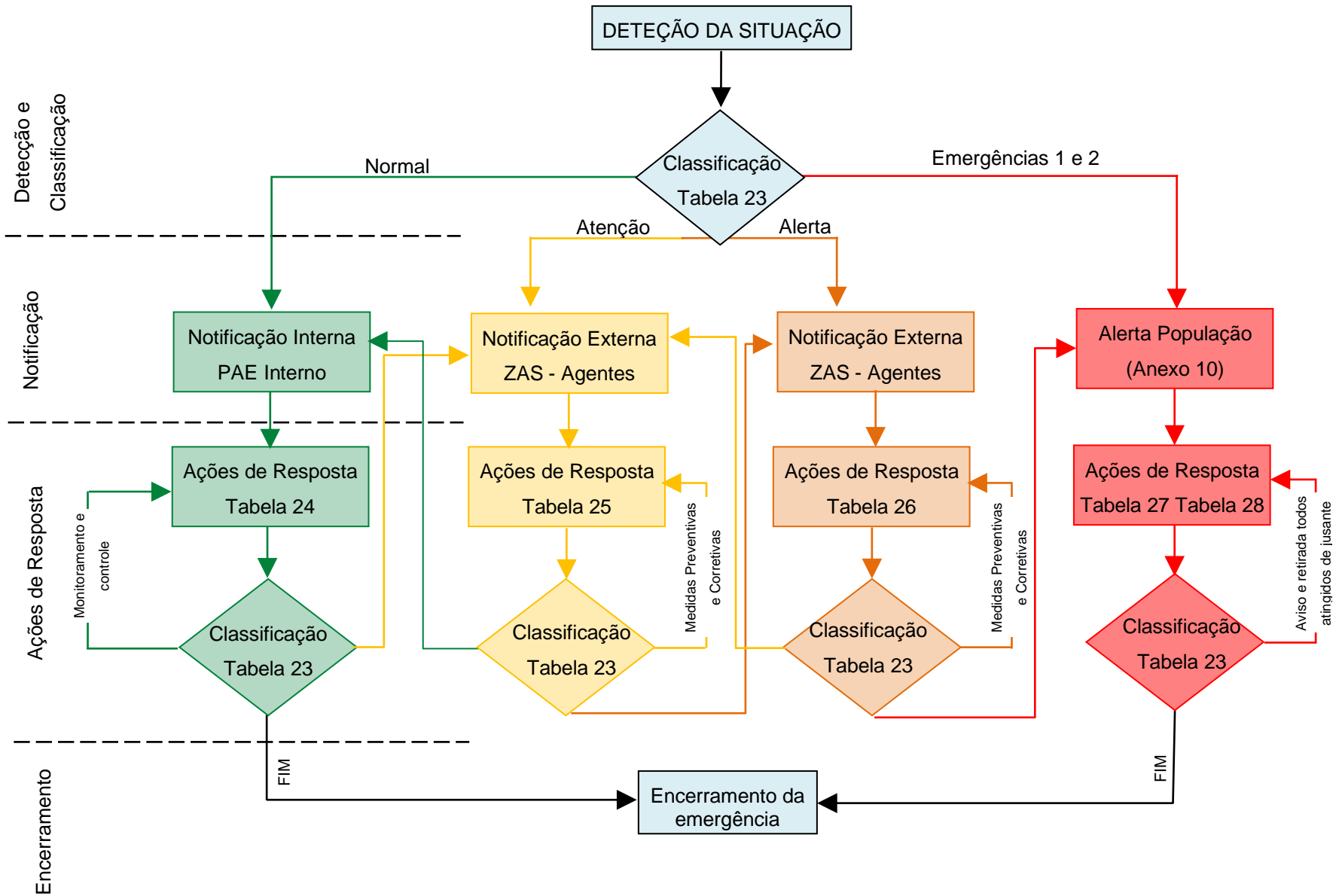
Caso a barragem esteja em risco de colapso o reservatório deve ser rebaixado ao nível mínimo possível através das máquinas o que reduz substancialmente o impacto da onda de cheia em um eventual rompimento.



Fluxograma 1 – Fluxograma de Inspeções – n = mês



Fluxograma 2 – Fluxograma de Segurança da Barragem - manutenção da instrumentação e estruturas



Fluxograma 3 – Fluxograma de Ações – Responsabilidades Coordenador do PAE

8 RESPONSABILIDADES DE TODOS OS AGENTES ENVOLVIDOS

As possíveis consequências danosas que ocorrerem durante ou após uma situação de emergência às pessoas, às propriedades e a infraestrutura a jusante, não serão de responsabilidade dos encarregados desta operação se seguirem corretamente as regras operativas aprovadas.

Em situações de emergência, o processo de decisões sobre a operação do reservatório assumirá configuração descentralizada, que incluirá autoridade para mobilização de recursos humanos, materiais e financeiros.

O poder público, nos três diferentes níveis tem a responsabilidade de desenvolver ações e atividades de defesa civil, em situação de normalidade e anormalidade, garantindo o direito de propriedade e a incolumidade a vida, conforme a Lei Federal nº 895 de 16 de agosto de 1993.

Na falta de regulamentos ou reguladores governamentais, principalmente municipais, o proprietário da barragem deverá prever o seu desenvolvimento institucional em conjunto com os órgãos de Defesa Civil, Bombeiros e Prefeituras de modo a aprimorar o Plano de Ação de Emergências (PAE).

8.1 Agente Interno – CERTEL RASTRO DE AUTO GERAÇÃO DE ENERGIA S/A.

O proprietário da Usina é a CERTEL RASTRO DE AUTO GERAÇÃO DE ENERGIA S/A., e controla a operação da Usina.

