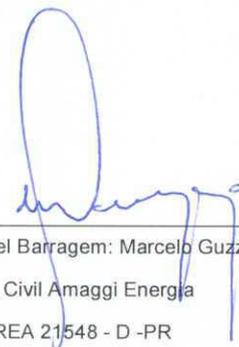


PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS

PCH SEGREDO




Diretor, Judiney Carvalho de Souza
Amaggi Energia


Responsável Barragem: Marcelo Guzzo
Eng. Civil Amaggi Energia
CREA 21548 - D -PR

01	17/04/2019	Revisão Equipe Interna Amaggi	Gabriel	Amaggi Energia
00	30/10/2017	Emissão inicial	PBE	Estelar
Revisão	Data	Objeto da revisão	Redação	Empresa

PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS

PCH SEGREDO



Diretor: Judiney Carvalho de Souza
Amaggi Energia

Responsável Barragem: Marcelo Guzzo
Eng. Civil Amaggi Energia
CREA 21548 - D -PR

01	17/04/2019	Revisão Equipe Interna Amaggi	Gabriel	Amaggi Energia
00	30/10/2017	Emissão inicial	PBE	Estelar
Revisão	Data	Objeto da revisão	Redação	Empresa

PARTE III - PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS

1	INFORMAÇÕES GERAIS DA BARRAGEM	7
1.1	Apresentação	7
1.2	Objetivo do PAE	7
1.3	Localização, Acesso e Estruturas do Barramento	8
1.3.1	Localização e Acesso	8
1.3.2	Estruturas do Barramento	9
2	CAUSAS DE DEFEITOS EM BARRAGENS	16
2.1	Projeto	16
2.2	Implantação do empreendimento	16
2.3	Manutenção e Operação	16
2.4	Atualização/ revisões das condições iniciais	16
3	DETECÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA	17
3.1	Avaliação do Risco	17
3.1.1	Risco Hidrológico	17
3.1.2	Risco de Colapso Estrutural	18
3.2	Identificação das Emergências Potenciais	21
4	ESTUDO DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM	22
4.1	Metodologia	22
4.1.1	Geografia da Região e Geometria do Rio	22
4.1.2	Tipo e Geometria da Barragem	23
4.1.3	Causas de Rompimento	23
4.1.4	Formação da Brecha	25
4.1.5	Modelagem Matemática	27
4.1.6	Identificação das áreas atingidas	28
4.1.7	Apresentação dos valores de altura ao longo do tempo	28
4.1.8	Comparativo de altura x velocidade	29
4.2	Dados de entrada utilizados	31
4.2.1	Restituição e Modelo Digital de Elevação (MDE)	31

4.2.2	Características das Barragens	33
4.2.3	Dados Hidrológicos	44
4.3	Características gerais do modelo	48
4.3.1	Calibração do Modelo	50
4.4	Definição dos parâmetros da simulação de Dam Break	50
4.4.1	Condições Hidrológicas.....	50
4.4.2	Nível Operativo dos Reservatórios	50
4.4.3	Parâmetros da brecha	50
4.5	Resultados dos Estudos de Dam Break	51
4.5.1	Altura Máxima da Onda.....	52
4.5.2	Seções de Interesse.....	54
4.6	Mapas de Inundação.....	66
4.7	Conclusão Dam Break.....	66
5	AGÊNCIAS E ENTIDADES ENVOLVIDAS.....	69
5.1	Identificação do Empreendedor.....	69
5.2	Agentes Externos.....	71
5.2.1	Outros Órgãos.....	73
6	CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA E RISCO DE RUPTURA	74
6.1	Condição Hidrológica	74
6.2	Condição Estrutural.....	74
6.2.1	Monitoramento das Estruturas.....	74
6.2.2	Inspeções Rotineiras(Mensais)	75
6.2.3	Inspeção de Segurança Regular (Anual)	75
6.2.4	Inspeções Segurança Especial	76
6.2.5	Revisão Periódica de Segurança	76
6.2.6	Tramitação das Informações.....	76
7	RESPONSABILIDADES DE TODOS OS AGENTES ENVOLVIDOS	81
7.1	Agente Interno – SEGREDO ENERGIA S/A.....	81
7.2	Agentes Externos.....	82
7.3	Atribuições Conjuntas entre a Usina e Agentes Externos.....	84

8	PROGRAMA DE AÇÕES PREVENTIVAS, TÃO LOGO IDENTIFICADAS SITUAÇÕES EMERGÊNCIAIS.....	85
8.1	Situação normal (Azul)	85
8.2	Situação atenção (Verde).....	85
8.3	Situação de alerta (Amarelo).....	86
8.4	Situação de emergência 1 (Rosa)	86
8.5	Situação de emergência 2 (Vermelha)	87
9	ACESSOS, MAPAS DE ÁREAS SUJEITAS A INUNDAÇÕES POTENCIAIS.....	88
9.1	Acessos	88
9.2	Propriedades Atingidas	88
10	FLUXO DE INFORMAÇÃO E ACIONAMENTO.....	89
10.1	Meios de Comunicação	89
10.2	Acionamento em Caso de Emergências.....	89
11	PROPOSTA PARA REVISÃO DO PAE.....	91
12	EQUIPE TÉCNICA.....	92
13	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
14	ANEXOS	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da PCH Segredo.....	8
Figura 2 – Placa informativa acesso a PCH Segredo.....	9
Figura 3 – Arranjo Geral.....	10
Figura 4 – Barragem de Terra Margem Direita – Seções.....	12
Figura 5 – Barragem de Terra Margem Esquerda – Seções.....	13
Figura 6 – Vertedouro – Planta e Seção.....	14
Figura 7 – Circuito de Geração – Seção.....	15
Figura 22 – Vista Geral da Barragem.....	19
Figura 23 – Vista Geral do Vertedouro.....	20
Figura 24 – Formação de brecha por galgamento.....	23
Figura 25 – Formação da brecha por infiltração.....	24
Figura 26 – Brechas resultantes de falhas nas fundações.....	25
Figura 27 - Tempo de formação da brecha.....	27
Figura 28 – Nível de perigo relacionado a residências.....	30
Figura 29–Nível de perigo relacionado a veículos de passageiros.....	30
Figura 30–Nível de perigo relacionado a adultos.....	31
Figura 31– Nível de perigo relacionado a crianças.....	31
Figura 32 – PCH Segredo.....	33
Figura 33 – PCH Segredo – Curva CAV.....	35
Figura 34 – PCH Ilha Comprida.....	35
Figura 35 – PCH Ilha Comprida – Curva CAV.....	37
Figura 36 – PCH Parecis.....	38
Figura 37 – PCH Parecis – Curva CAV.....	39
Figura 38 – PCH Rondon.....	40
Figura 39 – PCH Rondon – Curva CAV.....	41
Figura 40 – PCH Telegráfica.....	42
Figura 41 – PCH Telegráfica – Curva CAV.....	43
Figura 42 – Abrangência do modelo computacional.....	48
Figura 43 – Perfil do rio calibrado – Qmlt (azul), TR 100 anos (vermelho) e TR 10.000 (verde).....	49
Figura 44 – Seção PCH Segredo Jusante – Cotograma.....	55
Figura 45 – Seção PCH Ilha Comprida Montante – Cotograma.....	56
Figura 46 – Seção PCH Ilha Comprida Jusante – Cotograma.....	57
Figura 47 – Seção PCH Parecis Montante – Cotograma.....	58
Figura 48 – Seção PCH Parecis Jusante – Cotograma.....	59
Figura 49 – Seção PCH Rondon Montante – Cotograma.....	61
Figura 50 – Seção PCH Rondon Jusante – Cotograma.....	62
Figura 51 – Seção PCH Telegráfica Montante – Cotograma.....	63
Figura 52 – Seção PCH Telegráfica Jusante – Cotograma.....	65
Figura 46 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura.....	77

ÍNDICE DE FLUXOGRAMAS

Fluxograma 1 – Fluxograma de Inspeções – n = mês.....	79
Fluxograma 2 – Fluxograma de Ações - manutenção das estruturas	80
Fluxograma 3 – Acionamento emergências.....	89

PARTE III - PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS

1 INFORMAÇÕES GERAIS DA BARRAGEM

1.1 Apresentação

O presente Plano de Ação de Emergências possui o intuito de atender à Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010 e a Resolução Normativa nº 696 de 15 de dezembro de 2015, onde a barragem da PCH Segredo foi classificada como Barragem é de categoria B, Categoria de Risco Baixo e Dano Potencial Alto.

Conforme a lei citada uma barragem com classificação de Dano Potencial Alto necessita de um Plano de Ação de Emergências – PAE. Para obtenção dos dados inicialmente foi realizada uma visita de reconhecimento na Usina, no dia 29 e 30/05/2017, 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 (5062-PSB-6C-RTVS-009-00-17-Inspeção Civil PCH Segredo).

Após elaboração do Plano de Ação de Emergência foi possível reclassificar a Barragem, de acordo com Matriz de Classificação Segredo R1 - Revisão após PAE (Anexo I – 5062-SEG-6C-MPBA-001-00-17-PSB PCH Segredo), onde fica comprovada que o Dano Potencial Associado da Barragem é Baixo, não atingindo nenhuma população em um “possível” rompimento da Barragem. Na próxima reclassificação da Barragem perante a ANEEL deverá ser levado em conta os resultados do PAE e reclassificar a Barragem para CLASSE C – Risco Baixo e Dano Potencial Associado Baixo.

1.2 Objetivo do PAE

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 do mesmo. Deverá ser dada ampla divulgação aos órgãos e instituições envolvidas, principalmente as prefeituras das cidades que possivelmente poderão ser atingidas.

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 conseqüências à jusante com hipotética 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.

1.3 Localização, Acesso e Estruturas do Barramento

1.3.1 Localização e Acesso

A PCH Segredo com potência instalada de 26,12 MW está localizada no rio Juruena, a uma distância de 95 km de sua confluência com o rio Juína, entre os municípios de Sapezal, na margem direita, e Campos de Júlio, na margem esquerda, no Estado de Mato Grosso. As coordenadas aproximadas do eixo do barramento são 13° 13' 48" Sul e 59° 01' 55" Oeste.

O aproveitamento hidrelétrico encontra-se na porção intermediária do rio Juruena entre os níveis operacionais das PCH Sapezal e PCH Ilha Comprida, sendo que estes aproveitamentos se encontram materializados e em operação.

O local do aproveitamento é acessível a partir da cidade de Sapezal, na direção para cidade de Comodoro, vira-se à direita após fazenda Tucunaré e através de estradas vicinais que cortam a região percorre-se cerca de 45 km até usina. Todo o trecho de estrada vicinal está sinalizado com placas das Usinas.