Será de responsabilidade da Operadora:

- Correção de qualquer deficiência constatada;
- Operação segura e continuada, manutenção e inspeção das estruturas da Usina e do reservatório;
- Inspeção e manutenção nas estruturas civis da Usina;
- Preparação adequada para emergências, manutenção dos acessos, disponibilidade de equipes preparadas bem como de equipamentos;
- Manutenção dos meios de comunicação prevendo sempre alternativas devido a possíveis falhas que são comuns em emergências;
- Manter observação sobre todas as estruturas da usina, principalmente nas mais distantes, contra possíveis ações predatórias de terceiros, incluindo animais;
- Providenciar a elaboração e atualizar o PAE;
- Promover treinamentos internos e manter os respectivos registros das atividades;
- Detectar, avaliar e classificar as situações de emergência em potencial, de acordo com os níveis de resposta;

- Declarar situação de emergência e executar as ações descritas no PAE;
- Executar as ações previstas no fluxograma de notificação;
- Alertar a população potencialmente afetada na ZAS;
- Notificar as autoridades públicas em caso de situação de emergência;
- Emitir declaração de encerramento da emergência;
- Providenciar a elaboração do relatório de encerramento de eventos de emergência.

8.2 Agentes Externos

Os agentes externos diretos serão Defesa Civil do Estado do Rio Grande do Sul, e defesas civis municipais, bem como Corpo de Bombeiros, Polícia Militar e Civil do Estado do Rio Grande do Sul e órgão ambiental estadual FEPAM. Nos municípios atingidos somente tem-se prefeituras e secretarias de saúde.

Defesa Civil

As atribuições de Defesa Civil são:

- Coordenar as ações de Defesa Civil;
- Conhecer o Plano de Ações de Emergência da Usina e dentro de cada situação de um evento adverso de definir as providências que deverão ser tomadas, incluindo principalmente na ocorrência de emergência, as providências de evacuação das comunidades afetadas;
- Retirada dos atingidos de jusante;
- Vistoriar os municípios atingidos, lavrando o respectivo laudo, para montagem do processo de homologação de decretos de situação de emergência ou estado de calamidade pública;
- Comunicar ao Departamento de Defesa Civil do Governo Federal as ocorrências havidas, solicitando a liberação de recursos para socorro e assistência;
- Manter informado o Centro de Operações da Defesa Civil sobre as ocorrências e operações relacionadas com defesa civil atendidas e/ou executadas pelos órgãos membros;
- Elaborar plano de ação, mapeando e reconhecendo as áreas de risco inundáveis relativas à sua área de competência;
- Dispor de técnicos para colaborar no desenvolvimento de atividades visando reduzir o impacto do evento adverso sobre a população;

- Cadastrar o material disponível passível de utilização em ações de Defesa Civil;
- Sensibilizar e cadastrar organizações não governamentais dispostas a colaborar no desenvolvimento das campanhas de doações de alimentos e agasalhos;
- Desenvolver na sua área de competência, ações visando à preservação da ordem pública, da incolumidade das pessoas e do patrimônio nas áreas atingidas;
- Neutralizar qualquer indício de agitação da ordem pública quando da realização dos trabalhos de defesa civil nas áreas atingidas;
- Priorizar o emprego dos recursos materiais nas ações de Defesa Civil;
- Mover ações para implementação e supervisão para o suprimento de medicamentos e vacinas, o controle de qualidade da água e dos alimentos e a promoção da saúde nas áreas atingidas por desastres;
- Coordenar a nível comunitário, técnicas de primeiros socorros;
- Fiscalizar estabelecimentos comerciais e de atendimento ao público, visando evitar à manifestação de risco a saúde das populações das áreas atingidas;
- Orientação aos Distritos Rodoviários para que elaborem Plano preventivo para atuação em situações emergenciais;
- Disponibilizar escolas e ginásios de esportes, para abrigar a população desalojada;
- Na impossibilidade de restabelecimento rápido do fornecimento de água, providenciar o abastecimento através de caminhões pipa;
- Nos municípios não atendidos pela Empresa em que houver colapso do abastecimento de água, colaborar com o órgão municipal para solucionar rapidamente o problema de abastecimento a população, inclusive através de caminhões pipa.

Polícia Militar

- Manter o controle da frota de veículos, através do setor de transporte;
- Manter controle das rodovias estaduais e municipais, interditando-as ou adotando medidas de precaução naquela cuja utilização possam causar riscos aos usuários.

Corpo de Bombeiros

- Difundir a nível comunitário, técnicas de primeiros socorros;
- Atendimento imediato das emergências quando acionados;
- Desenvolver ações de socorro, em todos os municípios atingidos;

- Garantir a segurança, dentro e fora dos abrigos e acampamentos, assim como nas áreas atingidas;
- Promover a implantação de atendimento pré-hospitalar e de unidades de emergência, supervisionar a elaboração de planos de mobilização e de segurança dos hospitais, em situações de desastres;

Secretaria da Saúde

- Efetuar a profilaxia de abrigos e acampamentos provisórios, fiscalizando a ocorrência de doenças contagiosas e a higiene e saneamento;
- Dispor de equipes de médicos legistas, para emprego em áreas atingidas, se houver número elevado de óbitos.

8.3 Atribuições Conjuntas entre a Usina e Agentes Externos

Após o término do Plano de Ação de Emergência, deverá ser realizada uma apresentação deste plano para os agentes externos.

Esta apresentação deverá verificar a detecção da emergência, a tomada de decisão, os meios de comunicação, o fluxo de informação, o tempo de mobilização e os equipamentos, infraestrutura e pessoal disponível. Esta apresentação está no Anexo IX.

9 PROGRAMA DE AÇÕES PREVENTIVAS, TÃO LOGO IDENTIFICADAS SITUAÇÕES EMERGÊNCIAIS

Ações preventivas devem ser iniciadas de maneira apropriada, para prevenir a ruptura ou para limitar danos onde a ruptura for inevitável.

Neste item serão descritas as providências a serem tomadas nas diversas situações, para as quais os sistemas de comunicação deverão ser operados continuamente, 24h por dia, 7 dias por semana. Os operadores e demais responsáveis deverão poder ser encontrados em qualquer tempo. As demais entidades envolvidas também devem manter a capacidade de mobilização.

As condições de operação do reservatório serão monitoradas diretamente pela equipe da operação da Usina, continuamente, 24h por dia, 7 dias por semana.

As condições das estruturas do barramento e dos vertedouros também serão monitoradas através de inspeções: rotineiras e/ou remotas pela equipe da Usina, programadas pela equipe de inspeção e de emergências.

Os mapas de inundação foram elaborados com a utilização de restituição no trecho de jusante da Barragem, podendo ocorrer um erro nas elevações de até 2,50 m. Como sistema de prevenção a interdição da ponte de jusante e retirada dos operadores da Casa de Força da PCH Salto Forqueta, os mesmos devem ser avisados a partir de cheias de 100 anos para evacuação da área em casa de enchentes e com risco de rompimento da Barragem.

Conforme a Figura 34 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura e a Tabela 23 – Níveis de Segurança e risco Ruptura, do item 7 as situações serão classificadas como:

9.1.1 Situação Normal (VERDE)

Tabela 24 – Ações de resposta (Normal)

VERTIMENTOS até 818 m³/s (TR 10 ANOS)		
Prioridade	Ação	Responsabilidade
1	Observar a pluviometria da região e os dados Geração se indicam aumentos de vazão afluente.	Operação
2	Realizar inspeção regular/rotineira no barramento e vertedouro buscando observar alguma anomalia na estrutura.	Operação
3	Caso ocorra uma diminuição brusca do nível do reservatório e/ou seja detectado vazamento ou problema na barragem com potencial de ruptura, deverá ser acionado Responsável pela Segurança da Barragem para verificação do Problema, podendo ser acionada EMERGÊNCIA 1 e caso não solucionado EMERGÊNCIA 2 .	Coordenador PAE

9.1.2 Situação Atenção (AMARELO)

Tabela 25 – Ações de resposta (Atenção)

VERTIMENTOS de 818 até 1.287 m³/s – TR até 100 ANOS		
Prioridade	Ação	Responsabilidade
1	Observar a pluviometria da região e os dados Geração se indicam aumentos de vazão afluente.	Operação
2	Avaliar Instrumentação da Barragem, valores de referência para condição do instrumento.	Resp. Seg. Barragem e/ou consultor externo
3	Realizar inspeção rotineira (equipe interna de segurança da Barragem) no barramento e nível do barramento buscando observar alguma anomalia na estrutura que necessite reparo.	Operação
4	Aviso aos agentes externos da condição de enchente na ZAS, podendo ocorrer aumento de acordo com previsão pluviométrica. Possibilidade de alagamento da ponte de jusante	Coordenador PAE
5	Caso ocorra uma diminuição brusca do nível do reservatório e/ou seja detectado vazamento ou problema na barragem com potencial de ruptura, deverá ser acionado Responsável pela Segurança da Barragem para verificação do Problema, podendo ser acionada EMERGÊNCIA 1 e caso não solucionado EMERGÊNCIA 2 .	Coordenador PAE

9.1.3 Situação de Alerta (LARANJA)

Tabela 26 – Ações de resposta (Alerta)

VERTIMENTOS de 1.287 até 1.747 m³/s – TR entre 100 e 1.000 anos		
Prioridade	Ação	Responsabilidade
1	Observar a pluviometria da região e os dados Geração se indicam aumentos de vazão afluente.	Operação
2	Avaliar Instrumentação da Barragem, valores de referência para condição do instrumento.	Resp. Seg. Barragem e/ou consultor externo
3	Realizar inspeção rotineira (equipe interna de segurança da Barragem) no barramento e nível do barramento buscando observar alguma anomalia na estrutura que necessite reparo.	Operação
4	Cheia - Aviso aos agentes externos (defesa civil, corpo bombeiros e prefeituras) da condição de enchente com alagamento na ZAS para que mesmo possam retirar a população das áreas de alague, manter o controle nos sistemas de monitoramento e previsão de chuvas (Mapas de Inundação TR 1.000 anos.)	Coordenador PAE
5	Caso ocorra uma diminuição brusca do nível do reservatório e/ou seja detectado vazamento ou problema na barragem com potencial de ruptura, deverá ser acionado Responsável pela Segurança da Barragem para verificação do Problema, podendo ser acionada EMERGÊNCIA 1 e caso não solucionado EMERGÊNCIA 2 .	Coordenador PAE
6	Após a condição de enchente (TR entre 100 e 1.000 anos) deverá ser realizada uma inspeção rotineira completa no barramento e no vertedouro para verificar as condições gerais da estrutura civil.	Resp. Seg. Barragem e equipe de segurança da Barragem

9.1.4 Situação de Emergência 1 (VERMELHO CLARO)

Tabela 27 – Ações de resposta (Emergência 1)