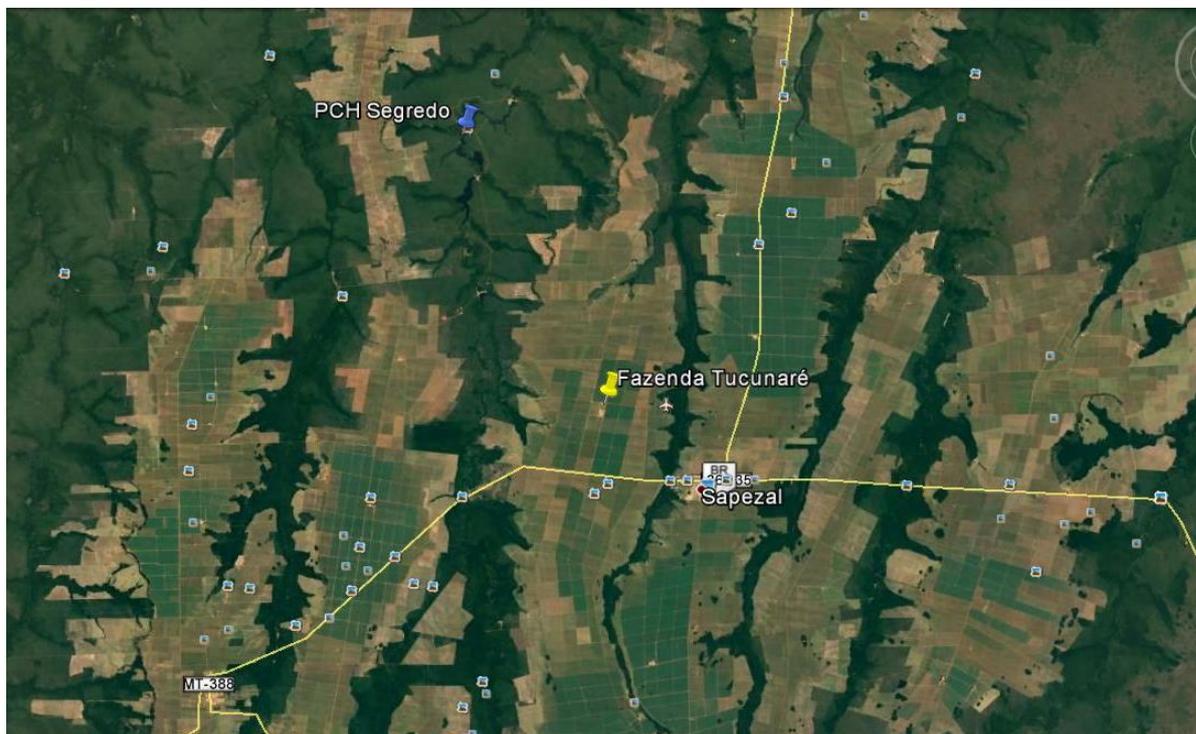


Figura 1 – Localização da PCH Segredo



Figura 2 – Placa informativa acesso a PCH Segredo

No Anexo I está apresentado o mapa da área a ser resguardada da Usina (5062-SEG-6C-DEAC-001) e o mapa de localização da mesma (5062-SEG-6C-DEAC-001).

1.3.2 Estruturas do Barramento

O arranjo geral da Usina é composto de:

- Barragem de terra com filtro na margem direita e margem esquerda;
- Vertedouro de comportas segmento;
- Tomada d'água;
- Casa de Força;
- Subestação.

A PCH Segredo tem a barragem de aterro de solo compactado com filtro nas margens direita e esquerda do rio. Apresenta a maior altura de 23,00 m e cota de proteção na El. 382,40 m.

A barragem de aterro de solo compactado com filtro apresenta taludes de montante e de jusante de 1 V: 2,0 H.

O vertedouro é do tipo com comportas segmento, controlado por 3 comportas com extensão total da crista de 25,60 m, dimensionado para extravasar a cheia de recorrência decamilenar equivalente a 416 m³/s, com sobrelevação de 0,40 m. Para manutenção das comportas segmento têm-se uma comporta ensecadeira na montante, que atende as três passagens d'água. O coroamento foi estabelecido na El. 382,60 m.

A PCH Segredo apresenta instrumentação para monitoramento da barragem de terra e galerias de drenagem os seguintes instrumentos:

- 27 piezômetros tipo Casagrande nas Barragens. Somente o PC-306 apresenta-se danificado
- 05 piezômetros com manômetro nas galerias de drenagem do vertedouro/casa de força;
- 3 medidores de vazão na jusante da barragem, sendo 2 na ombreira esquerda e 1 medidor na ombreira direita (pátio da Casa de Força). O Medidor MV-02 instalado na barragem margem esquerda apresenta-se danificado.

A seguir está apresentado os desenhos da Barragem, Vertedouro e Circuito de Geração. No Anexo I do Plano de Segurança da Barragem (5062-SEG-6C-MPBA-001) estão incluídos desenhos oficiais, mostrando a situação 'Como Construído' (Planta, Seções e Detalhes, etc.).