VERTIMENTOS de 1.747 até 2.207 m³/s –> TR entre 1.000 e 10.000 anos		
Nível do reservatório chegando a cota 254,00 m		
Prioridade	Ação	Responsabilidade
1	Observar a pluviometria da região e os dados Geração se indicam aumentos de vazão afluente.	Operação
2	Avaliar Instrumentação da Barragem, valores de referência para condição do instrumento.	Resp. Seg. Barragem e/ou consultor externo
3	Realizar inspeção rotineira (equipe interna de segurança da Barragem) no barramento e nível do barramento buscando observar alguma anomalia na estrutura que necessite reparo.	Operação
4	Acionar sistema de alerta da ZAS conforme Plano de Comunicação	Coordenador PAE
5	Cheia - Aviso aos agentes externos (defesa civil, corpo bombeiros e prefeituras) da condição de enchente com alagamento na ZAS para que mesmo possam retirar a interditar ponte de jusante e retirar operadores da PCH Salto Forqueta, manter o controle nos sistemas de monitoramento e previsão de chuvas (Mapas de Inundação TR 1.000 anos.)	Coordenador PAE
6	Abrir máquinas de modo aumentar capacidade de descarga e modo baixar nível do reservatório	Operação
7	Caso ocorra uma diminuição brusca do nível do reservatório e/ou seja detectado vazamento ou problema na barragem com potencial de ruptura, deverá ser acionado Responsável pela Segurança da Barragem para verificação do Problema, podendo ser acionada EMERGÊNCIA 1 e caso não solucionado EMERGÊNCIA 2 .	Coordenador PAE
8	Após a condição de enchente (TR entre 1.000 e 10.000 anos) deverá ser realizada uma inspeção especial no barramento e no vertedouro para verificar as condições gerais da estrutura civil.	Resp. Seg. Barragem/ equipe de segurança da Barragem e/ou consultor externo

9.1.5 Situação de Emergência 2 (VERMELHO ESCURO)

Tabela 28 – Ações de resposta (Emergência 2)

RUPTURA PRESTES A OCORRER, OCORRENDO OU ACABOU DE OCORRER COM QUALQUER CONDIÇÃO HIDROLÓGICA		
Prioridade	Ação	Responsabilidade
1	Acionar sistema de alerta da ZAS conforme Plano de Comunicação	Coordenador PAE
2	Nesta situação a operadora deverá comunicar a defesa civil para a retirada da população atingida de jusante. Os Mapas de Inundação com Dam Break para os diversos tempos de recorrência devem servir de orientação para a retirada da população. Sempre com a maior antecedência possível. Utilizar mapas de rompimento TR 1.000 anos.	Coordenador PAE

NAS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA 2 DEVERÃO SER AVISADOS E RETIRADOS TODOS OS ATINGIDOS DE JUSANTE BUSCANDO A SEGURANÇA DOS ATINGIDOS. A RETIRADA SE DARÁ PELOS AGENTES EXTERNOS (DEFESA CIVIL, CORPO DE BOMBEIROS, POLÍCIA MILITAR, ETC).

10 ACESSOS, MAPAS DE ÁREAS SUJEITAS A INUNDAÇÕES POTENCIAIS

O estudo das áreas de risco de desastre permitiu a elaboração dos mapas temáticos, relacionados com a ameaça, vulnerabilidade e o risco de inundação, os quais servem de embasamento para a definição dos métodos a serem adotados para prevenir, preparar ou responder quando da ocorrência de grandes cheias ou rompimento da barragem.

Os estudos indicaram que os níveis de água resultante do rompimento da Barragem da PCH Rastro de Auto são muito pequenos quando comparado com os níveis de enchente sem rompimento, isso devido ao pequeno volume do reservatório (1,41 hm³). Como orientação ao sistema de prevenção, a ponte de jusante deverá ser interditada a partir de enchentes TR 100 anos para evacuação da área potencialmente atingida.

Nos mapas de inundação, estão indicados os acessos atingidos com as condições de cheias ou rompimento para os tempos de recorrência estudados. Foram atingidos acessos de ambas as margens do rio, paralelos ao mesmo em diversos pontos para todos os tempos de recorrência.

10.1 Zona de Autossalvamento – ZAS

A Zona de Autossalvamento (ZAS) é determinada como aquela região a jusante da barragem em que não há tempo suficiente para uma intervenção das autoridades competentes em caso de acidente (ANA, 2016). Neste sentido, considera-se que a ZAS é delimitada utilizando-se uma distância de 10 km a jusante da barragem ou a distância que corresponde a um tempo de chegada de onda de inundação igual a trinta minutos, sendo considerado sempre o ponto menor entre os dois critérios.

Essa área é chamada de Zona de Autossalvamento (ZAS), pois em caso de rompimento não há tempo hábil para a chegada de socorro sendo que a população atingida deve sair da área de risco por conta própria mediante aviso de emergência.

No estudo de rompimento da barragem da PCH Rastro de Auto o local do limite da ZAS se encontra a 10,00 km de distância da barragem, sendo nesse caso adotado o critério de tempo de início da onda de cheia para a pior condição de estudo que é o rompimento da capacidade extrema do Vertedouro com a cheia de 1.000 anos.

Dentro da ZAS existem (01) Casa de Força, (01) Ponte no vale a jusante que poderão ser afetadas pela onda de cheia no caso de uma ruptura da barragem. O Quadro 9 apresenta a localização e principais características das seções dentro da ZAS. Nenhuma propriedade a jusante foi atingida pelo rompimento da Barragem e nem em condições de enchentes.

Quadro 9 – Características das infraestruturas/edificações localizadas na ZAS da barragem

BARRAGEM Rastro de Auto					
Infraestrutura e Edificações na ZAS					
Denominação	Descrição	Coordenada geográfica Latitude	Coordenada geográfica Longitude	Distância do barramento (Km)	Cota (m) - TR 1000 anos
159	Casa de Força Rastro de Auto	29° 3'56.20"S	52°13'13.81"O	4,26	213,15
140	Barragem Salto Forqueta	29° 4'48.21"S	52°12'35.11"O	7,90	211,42
128	Limite ZAS	29° 4'52.08"S	52°12'56.58"O	10,00	186,33

Somente próximo a Casa de Força da PCH Salto Forqueta, foram sugeridas e identificadas rotas de fuga e pontos de encontro, que deverão ser confirmadas por autoridades competentes *in loco* (Empreendedor e Defesa Civil). As rotas de fuga foram sugeridas até onde não há o risco de inundação e deverão ser definidas como ponto de encontro da população residente na zona de autossalvamento.

A população dessas áreas deve ser orientada a se locomover e a identificar as rotas de fuga em caso de situações de emergência com risco de rompimento da barragem, sendo que esse deslocamento deve ser considerado como realizado por meios próprios e de maneira mais rápida possível mediante o aviso a ser implantado identificando a emergência.

As edificações atingidas e as áreas de fuga estão identificadas nos Mapas Zona de Autossalvamento:

- RDA-C-ZAS-001-00-21 – Zona de Autossalvamento – Natural e Rompimento – TR 1.000 Anos – Folha 01.

Os mapas da ZAS estão apresentados no Anexo VI.

10.2 Zona de Segurança Secundária – ZSS

A zona de segurança secundária de acordo com Lei 14.066/2020 estabelece que é o trecho de jusante que não faz parte da Zona de Auto Salvamento. Logo, fica como definido a Zona de Segurança Secundária como limite final da modelagem, cerca de 32,20 km de distância da Barragem.

Os mapas de inundação RDA-C-MPI-001-00-21, RDA-C-MPI-002-00-21 e RDA-C-MPI-003-00-21 informam o limite da ZAS e ZSS, estão apresentados no Anexo V.

10.3 Propriedades Atingidas

Não foi atingida nenhuma propriedade de jusante. O quadro abaixo apresenta a confirmação por margem e municípios.

Quadro 10 – Estimativa das propriedades atingidas – Rompimento TR 1.000 anos

BARRAGEM Rastro de Auto			
Infraestrutura e Edificações - DB 1.000			
Zona	Município	Margem Rio	Quantidade Propriedades Atingidas
Autossalvamento	São José do Herbal	Direita	0
	Putinga	Esquerda	0
Total ZAS			0
Segurança Secundária	São José do Herbal e Pouso Novo	Direita	0
	Putinga e Coqueiro Baixo	Esquerda	0
Total ZSS			0
Total ZAS e ZSS			0

Os mapas de inundação para dia de sol e para os tempos de recorrência de 10, 100 e 1.000 anos estão apresentados no Anexo V – Mapas de Inundação, divididos nos seguintes desenhos:

- RDA-C-MPI-001-00-21 – Mapa de Inundação – TR 10 Anos– Natural e Rompimento – Folhas 01 a 05;
- RDA-C-MPI-002-00-21 – Mapa de Inundação – TR 100 Anos – Natural e Rompimento – Folhas 01 a 05;
- RDA-C-MPI-003-00-21 – Mapa de Inundação – TR 1.000 Anos – Natural e Rompimento – Folhas 01 a 05.

É importante relatar que simulação de somente enchentes também não foi atingida nenhuma propriedade de jusante da Barragem.

10.4 Risco Hidrodinâmico

O risco hidrodinâmico foi obtido diretamente do processamento da mancha de inundação provocada pelo rompimento da barragem para a ocorrência de uma TR 1.000 anos, sendo obtido pela relação Profundidade x Velocidade da onda de inundação de acordo com as cotas do terreno, e seguirá a legenda da Tabela 3 apresentado no Item 5.1.16 para elaboração do mapa de Risco Hidrodinâmico.

No Mapa do Risco hidrodinâmico do Anexo VII, apresenta detalhes das consequências, onde foi possível avaliar pontos atingidos para a TR 1.000 anos.

O Quadro 41 a seguir apresenta detalhes dos pontos atingidos e risco hidrodinâmico, sendo que:

- **SL- 124 - Casa de Força Salto Forqueta** - Colapso de certos edifícios;
- **SL- 113 – Ponte Jusante** – Colapso de certos edifícios.

Quadro 11 - Risco Hidrodinâmico para TR 1.000 anos

Seções de Interesse	Distância da Barragem PCH Rastro de Auto (km)	1000 anos								
		Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)			Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	
		Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração			
Barragem Rastro de Auto - Tempo após Rompimento										
159	Casa de Força Rastro de Auto	4,26	212,63	213,15	0,52	00:00	00:20	01:40	5,94	2184,99
140	Barragem Salto Forqueta	7,90	211,03	211,42	0,39	00:00	00:30	03:00	0,61	2103,84
128	Limite ZAS	10,00	185,84	186,33	0,49	00:05	00:35	03:55	3,95	2081,04
124	Casa de Força Salto Forqueta	10,84	180,76	181,27	0,51	00:05	00:40	04:55	4,05	2078,85
113	Ponte Jusante	12,31	172,02	172,43	0,41	00:10	00:40	04:50	5,25	2043,81
1	Limite ZSS	32,20	86,22	86,53	0,31	00:35	01:40	05:25	4,73	1988,70