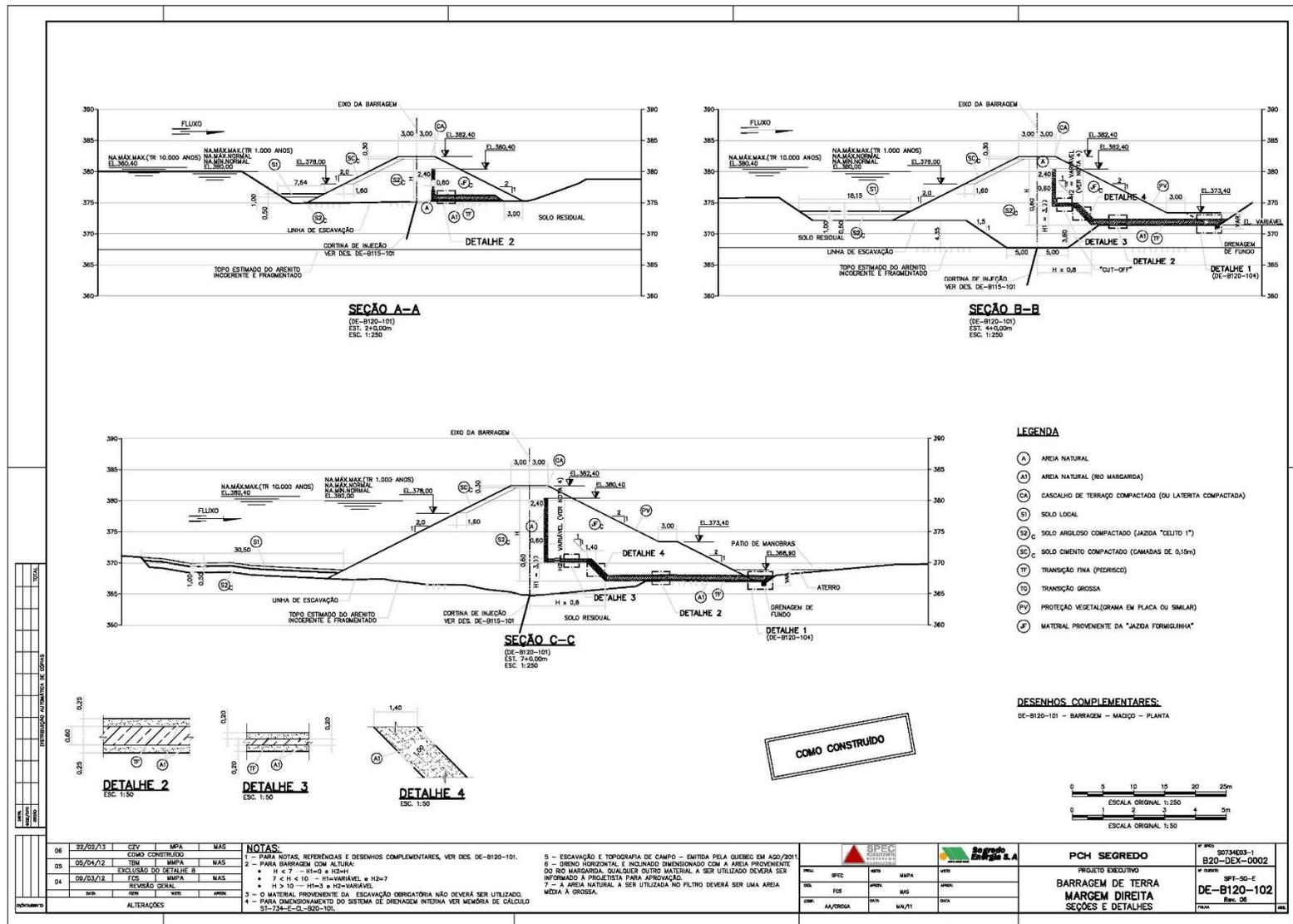


Figura 4 – Barragem de Terra Margem Direita – Seções

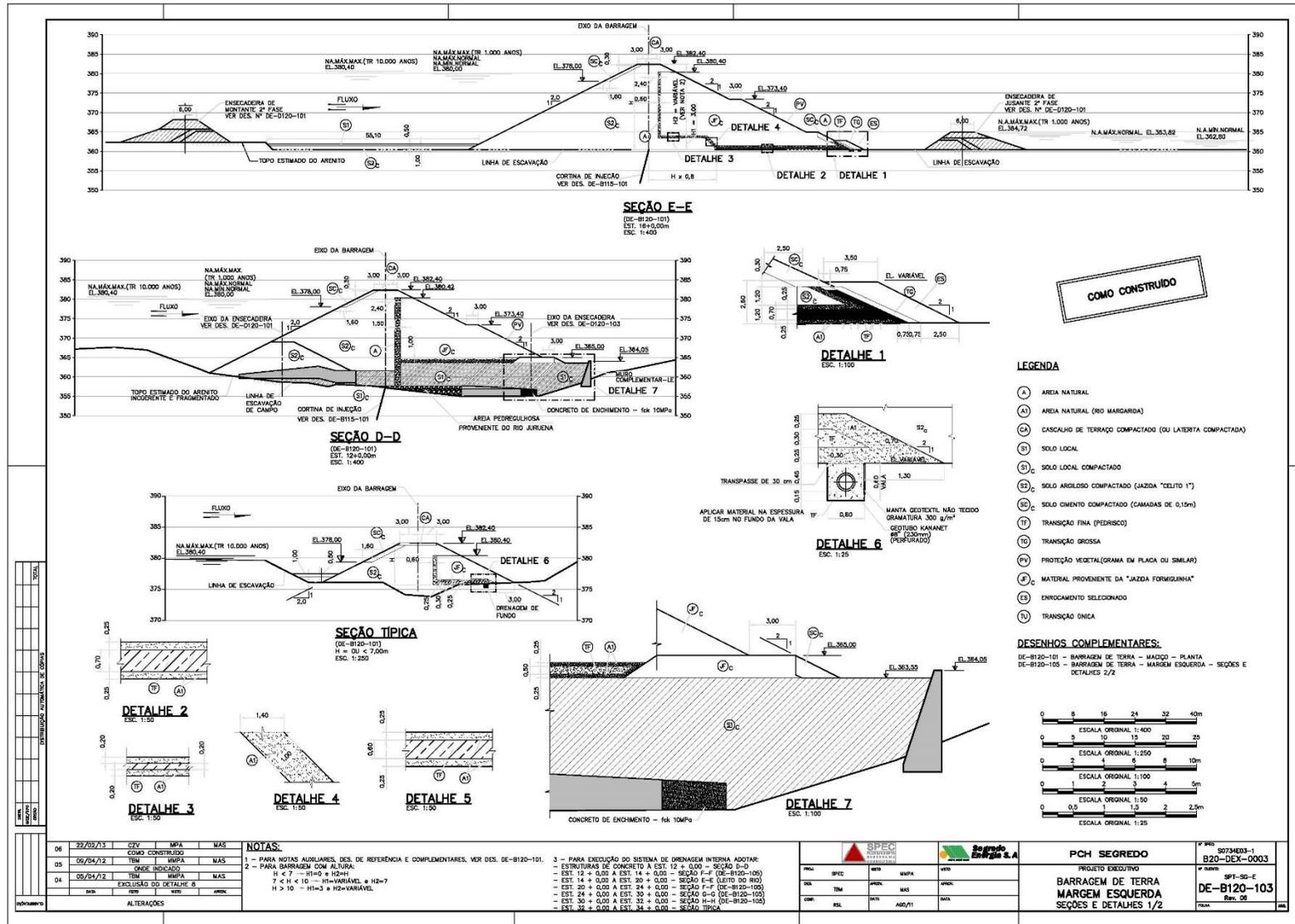


Figura 5 – Barragem de Terra Margem Esquerda – Seções

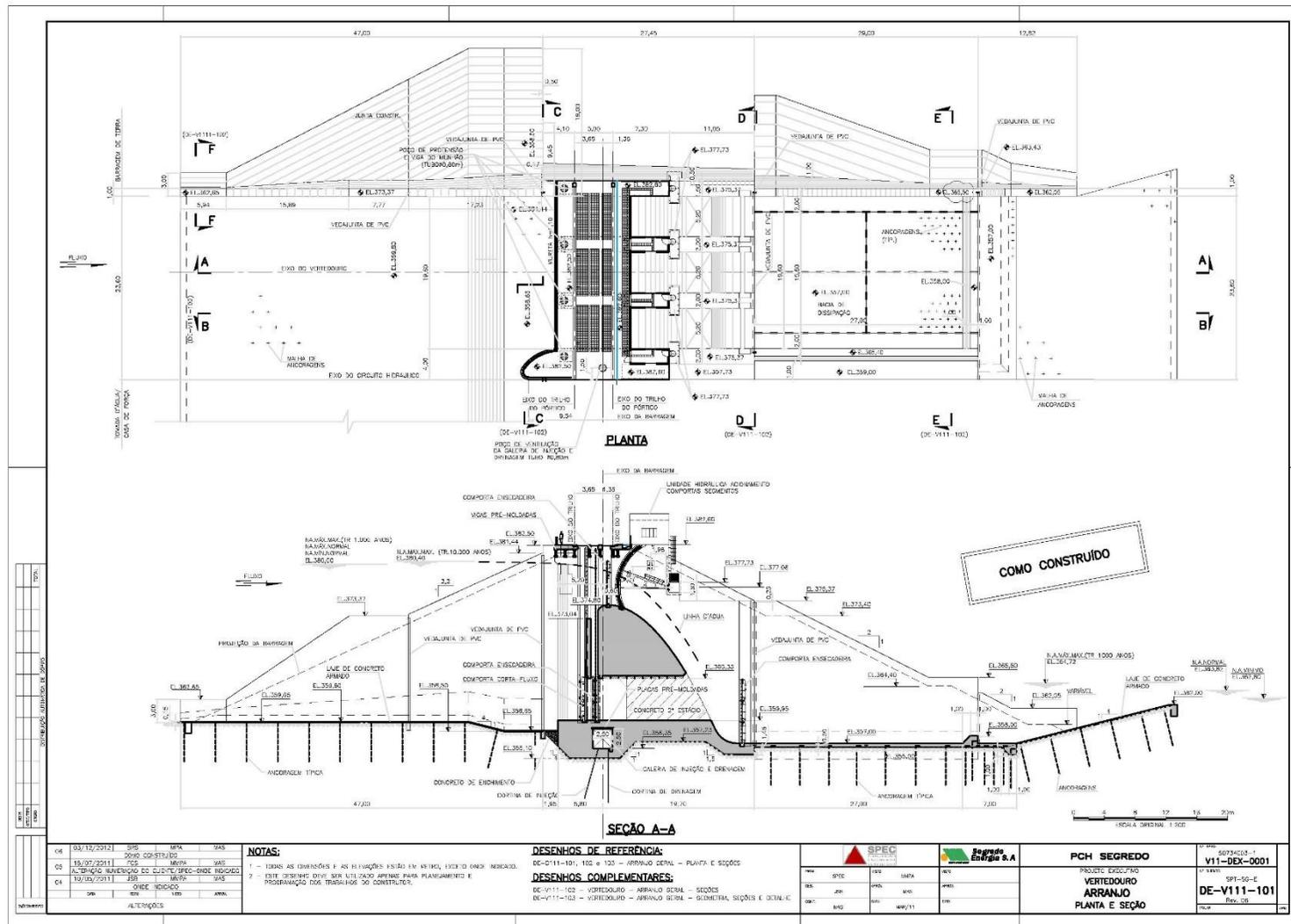


Figura 6 – Vertedouro – Planta e Seção

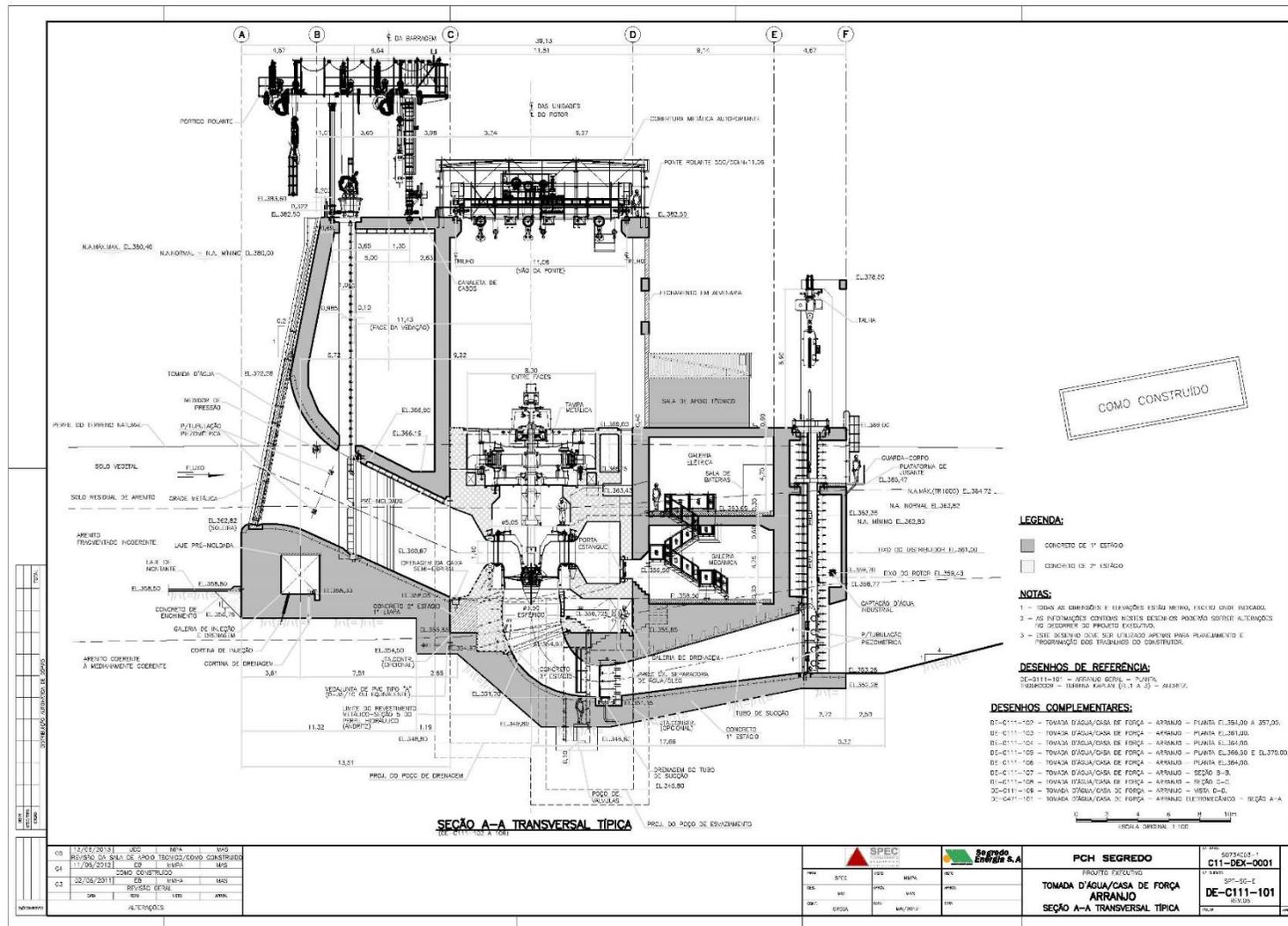


Figura 7 – Circuito de Geração – Seção

2 CAUSAS DE DEFEITOS EM BARRAGENS

As principais causas de defeitos em barragens são:

2.1 Projeto

Dados

- Subestimação da informação necessária para elaborar os projetos;
- Levantamentos de Campo, hidrológicos, geológicos e topográficos.

Concepção

- Deficiente avaliação da vazão de projeto;
- Insuficiente capacidade de vazão (dimensionamento inadequado ou solução);
- Deficiente concepção e/ou dimensionamento das estruturas de dissipação de energia (saltos de esqui, bacias de dissipação, condições de restituição) critérios de projeto;
- **Critérios de projeto** inadequados ou obsoletos;

2.2 Implantação do empreendimento

- Deficiência na fiscalização e construção;
- Procedimentos inadequados de execução;

2.3 Manutenção e Operação

- Mau funcionamento ou deficiente operação das comportas – falta de **Inspeção**;
- Envelhecimento dos materiais – falta de **Inspeção**;
- Deficiências de operação – falta de **Inspeção**;
- Má manutenção das estruturas e equipamentos - falta de **Inspeção**.

2.4 Atualização/ revisões das condições iniciais

- Ocorrência de alterações no regime hidrológico (alterações na bacia hidrográfica, alterações climáticas, **vazão de projeto**);

3 DETECÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA

3.1 Avaliação do Risco

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

3.1.1 Risco Hidrológico

A bacia hidrográfica da Pequena Central Hidrelétrica Segredo tem área de drenagem total de 4.878 Km². O reservatório possui um volume cerca de 37,35 hm³ e uma extensão de 7,73 km formado por um barramento de terra com altura máxima de 23,00 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 Segredo pode ser analisado pela Tabela a seguir:

Tabela 1 - 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 os riscos de ocorrerem cheias maiores ou iguais à cheia do projeto variam de 0,01% a 0,50% considerando os diferentes períodos de vida útil do empreendimento.

3.1.2 Risco de Colapso Estrutural

3.1.2.1 Barragem de Terra

O Barramento da PCH Segredo foi projetado obedecendo aos critérios da Eletrobrás e as condições de estabilidade estão com fatores segurança superiores aos preconizados.

A memória de cálculo SPT-SG-E-CL-B120-101 (Anexo I - 5062-SEG-6C-MPBA-001-00-17-PSB PCH Segredo), elaborada pela responsável pelo projeto executivo SPEC Planejamento, Engenharia e Consultoria obteve os seguintes coeficiente de segurança para estabilidade da Barragem de Terra.

Tabela 2 - Resultados Análise de Estabilidade - Barragem Terra - Projeto Executivo SPEC

Carregamento	Seção analisada	Condições	Talude	Coef. Segurança Bishop (Calculado)	Coef. Segurança Mínimo
Final de Construção	Est. 7+0,00m	Sem ações sísmicas	Montante	1,72	1,3
			Jusante	1,97	
		Com ações sísmicas	Montante	1,54	1,0
			Jusante	1,73	
	Est. 16+0,00m	Sem ações sísmicas	Montante	1,58	1,3
			Jusante	1,4	
		Com ações sísmicas	Montante	1,69	1,0
			Jusante	1,49	
	Est. 20+0,00m	Sem ações sísmicas	Montante	1,58	1,3
			Jusante	1,77	
		Com ações sísmicas	Montante	1,41	1,0
			Jusante	1,56	
Operação - regime Permanente	Est. 7+0,00m	Sem ações sísmicas	Jusante	2,13	1,5
		Com ações sísmicas		1,87	1,0
	Est. 16+0,00m	Sem ações sísmicas		1,52	1,5
		Com ações sísmicas		1,34	1,0
	Est. 20+0,00m	Sem ações sísmicas		1,86	1,5
		Com ações sísmicas		1,64	1,0

Para execução da Barragem foram utilizados procedimentos adequados de construção, fiscalização e tratamentos necessários.



Figura 8 – Vista Geral da Barragem

3.1.2.2 Vertedouro

O Vertedouro da PCH Segredo foi projetado obedecendo aos critérios da Eletrobrás e as condições de estabilidade estão com fatores segurança superiores aos preconizados.

O vertedouro é do tipo com comportas segmento, controlado por 3 comportas com extensão total da crista de 25,60 m, dimensionado para extravasar a cheia de recorrência decamilenar equivalente a 416 m³/s, com sobrelevação de 0,40 m.

As memórias de cálculo SPT-SG-E-CL-V-110-101 (Anexo I - 5062-SEG-6C-MPBA-001-00-17-PSB PCH Segredo), elaborada pela responsável pelo projeto executivo SPEC Planejamento, Engenharia e Consultoria obteve os seguintes coeficiente de segurança para estabilidade do vertedouro.

Tabela 3 - Resultados Análise de Estabilidade - Vertedouro - Projeto Executivo SPEC

Fatores de Segurança – Vertedouro Comportas							Tensão Fundação		
Caso de Carregamento		FSF	FSF Limite	FSD	FSD Limite	FST	FST Limite	σ_{mont}	σ_{jus}
Sigla	Descrição							(tf/m ²)	(tf/m ²)
CCN1	Caso de Carregamento Normal + comportas fechada e drenos operantes	2,4	>1,30	1,21	>1,0	1,75	>1,50	15,19	20,95
CCN2	Caso de Carregamento Normal + comportas abertas e drenos operantes	2,6		1,25		1,87		17,40	23,11
CCE1	Caso de Carregamento Excepcional – Normal + comportas fechada + Drenos Inoperantes	1,9	>1,10	1,65		1,49	>1,20	10,02	19,79
CCE2	Caso de Carregamento Excepcional 2 – Enchente Tr=10.000 anos + drenos operantes	2,3		1,79		1,68		14,15	20,76



Figura 9 – Vista Geral do Vertedouro

Além disso, como prevenção de risco de colapso estrutural, o Plano de Segurança da Barragem (5062-SEG-6C-MPBA-001), 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.

Logo, a PCH SEGREDO tem o risco de colapso estrutural praticamente nulo. Além de que, não existe formulação determinista para o cálculo do risco estrutural.

3.2 Identificação das Emergências Potenciais

Para identificação das emergências foram determinados níveis de água ao longo do rio a jusante da PCH Segredo e o tempo de percurso da onda de enchente.

A partir destes foram elaborados mapas de inundação, com os níveis máximos e o tempo de propagação da onda de enchente, e com estes identificados e classificados as emergências potenciais:

a) Situação Inicial – Níveis de Enchentes

Correspondem à condição natural, sem rompimento da barragem, as vazões com tempo de retorno de 100 anos de recorrência e 10.000 anos de recorrência.

b) Situação de Rompimento – Níveis de Enchentes com ruptura

Hidrograma efluente de ruptura da barragem de terra em conjunto com vazão QMLT e com o hidrograma da enchente decamilenar. Esta situação resulta níveis de enchentes a jusante mais altos.

4 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 3.

Nesta etapa ocorre à estimativa e avaliação das consequências e seus respectivos efeitos físicos, decorrentes de eventos anormais, que possam ocorrer, bem como a determinação, mapeamento das áreas vulneráveis pelos efeitos físicos de 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.

4.1 Metodologia

No estudo de rompimento da barragem da PCH Segredo foi utilizado o modelo computacional HEC-RAS 5.0.1 (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 forma a identificar a forma como se dá 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

4.1.1 Geografia da Região e Geometria do Rio

A geografia da região serve para identificar as áreas atingidas pela onda de passagem de cheia e pela inundação.

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 muito encaixado atenuam muito menos a onda de cheia, na sua propagação para jusante, que vales mais aberto com largas áreas inundáveis. Neste efeito a geometria do vale e da área inundável tem mais importância que a própria calha do rio.

4.1.2 Tipo e Geometria da Barragem

A caracterização da brecha, dimensões, tempo do seu desenvolvimento e formação são influenciados pelo tipo de barragem, tais como características construtivas, suas dimensões e características do seu respectivo reservatório e rio imediatamente a jusante.

4.1.3 Causas de Rompimento

A causa de rompimento é importante porque 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).

4.1.3.1 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 - para a qual qualquer operação do reservatório seria ineficaz - 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 esta brecha cresce com o tempo, por erosão, numa velocidade que depende do material da barragem e das características do reservatório (Collischonn, 1997).

A Figura 10 demonstra a formação de uma brecha por galgamento, sendo que o processo de formação segue a sequência apresentada abaixo.

- início em um ponto mais fraco;
- brecha em forma de “V”;
- aprofundamento da brecha;
- aumento lateral por erosão.

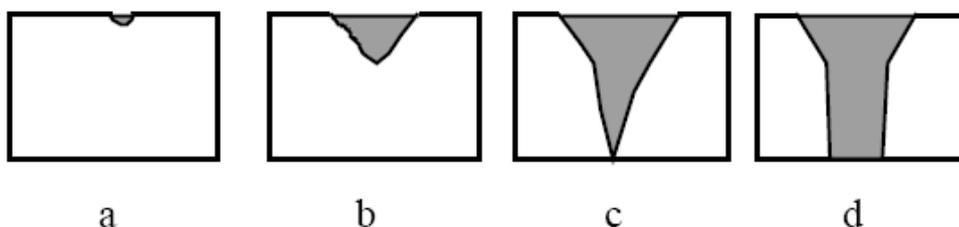


Figura 10 – Formação de brecha por galgamento

Fonte: COLLISCHONN, 1997, p. 32

4.1.3.2 Infiltração

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.

A Figura 11 mostra a formação de uma brecha por entubamento ou infiltração, típica de barragens de terra, que também ocorre conforme a sequência abaixo.

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

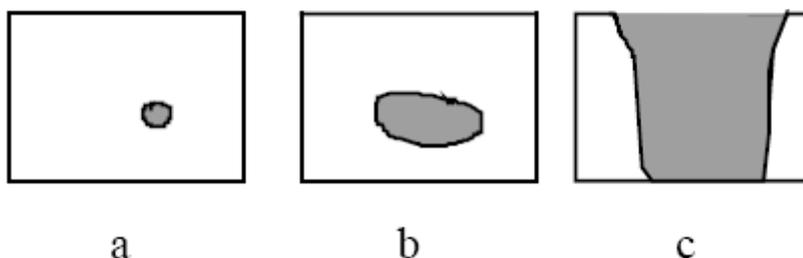


Figura 11 – Formação da brecha por infiltração

Fonte: COLLISCHONN, 1997, p. 32

4.1.3.3 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, ainda, de um problema generalizado nas respectivas fundações; admite-se, contudo, 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, para a situação de galgamento; admite-se, em geral, uma ruptura parcial e gradual. O terreno sobre o qual a barragem está e a ligação da barragem ao terreno 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).

A Figura 12 apresenta o comportamento de um rompimento resultante de uma falha nas fundações ou de estruturas, ocorre a formação de uma brecha, que apresenta características parecidas, sejam elas barragem de terra ou concreto em gravidade (a), ou barragens de concreto em arco (b).

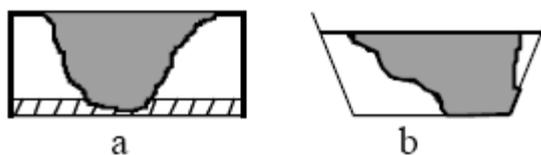


Figura 12 – Brechas resultantes de falhas nas fundações

Fonte: COLLISCHONN, 1997, p. 33

4.1.3.4 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.

4.1.3.5 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, elementos associados 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%.

4.1.4 Formação da Brecha

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

- tamanho;
- tempo de formação; e
- forma geométrica.

Todos estes parâmetros são fortemente influenciados pela causa do rompimento e pelo tipo de barragem.

São parâmetros importantes, pois 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.