11 FLUXO DE INFORMAÇÃO E ACIONAMENTO

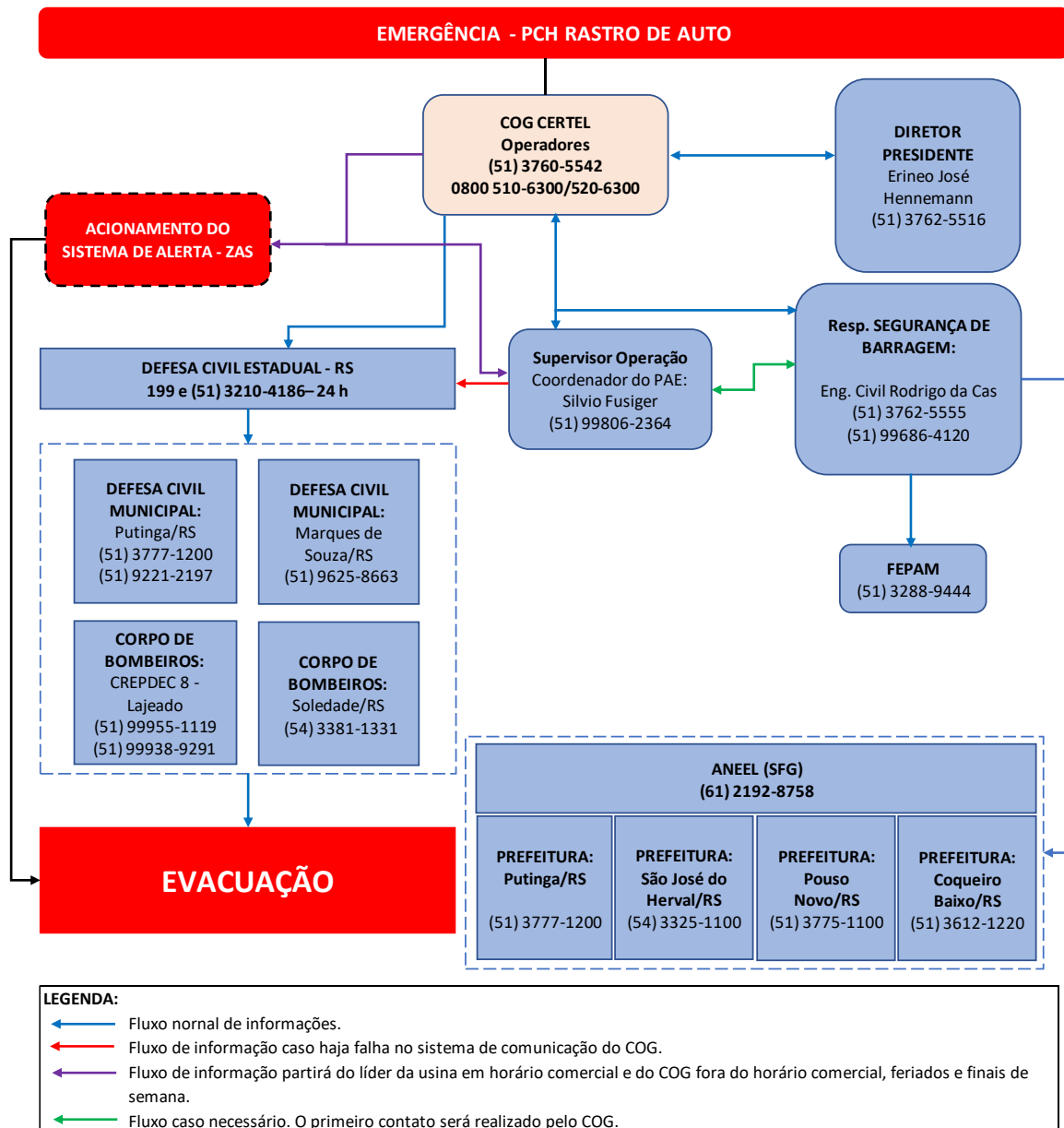
11.1 Meios de Comunicação

O acionamento de emergências será realizado através de telefone com a Defesa Civil do Estado do Rio Grande do Sul, bem como com a Defesa Civil municipais de Putinga e Marques de Souza do Rio Grande do Sul, Corpo de Bombeiros de Lajeado e Soledade, Polícia Militar, e Prefeituras dos municípios de Putinga, São José do Herval, Pouso Novo e Coqueiro Baixo todo no estado Rio Grande do Sul (atingidos).

Deverá ser elaborado o Plano de comunicação com comunidade de jusante em caso de emergência, principalmente na Zona de Autossalvamento. Este sistema poderá prever comunicação tipo SMS/Watzapp ou telefone, em caso de extrema emergência será alertado localmente a ZAS. Também deverá ser realizado o Cadastro dos atingidos na ZAS.

11.2 Acionamento em Caso de Emergências

O acionamento em caso de emergência dos agentes envolvidos se dará pelo Fluxograma 4 que mostra a sequência de tramitação das informações. Este fluxograma apresenta o responsável pelo acionamento, Gerência Operação e CERTEL RASTRO DE AUTO GERAÇÃO DE ENERGIA S/A., e os agentes externos envolvidos, Defesa Civil do estado do Rio Grande do Sul Defesa Civil municipais, Corpo de Bombeiros e Prefeituras dos municípios de Putinga, São José do Herval, Pouso Novo e Coqueiro Baixo todo no estado Rio Grande do Sul (atingidos). Também deverá ser comunicado o órgão ambiental do estado do RS - Fundação Estadual de Proteção Ambiental – FEPAM.



Fluxograma 4 – Acionamento emergências

Este fluxograma está apresentado no Anexo VIII e deverá ficar na Usina em local de fácil visualização em caso de emergência com o contato dos atingidos para evacuação da área em casos extremos.