4.1.4.1 Tamanho

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, reduzindo a possibilidade de rompimento destes.

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, a largura da brecha em barragens de terra é muitas vezes inferior à largura total da barragem (Collischonn, 1997).

4.1.4.2 Tempo de rompimento

Para as barragens de concreto em arco, que são simuladas em geral, através da ruptura total da estrutura, o tempo de rompimento é instantâneo, podendo ocorrer 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, dependendo 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 13 observa-se a probabilidade de o tempo de ruptura da brecha ser menor que um dado valor constante.

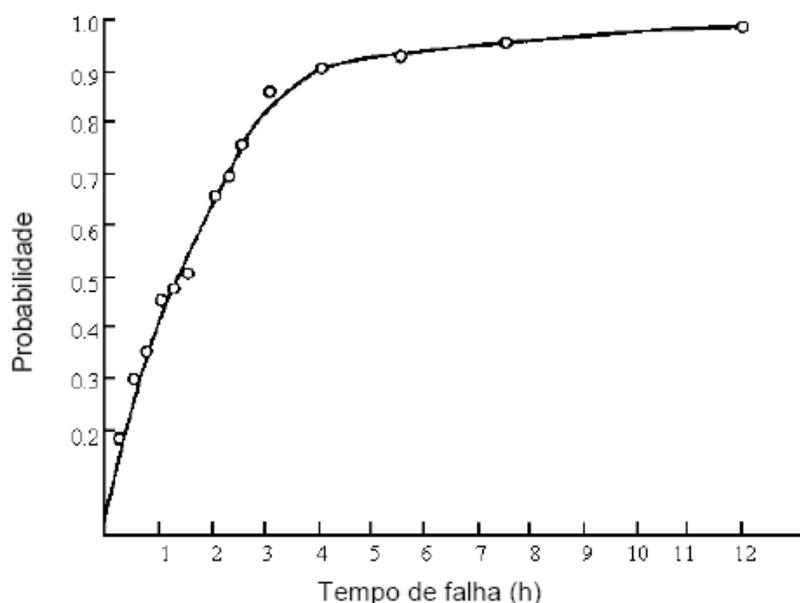


Figura 13 - Tempo de formação da brecha

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).

4.1.5 Modelagem Matemática

A simulação do rompimento utiliza os métodos de cálculo 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.

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 por 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 entra e saída, sendo o volume de controle igual à variação do armazenamento no interior do mesmo

Na equação, que expressa 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;

Sf = 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 onde se necessita simular o fluxo das águas e não permanente, para casos de simulações de rompimentos, e apresenta o resultado em formas 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 servem para se avaliar os impactos do rompimento de uma barragem.

4.1.6 Identificação das áreas atingidas

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

Todas as pessoas localizadas na zona atingida devem ser evacuadas.

4.1.7 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 a ser atingido. O tempo de chegada da onda em cada ponto é importante para o plano de evacuação e para estimar a população sob risco que pode ser alertada e afastada da zona inundada 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 Emergências.

4.1.8 Comparativo de altura x velocidade

O comparativo entre a velocidade e a altura da onda define formas de classificar as áreas de perigo entre baixo, alto e de julgamento (UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR, 1988) é feito com base em uma tabela que apresenta os resultados de acordo com intervalos de tempo.

Caso o cruzamento entre velocidade e altura se situe na área de perigo baixo o número de vidas em risco é assumido como zero.

Caso este cruzamento se situe em área de perigo alto é assumido que existem vidas em risco.

Entre as zonas de perigo alto e baixo existe a zona de julgamento onde, devido ao grande número de variáveis incluídas na inundação é impossível determinar se existe risco de perda de vidas, desta forma é executado um levantamento baseado na engenharia.

No levantamento baseado na engenharia são avaliadas as condições físicas da região, das construções ou qualquer característica que influencie no risco, por exemplo, um determinado acampamento, monumento ou atração pode receber um número muito pequeno de visitas durante o ano (ex. 100 pessoas por hora). Se o cruzamento entre velocidade e altura se situar na zona de julgamento, o risco de perda de vidas é considerado como zero em instalações com estas características.

O *United States Department of the Interior* estabelece gráficos para determinação das zonas de perigo. São apresentados aqui os gráficos de uso neste trabalho.

A Figura 14 apresenta o nível de perigo relacionado a residências.

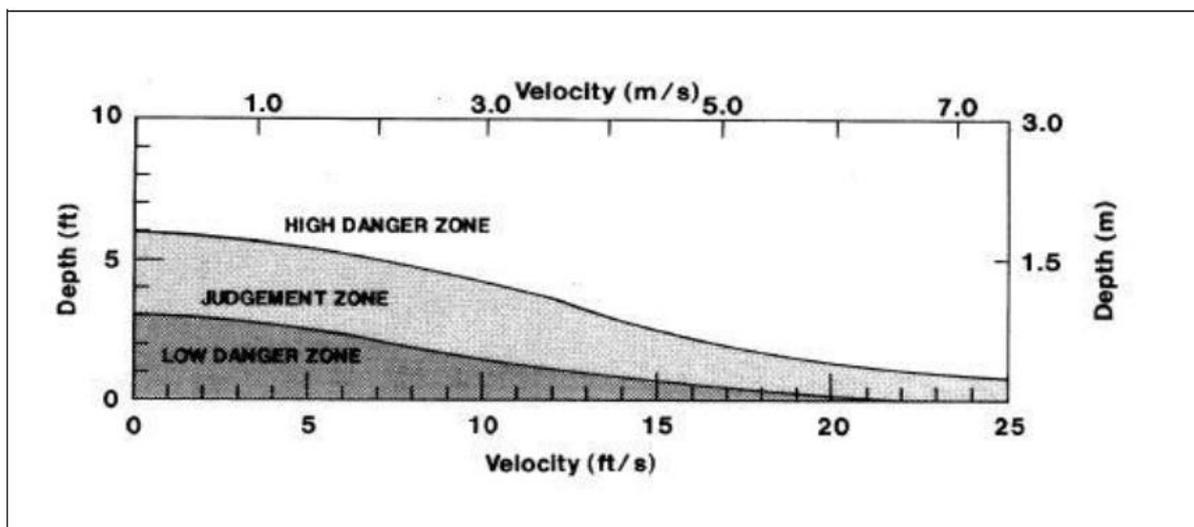


Figura 14 – Nível de perigo relacionado a residências

Fonte: UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR, 1988, pág. 25

A Figura 15 apresenta o nível de perigo relacionado a veículos de passageiros.

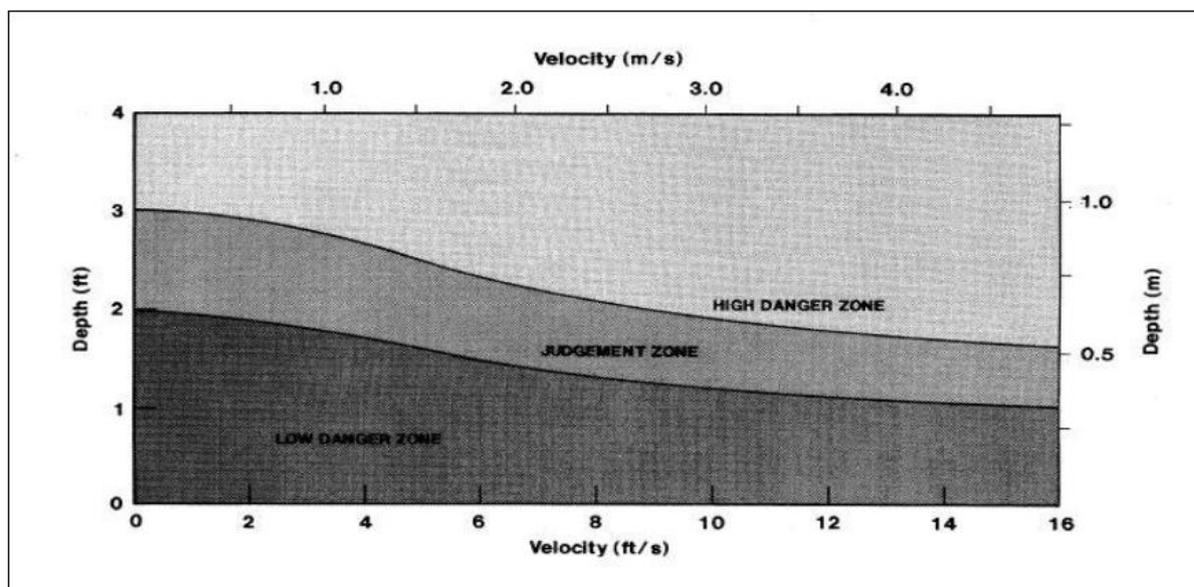


Figura 15–Nível de perigo relacionado a veículos de passageiros

Fonte: UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR, 1988, pág. 29

A Figura 16 apresenta o nível de perigo relacionado a pessoas adultas.

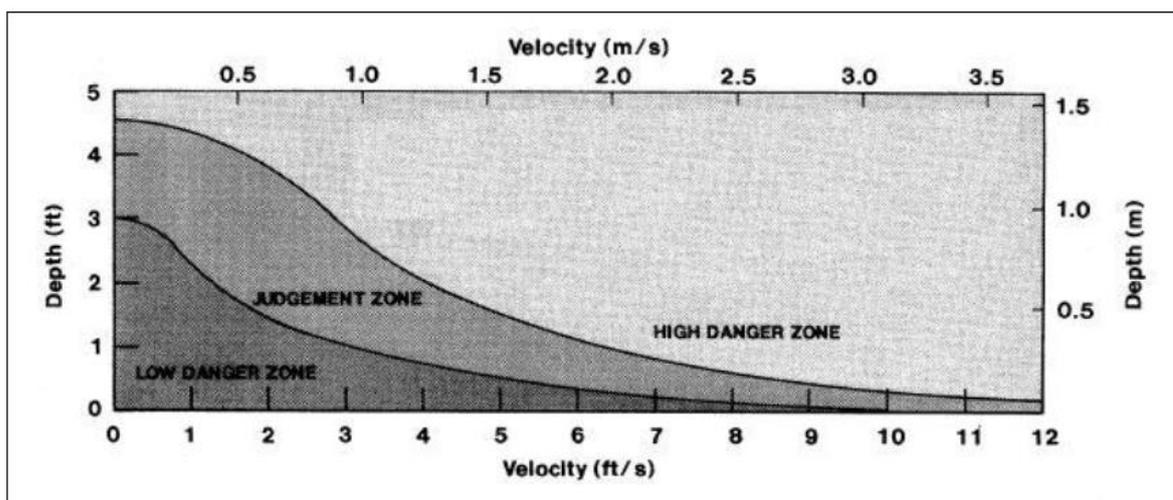


Figura 16–Nível de perigo relacionado a adultos

Fonte: UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR, 1988, pág. 31

A Figura 17 apresenta o nível de perigo relacionado a crianças.

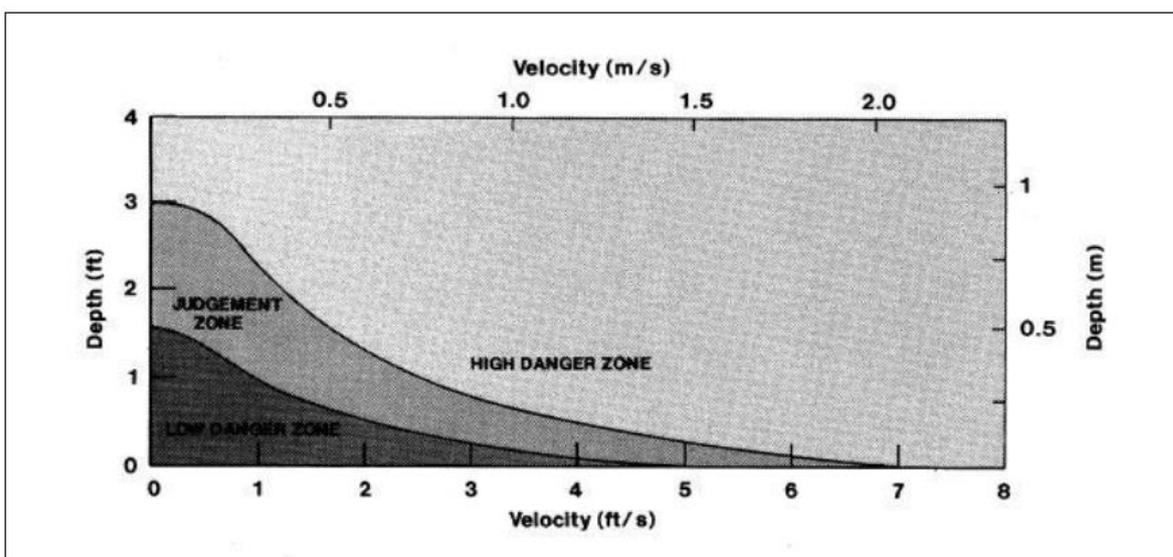


Figura 17– Nível de perigo relacionado a crianças

Fonte: UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR, 1988, pág. 32

4.2 Dados de entrada utilizados

Para elaboração do modelo hidrodinâmico no *software* HEC-RAS foram utilizados dados de Modelos Digitais de Elevação (MDE), estações fluviométricas, informações da geometria das barragens, régua limimétrica, topografia e topobatimetria. A seguir são apresentados os dados utilizados.

4.2.1 Restituição e Modelo Digital de Elevação (MDE)

Para este estudo foi utilizada a base SRTM como MDE. A utilização desta base está prevista no Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens, Volume IV - Guia de Orientação e Formulários do Plano de Ação de Emergência - PAE, da ANA.

Este Modelo Digital de Elevação (MDE) utilizado provem do site Earth Explorer, no qual através do US Geological Survey (USGS) disponibiliza os dados de elevação da Missão de Topografia de Radars do Shuttle (SRTM). O SRTM é um projeto conjunto da Agência Nacional de Aeronáutica e do Espaço (NASA) e Agência Nacional de Inteligência Geoespacial do Departamento de Defesa (NGA) para mapear a superfície terrestre da Terra em três dimensões. Atualmente a resolução espacial das células é de 1 arco de segundo (1") ou seja cerca de 30 metros por pixel. Os dados coletados são de domínio público e podem ser baixados através do site <https://earthexplorer.usgs.gov/>, sendo necessário apenas efetuar um cadastro.

Visto que a precisão de 30 metros por pixel não atende as necessidades para representação da calha do rio nas seções hidráulicas este MDE foi utilizado apenas para o cálculo da planície de inundação fora da calha do rio Juruena.

Desta forma para a representação da calha do rio foram utilizadas restituições e topografia dos projetos básicos existentes no trecho em estudo, além de contar com a cota batida dos reservatórios.

A utilização do MDE é um artifício que permite obter apenas a configuração da parte não submersa das seções hidráulicas, um importante recurso para o entendimento do escoamento e a determinação dos níveis de água em cheias. Dessa maneira, durante o processo de calibração do modelo, o fundo das seções foi configurado de maneira que o nível de água resultante aproximasse dos níveis de água conhecidos em campo e calibrado com as curvas cota área volume dos reservatórios. Ao todo foram inseridas 102 seções hidráulicas com espaçamento médio de 780 m.

O trecho da análise foi do reservatório da PCH Segredo até jusante da PCH Telegráfica, cerca de 104 km.

4.2.2 Características das Barragens

4.2.2.1 PCH Segredo - Usina estudada rompimento



Figura 18 – PCH Segredo

A PCH Segredo está localizada nos municípios de Campos de Júlio e Sapezal – MT, no rio Juruena.

O empreendimento tem potência instalada de 26,12 MW e seu reservatório tem área de 409 hectares na cota normal do reservatório, EL. 380,00 m.

A PCH Segredo, consiste em estruturas dispostas ao longo de um eixo com uma extensão aproximada de 790 m, constituída pelas estruturas de barramento em terra/enrocamento, vertedouro de comportas e adução por tomada d'água acoplada a casa de força com duas unidades geradoras equipadas com turbinas do tipo Kaplan Vertical de potência nominal de 13,40 MW.

O desenho SPT-SG-E-DE-G-111-101-05 (Anexo I - 5062-SEG-6C-MPBA-001-00-17-PSB PCH Segredo) apresenta o arranjo geral da PCH Segredo.

- Barragem

A PCH Segredo tem a barragem de aterro de solo compactado com filtro nas margens direita e esquerda do rio. Apresenta a maior altura de 23,00 m e cota de proteção na El. 382,40 m.

A barragem de aterro de solo compactado com filtro apresenta taludes de montante e de jusante de 1 V: 2,0 H.

Os desenhos, apresentados no Anexo I - 5062-SEG-6C-MPBA-001-00-17-PSB PCH Segredo, SPT-SG-E-DE-B-120-105-05 e SPT-SG-E-DE-B-120-103-06 apresentam o arranjo e as seções típicas da barragem da margem esquerda e o desenho SPT-SG-E-DE-B-120-102-06 para a barragem da margem direita.

- Vertedouro

O vertedouro é do tipo com comportas segmento, controlado por 3 comportas segmentos de 5,20 x 6,10 (L x H) com soleira na EL. 374,80, dimensionado para extravasar a cheia de recorrência decamilenar equivalente a 416 m³/s, com sobrelevação de 0,40 m. Para manutenção das comportas segmento têm-se uma comporta ensecadeira, que atende as três passagens d'água. O coroamento foi estabelecido na El. 382,60 m.

O projeto do vertedouro está apresentado no desenho SPT-SG-E-DE-V-111-101-06 e SPT-SG-E-DE-V-111-102-04 (Anexo I - 5062-SEG-6C-MPBA-001-00-17-PSB PCH Segredo).

- Reservatório

O nível de água normal de operação da PCH Segredo é igual a EL. 380,00 m

- Curva Cota x Volume do Reservatório

Quadro 1 – Curva Cota x Volume do Reservatório (Dados Projeto Básico Consolidado - SPEC)

Cota (m)	Área (ha)	Volume (hm ³)
362,80	0	0,00
370,00	213	5,11
371,00	235	7,35
372,00	257	9,81
373,00	279	12,49
374,00	301	15,39
375,00	341	18,60
376,00	357	22,09
377,00	369	25,72
378,00	381	29,47
379,00	393	33,34
380,00	409	37,35
380,4	421	39,01
381	438	41,59
385	533	61,01

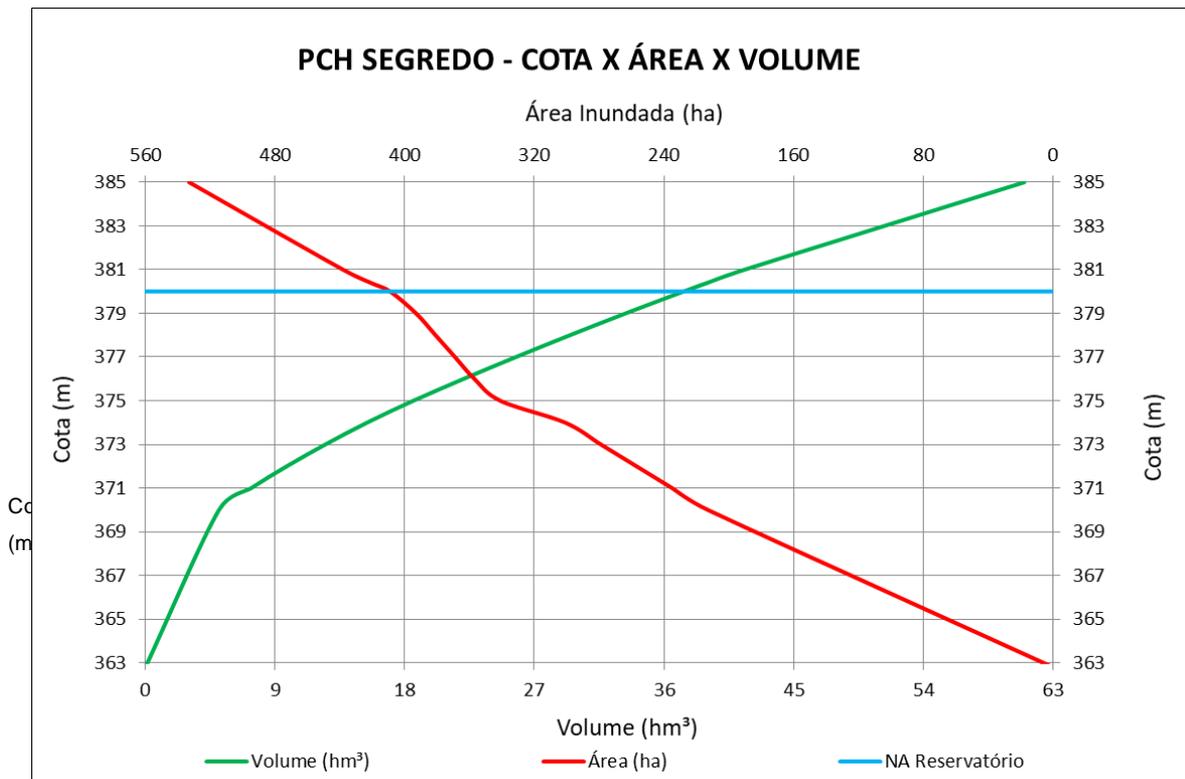


Figura 19 – PCH Segredo – Curva CAV

A seguir serão apresentadas características técnicas das Usinas de jusante: PCH Ilha Comprida pertencente ao mesmo Grupo Amaggi Energia e PCHs Parecis, Rondon e Telegráfica pertencente ao Grupo Juruena Participações.