Este fluxograma deverá ser acionado nas seguintes hipóteses:

- Cheias ocorridas a partir do **tempo de recorrência de 100 anos**, ou seja, **vazão afluente maior que 1.287 m³/s**, juntamente com aumento da Pluviometria na região. Nesta condição os operadores da PCH Salto Forqueta deverão ser avisados para evacuação da área de inundação em condições naturais;
- Vazamento na Barragem sem controle com risco de colapso ou rompimento.

Como o risco de galgamento da barragem da PCH Rastro de Auto em condições normais de operação é baixo, quase nulo, a segurança da estrutura depende da qualidade do monitoramento e da agilidade na recuperação de eventuais danos estruturais.

O rebaixamento do reservatório é uma condição possível de ser realizada (em condições hidrológicamente favoráveis) até o limite imposto pelas comportas das Tomadas de Água. Esse procedimento reduz de maneira substancial os danos a jusante decorrentes do rompimento da barragem devido a redução do volume do reservatório.

É um procedimento que pode ser realizado com segurança permitindo também a redução dos esforços sobre o barramento facilitando trabalhos de recuperação da estrutura.

12 FORMULÁRIOS DE DECLARAÇÃO DE INÍCIO DA EMERGÊNCIA, DE DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DA EMERGÊNCIA E DE MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO

As declarações estão apresentadas no Anexo X.

13 RELAÇÃO DAS ENTIDADES PÚBLICAS E PRIVADAS QUE RECEBERAM CÓPIA DO PAE COM OS RESPECTIVOS PROTOCOLOS DE RECEBIMENTO

A implementação eficaz de um PAE exige que os documentos base sejam controlados, com a distribuição de cópias restringidas a todas as entidades com responsabilidades instituídas, garantindo o conhecimento e a utilização de planos sempre atualizados. Assim, deve estar identificada a relação das entidades que receberam cópia (Tabela 29).

Deverá ser mantido uma cópia física atualizada do PAE na sala de controle da Usina.

Tabela 29 – Entidades que recebem Cópia PAE

Entidade	Nº de cópias (Digital)
Entidade Fiscalizadora (ANEEL)	1
Secretaria De Estado De Defesa Civil Do Estado - RS	1
Corpo De Bombeiros Militar Do Estado – RS	1
Defesa Civil Municipal – Putinga e Marques de Souza do Rio Grande do Sul	1
Corpo de Bombeiros – Soledade - RS	1
Prefeituras envolvidas – Putinga, São José do Herval, Pouso Novo e Coqueiro Baixo - RS	1

14 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Nenhuma propriedade a jusante da Barragem Rastro de Auto é atingida com rompimento da mesma, somente a Casa de Força da PCH Salto Forqueta que é usina do mesmo grupo. Logo, deverá ser mantido contato entre operadores de modo avisar caso entre em uma condição de emergência. Também foi atingida a ponte a jusante da PCH Salto Forqueta já com condições de enchentes a partir da TR 10 anos.

Está prevista que a necessidade de revisão e adaptação deste plano se fará necessária quando:

- Houver alteração na estrutura do operador, incorporação ou revisão do Plano de Segurança da Barragem (mudanças características da Barragem), e por força de legislação;
- Atualização dos nomes dos responsáveis da Usina e das equipes de operação, manutenção, monitoramento e de inspeção;
- Atualização dos responsáveis, principalmente nos órgãos Estaduais.

Devido as características das estruturas e região do entorno a barragem da PCH Rastro de Auto foi classificada e confirmada como **Classe C**, Categoria de Risco Baixo e Dano Potencial Associado Baixo. Barragem Classe C necessita realizar a Revisão Periódica de Segurança (RPS) a cada 10 anos onde o produto a ser elaborado consta de um relatório onde estarão listadas as considerações sobre o exame de toda a documentação existente, a avaliação dos critérios de projeto, a análise da instrumentação, a identificação de anomalias e as condições de manutenção, e quais as Recomendações e Conclusões sobre a segurança da Barragem, devendo ser reavaliadas as condições de segurança das estruturas do barramento sendo então realizada novamente a classificação da barragem nos critérios da lei de segurança vigente na época do RPS.

Recomenda-se após a condição de enchente maiores que TR 100 anos ($Q=> 1.287 \text{ m}^3/\text{s}$) deverá ser realizada uma inspeção no Barramento para verificar as condições gerais da estrutura civil, em particular a calha do vertedouro no trecho em rocha sã. Essa inspeção pode ser realizada pela equipe de segurança de barragem do empreendedor.

Recomenda-se após condição de cheia igual ou maior que TR 1.000 anos ($Q=> 1.747 \text{ m}^3/\text{s}$) seja realizada uma inspeção de Segurança Especial na estrutura do barramento e região do entorno. Essa inspeção deve ser realizada por equipe de consultores especialistas.

15 EQUIPE TÉCNICA

Nome	Formação	Função
Henrique Yabrudi Vieira	Engenharia Civil	Hidráulica – Segurança de Barragens
Patrícia Becker	Engenharia Civil	Estruturas – Segurança de Barragem

As Anotações de Responsabilidade Técnica (ART) dos profissionais envolvidos nos trabalhos estão apresentadas no Anexo XI.

16 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. B. de. **A gestão do risco em sistemas hídricos: conceitos e metodologias aplicadas a vales com barragens**. 6º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, APR. Cabo Verde, 2003.

ALMEIDA. Antônio Betâmio de. **Emergências e Gestão do Risco: Risco a Jusante de Barragens**. Lisboa, 2001.