4.2.2.2 PCH Ilha Comprida



Figura 20 – PCH Ilha Comprida

A PCH Ilha Comprida está localizada entre os municípios de Campos de Júlio - MT (margem esquerda) e Sapezal – MT (margem direita), no rio Juruena.

O empreendimento tem potência instalada de 20,16 MW e seu reservatório tem área de 208 hectares.

A PCH Ilha Comprida, consiste em estruturas dispostas ao longo de um eixo com uma extensão aproximada de 531 m, constituída pelas estruturas de barramento em terra, vertedouro de comportas e adução por tomada d'água acoplada a casa de força com duas unidades geradoras equipadas com turbinas do tipo Kaplan Vertical de 10,35 MW.

O desenho SPT-IC-E-DE-G-111-201-03 (Anexo I - 5062-ICO-6C-MPBA-001-00-17-PSB PCH Ilha Comprida) apresenta o arranjo geral da PCH Ilha Comprida.

- Barragem

A PCH Ilha Comprida tem a barragem de aterro de solo compactado com filtro nas margens direita e esquerda do rio. Apresenta a maior altura de 23,00 m e cota de proteção na El. 366,20 m.

A barragem de aterro de solo compactado com filtro apresenta taludes de montante e jusante de 1 V: 1,90 H.

Os desenhos, apresentados no Anexo I - 5062-ICO-6C-MPBA-001-00-17-PSB PCH Ilha Comprida, SPT-IC-E-DE-B-120-201-05, SPT-IC-E-DE-B-120-202-07 e SPT-IC-E-DE-B-120-203-06 apresentam o arranjo e as seções típicas da barragem das margens esquerda e direita.

- Vertedouro

O vertedouro é do tipo de superfície controlado por 3 comportas segmentos de 5,20 x 6,90 (L x H) com soleira na EL. 358,50 m, dimensionado para extravasar a cheia de recorrência decamilenar equivalente a 423 m³/s, com sobrelevação de 0,40 m. Para manutenção das comportas segmento têm-se uma enscadeira, que atende as três passagens d'água. O coroamento foi estabelecido na El. 366,20 m.

O projeto do vertedouro (Anexo I - 5062-ICO-6C-MPBA-001-00-17-PSB PCH Ilha Comprida) está apresentado no desenho SPT-IC-E-DE-V-111-201-05 e 202-05.

- Reservatório

O nível de água normal de operação da PCH Ilha Comprida é igual a EL. 363,70 m

- Curva Cota x Volume do Reservatório

Quadro 2 – Curva Cota x Volume do Reservatório (Dados Projeto Básico Consolidado - SPEC)

Cota (m)	Área (ha)	Volume (hm ³)
350,30	0	0,00
355,00	92	1,44
360,00	158	7,62
361,00	171	9,27
362,00	184	11,04
363,00	197	12,95
363,70	209	14,37
364,00	212	15,00
364,10	214	15,21
365,00	265	17,37

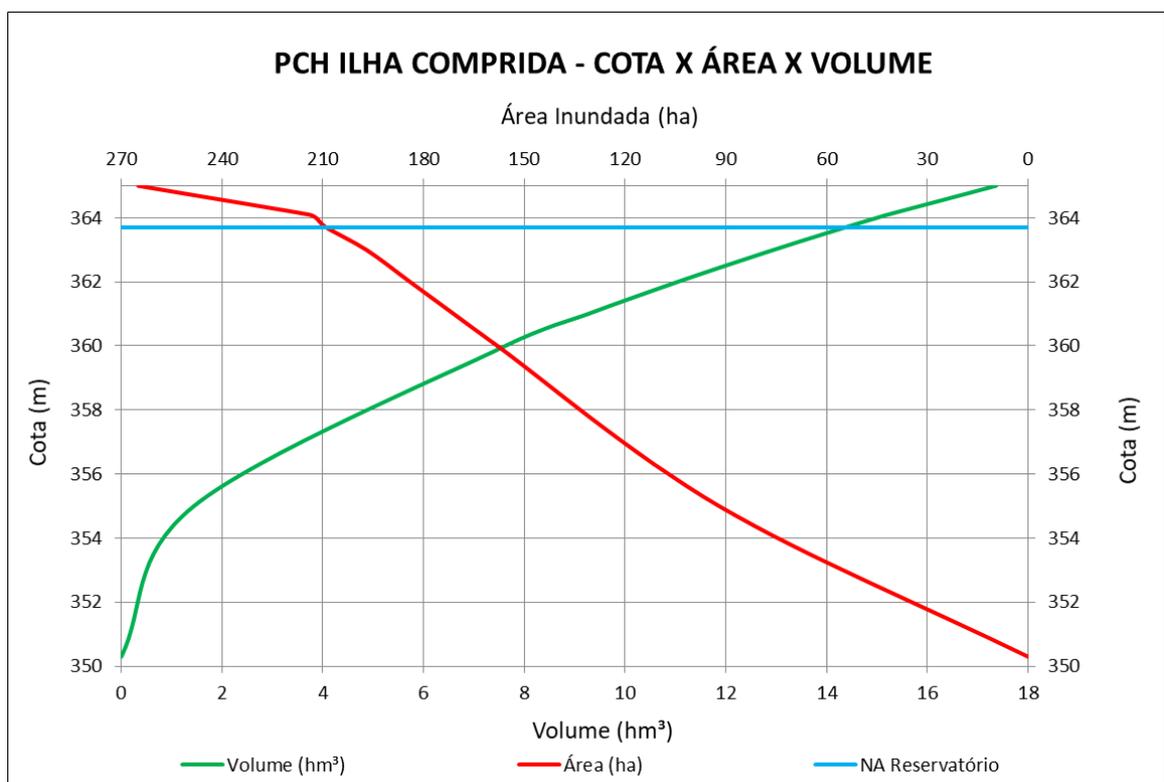


Figura 21 – PCH Ilha Comprida – Curva CAV

4.2.2.3 PCH Parecis



Figura 22 – PCH Parecis

A PCH Parecis está localizada nos municípios de Campos de Júlio e Sapezal – MT, no rio Juruena.

O empreendimento tem potência instalada de 15,4 MW e seu reservatório tem área de 288 hectares.

A PCH Parecis, consiste em estruturas dispostas ao longo de um eixo com uma extensão aproximada de 386 m, constituída pelas estruturas de barramento em terra/enrocamento, vertedouro de comportas e adução por tomada d'água acoplada a casa de força com três unidades geradoras equipadas com turbinas do tipo Bulbo Open Pit de 5,13 MW.

- Barragem

A PCH Parecis tem a barragem de aterro de solo compactado com filtro nas margens direita e esquerda do rio e Terra/Enrocamento no encontro com Casa de força. Apresenta a maior altura de 15,00 m e cota de proteção na El. 348,00 m.

A barragem de aterro de solo compactado com filtro apresenta taludes de montante de 1V: 2,5 H até El. 345,00 m e 1V :2,2 H até El. 348,00 m e o talude de jusante em 1V: 2,2 H.

A barragem de Terra/Enrocamento da ombreira esquerda apresenta taludes de montante e jusante de 1 V: 1,3 H.

- Vertedouro

O vertedouro é do tipo de superfície controlado por 3 comportas segmentos de 5,20 x 7,00 (L x H) com soleira na EL. 340,80, dimensionado para extravasar a cheia de recorrência decamilenar equivalente a 466 m³/s, com sobrelevação de 0,80 m. Para manutenção das

comportas segmento têm- se uma ensecadeira montante, que atende as três passagens d'água.

4.2.2.4 Reservatório

O nível de água normal de operação da PCH Parecis é igual a EL. 346,00 m

- Curva Cota x Volume do Reservatório

Quadro 3 – Curva Cota x Volume do Reservatório (Dados Projeto Básico Consolidado - SPEC)

Cota (m)	Volume (hm ³)
337,05	0,00
340,20	0,60
342,50	2,70
345,20	6,06
346,00	10,20
350,20	31,80
355,20	98,24

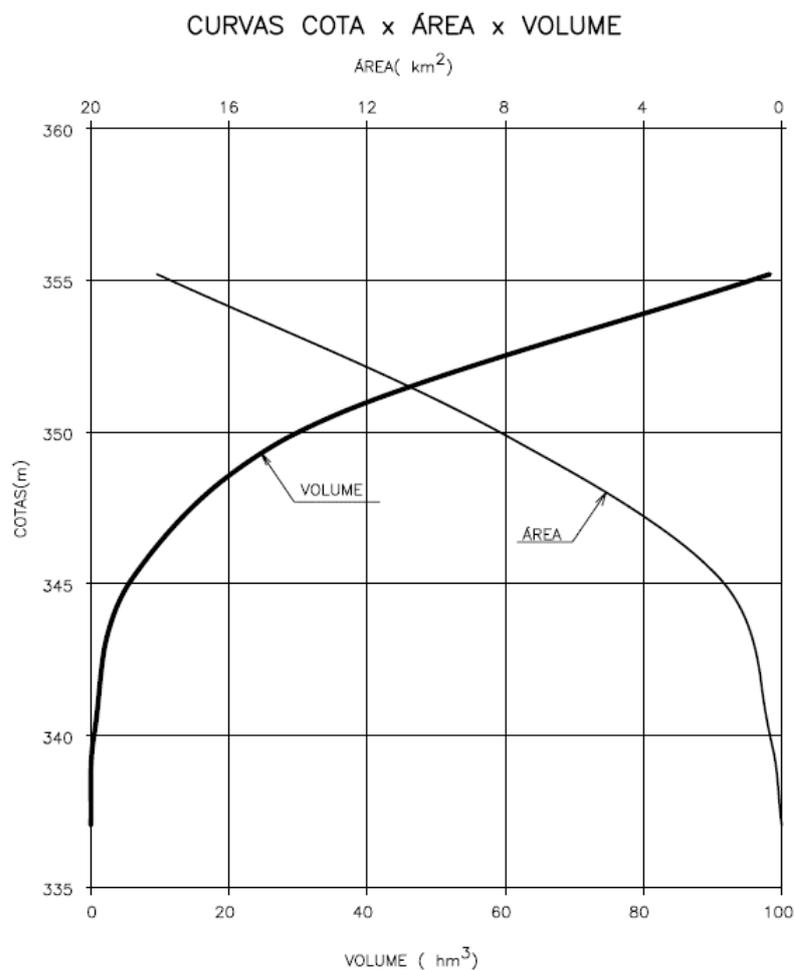


Figura 23 – PCH Parecis – Curva CAV

4.2.2.5 PCH Rondon



Figura 24 – PCH Rondon

A PCH Rondon está localizada nos municípios de Campos de Júlio e Sapezal – MT, no rio Juruena.