ALMEIDA, A. B. **Emergência e gestão do risco**. In: Curso de Exploração e Segurança de Barragens. Capítulo 7. Lisboa: Instituto Nacional da Água (INAG), 2001. 104p

AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS, **Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis**, Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, 1995.

AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS, **Guidelines for Chemical Transportation Risk Analysis**, Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, 2000.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens Volume IV - Guia de Orientação e Formulários dos Planos de Ação de Emergência – PAE, Versão final 02 para editoração – Abril de 2016.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - Manual do empreendedor da Ana relativo a revisão periódica, plano de segurança de barragens, plano de ação de emergência e inspeções de segurança de barragens (<http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/downloads/ManualEmpreendedor>).

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – Resolução Normativa N° 696, de 15 de Dezembro de 2015 - Estabelece critérios para classificação, formulação do Plano de Segurança e realização da Revisão Periódica de Segurança em barragens fiscalizadas pela ANEEL de acordo com o que determina a Lei nº 12.334, de 20 de Setembro de 2010.

BARBOSA, N. P.; MENDONÇA, A. V.; SANTOS, C. A. G.; LIRA, B. B. **Barragem de Camará**. Universidade Federal da Paraíba – Centro de Tecnologia. Ministério Público Federal. Procuradoria da República no Estado da Paraíba. PB, 2004. Disponível em: <www.prpb.mpf.gov.br/>. Acesso em 23/09/2008.

CESTARY JÚNIOR, Euclides. **Estudo De Propagação De Ondas Em Planície De Inundação Para Elaboração De Plano De Ação Emergencial De Barragens – Uhe Três Irmãos Estudo De Caso**. 2013. 224 f. Dissertação (Mestrado): Curso de Engenharia Civil, Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2013.

CETESB. **Manual de Orientação para a Elaboração de Estudos de Análise de Riscos**. Norma P4.261, Maio/2003.

COLLISCHONN, V. **Análise do rompimento da barragem de Ernestina**. Dissertação (Mestrado). Porto Alegre: UFRGS, 1997.

CRUZ, P.T. **100 Barragens Brasileiras: Casos Históricos, Materiais de Construção, Projetos**. Oficina de Textos, São Paulo, 2004.

DUARTE, Moacir. **Riscos Industriais: Etapas para a investigação e a prevenção de acidentes**. Rio de Janeiro: FUNENSEG, 2002.

FEEMA. **Manual do Curso de Análise de Riscos Ambientais**. Agosto de 1998.

GUIA BÁSICO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS, Comitê Brasileiro De Grandes Barragens, Núcleo Regional De São Paulo.

LEI Nº 12.334, de 20 de Setembro de 2010, **Política Nacional de Segurança de Barragens**, Presidência da República. Alterada pela Lei Federal 14.066/2020.

MENESCAL, R. A.; VIEIRA, V. P. P. B.; FONTENELLE, A. S.; OLIVEIRA, S. K. F. 2001. **Incertezas, Ameaças e Medidas Preventivas nas Fases de Vida de uma Barragem**. XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Anais, Fortaleza – CE.

MENESCAL, R. A.; MIRANDA, A. N.; PITOMBEIRA, E. S.; PERINI, D. S. **As Barragens e as Enchentes**. Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 2004 Florianópolis - SC.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **A Segurança de Barragens e a Gestão de Recursos Hídricos no Brasil** / [Organizador, Rogério de Abreu Menescal]. Brasília: Proágua, 2005.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Manual de Segurança e Inspeção de Barragens**. Brasília, 2002.

SILVA, M. M. A.; LACERDA, M. J.; SILVA, P. K.; SILVA, M. M. P. **Impactos Ambientais causados em decorrência do rompimento da Barragem Camará no município de Alagoa Grande**, PB. Revista de Biologia e Ciências da Terra. Volume 6 – Número 1. 2006.

SILVEIRA, J.F.A. **Instrumentação e Segurança de Barragens de Terra e Enrocamento**. Oficina de Textos, São Paulo, 2006.

SYNAVEN, K. **The pilot Project Kyrkojarvi dam and reservoir, Seinajoki**, Finland. In- Internacional Seminal And Worksjop Risk Assesment, Dam-Break Flood Análisis And Emergency Action Planning. Seinajnoki- Finnish Environment Institute, 2000.

WISEU, T.; MARTINS, R. **Safety risks of small dams**. In- BERGA, L. (Ed.) Dam Safety. Rotterdam- Balkema, 1998. p. 283-288.

17 ANEXOS

- Anexo I – Dados (somente digital)
- Anexo II – Área Resguardada e Acessos
- Anexo III – Curva de Referência
- Anexo IV – Seções Restituição
- Anexo V – Mapas de Inundação
- Anexo VI – Zona de Auto salvamento
- Anexo VII – Risco Hidrodinâmico
- Anexo VIII – Fluxograma de Acionamento
- Anexo IX – Apresentação PAE
- Anexo X – Formulários
- Anexo XI – ART

ANEXO I – DADOS (SOMENTE DIGITAL)

ANEXO II – ÁREA RESGUARDADA E ACESSOS

ANEXO III – CURVA DE REFERÊNCIA

ANEXO IV – SEÇÕES RESTITUIÇÃO

ANEXO V – MAPAS DE INUNDAÇÃO

ANEXO VI – ZONA DE AUTO SALVAMENTO

ANEXO VII – RISCO HIDRODINÂMICO

ANEXO VIII – FLUXOGRAMA DE ACIONAMENTO

ANEXO IX – APRESENTAÇÃO PAE

ANEXO X – FORMULÁRIOS

ANEXO XI – ART