O empreendimento tem potência instalada de 13 MW e seu reservatório tem área de 181 hectares.

A PCH Rondon, consiste em estruturas dispostas ao longo de um eixo com uma extensão aproximada de 386,60 m, constituída pelas estruturas de barramento em terra/enrocamento, vertedouro de comportas e adução por tomada d'água acoplada a casa de força com três unidades geradoras equipadas com turbinas do tipo Bulbo Open Pit de 4,33 MW.

- Barragem

A PCH Rondon tem a barragem de aterro de solo compactado com filtro nas margens direita e esquerda do rio e Terra/Enrocamento no encontro com Casa de força. Apresenta a maior altura de 18,00 m e cota de proteção na El. 299,30 m.

A barragem de aterro de solo compactado com filtro apresenta taludes de montante de 1 V: 2,5 H até El. 296,30 m e 1 V :2,2 H até El. 299,30 m. O talude de jusante de 1 V: 2,2 H.

A barragem de Terra/ Enrocamento na ombreira esquerda apresenta talude de montante de 1V: 1,3H. Os taludes de jusante de 1 V: 1,5 H até El. 294,05 m e 1 V: 1,3 H até El. 299,30 m.

- Vertedouro

O vertedouro é do tipo de superfície controlado por 3 comportas segmentos de 5,20 x 5,60 (L x H) com soleira na EL. 292,10, dimensionado para extravasar a cheia de recorrência

decamilinar equivalente a 493 m³/s, com sobrelevação de 1,00 m. Para manutenção das comportas segmento têm-se uma ensecadeira na montante, que atende as três passagens d'água. O coroamento foi estabelecido na El. 299,40 m.

- Reservatório

O nível de água normal de operação da PCH Rondon é igual a EL.297,50 m

- Curva Cota x Volume do Reservatório

Quadro 4 – Curva Cota x Volume do Reservatório (Dados Projeto Básico Consolidado - SPEC)

Cota (m)	Volume (hm ³)
289,75	0,00
292,50	1,45
295,00	5,00
297,30	8,35
297,50	8,69
300,00	13,00
302,50	19,61
305,00	27,00
307,50	34,47

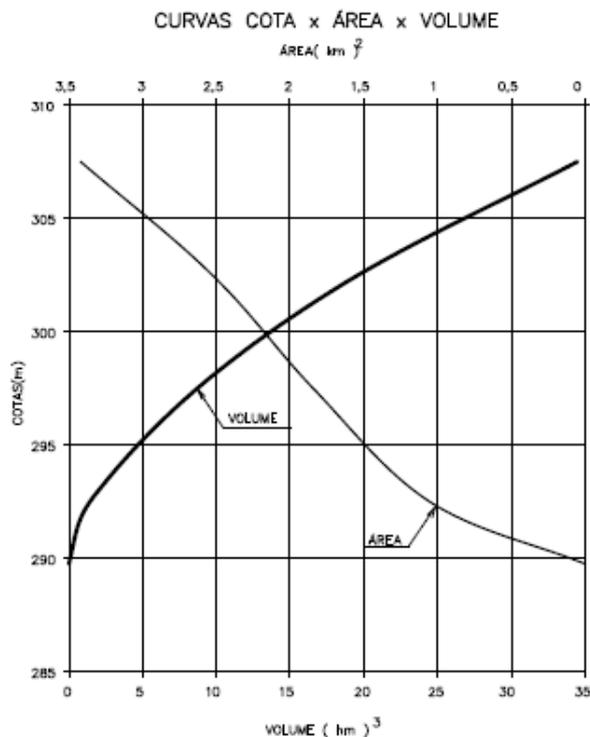


Figura 25 – PCH Rondon – Curva CAV

4.2.2.6 PCH Telegráfica



Figura 26 – PCH Telegráfica

A PCH Telegráfica está localizada nos municípios de Campos de Júlio e Sapezal – MT, no rio Juruena.

O empreendimento tem potência instalada de 30 MW e seu reservatório tem área de 114 hectares.

A PCH Telegráfica, consiste em estruturas dispostas ao longo de um eixo com uma extensão aproximada de 360 m, constituída pelas estruturas de barramento em terra/enrocamento, vertedouro de comportas e adução por tomada d'água acoplada a casa de força com três unidades geradoras equipadas com turbinas do tipo Kaplan S de Eixo Horizontal de 10 MW.

- Barragem

A PCH Telegráfica tem a barragem de aterro de solo compactado com filtro nas margens direita e esquerda e Terra/Enrocamento nos encontros com o Vertedouro e com Casa de força. Apresenta a maior altura de 32,00 m e cota de proteção na El. 291,60 m.

A barragem de aterro de solo compactado com filtro apresenta taludes de montante de 1 V: 2,5 H até El. 288,50 m e 1 V :2,2 H até El. 291,60 m. O talude de jusante de 1 V: 2,2 H.

As barragens de Terra/ Enrocamento nas margens direita e esquerda apresentam taludes de montante e jusante de 1V: 1,3H.

- Vertedouro

O vertedouro é do tipo de superfície controlado por 3 comportas segmentos de 5,20 x 7,00 (L x H) com soleira na EL. 284,30, dimensionado para extravasar a cheia de recorrência decamilenar equivalente a 508 m³/s, com sobrelevação de 1,10 m. Para manutenção das comportas segmento têm-se uma comporta ensecadeira, que atende as três passagens d'água. O coroamento foi estabelecido na El. 291,70 m.

- Reservatório

O nível de água normal de operação da PCH Telegráfica é igual a EL.289,50 m

- Curva Cota x Volume do Reservatório

Quadro 5 – Curva Cota x Volume do Reservatório (Dados Projeto Básico Consolidado - SPEC)

Cota (m)	Volume (hm ³)
271,0	0,0
275,0	0,3
280,0	1,0
285,0	2,4
289,5	6,0
290,0	7,0
291,0	8,0

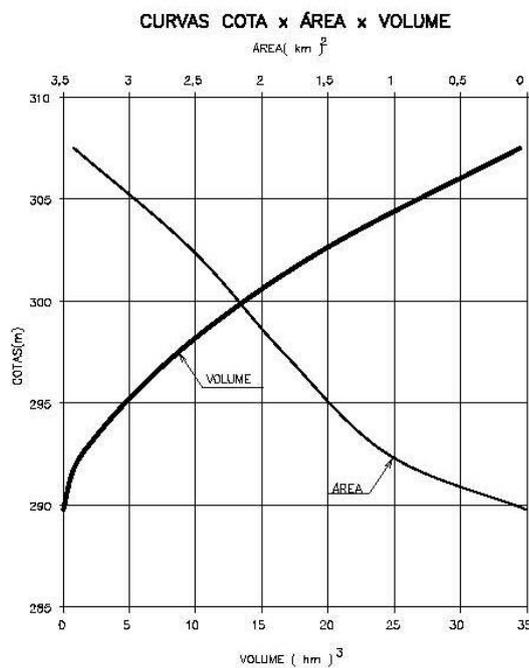


Figura 27 – PCH Telegráfica – Curva CAV

4.2.3 Dados Hidrológicos

4.2.3.1 Fisiografia

O rio Juruena, sub-bacia 17, faz parte da Bacia do Rio Amazonas (1), na região oeste de Mato Grosso (des. 5062-AMG-6C-DEHI-001 em ANEXO). O rio Juruena nasce a uma altitude de aproximadamente 680 metros, entre os municípios Conquista D'Oeste e Pontes e Lacerda, no estado de Mato Grosso. Seus principais afluentes pela margem esquerda são o rio Juína e o rio Camararé. Os principais afluentes pela margem esquerda são o rio Sangue e rio Arinos. O rio Juruena escoa na direção sul-norte, atravessando o estado do Mato Grosso, em uma extensão total de aproximadamente 1064 km até a confluência com o rio Teles Pires, nas divisas entre os estados do Mato Grosso, Pará e Amazonas, formando o rio Tapajós.

A área de estudo para o presente estudo foi delimitada da nascente do rio Juruena até o local da PCH Telegráfica. Sendo assim, a bacia hidrográfica do rio Juruena até o local da PCH Telegráfica (Figura 2) apresenta as seguintes características:

- Extensão do curso principal de água (L) = 286,70km
- Área de drenagem (A) = 6.239,09 km²
- Perímetro (P) = 561,31 km
- Diferença de cotas (H) = 363,00 m
- Comprimento axial da bacia (LA) = 212,83 km

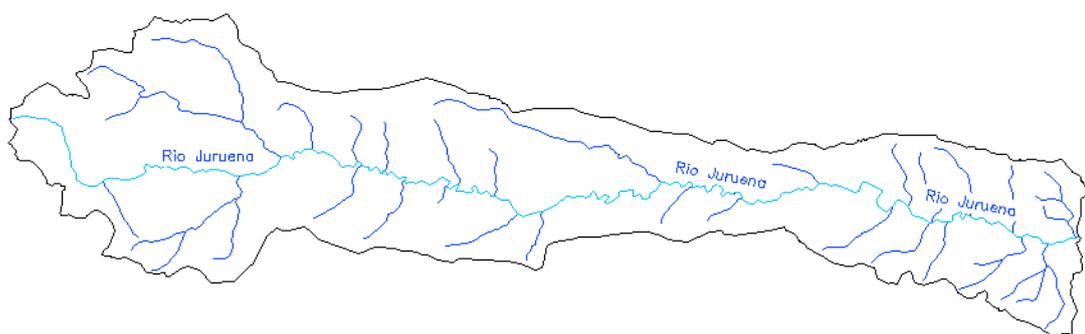


Figura 28 - Bacia hidrográfica do rio Juruena até o local da PCH Telegráfica

O quadro e figura a seguir apresenta as sub-bacias definidas no estudo, e que foram utilizadas no modelo chuva-vazão para gerar a contribuição dos hidrogramas.

Quadro 6 - Descrição das Sub-bacias Utilizadas no Estudo

Bacia	Área de Drenagem (km ²)	Comprimento Rio Principal (km)	Cota Foz (m)	Cota Nascente (m)	Comprimento Axial (km)	Perímetro (km)
PCH Telegráfica	6.239,09	286,70	315,00	678,00	212,83	561,31
PCH Rondon	6.063,87	274,26	301,00	678,00	207,07	551,58
PCH Parecis	5.434,84	250,13	343,00	678,00	187,78	492,58
PCH Ilha Comprida	4.963,24	231,87	358,00	678,00	173,63	450,70
PCH Segredo	4.866,40	223,76	367,00	678,00	170,01	436,94
PCH Sapezal	4.807,23	217,93	383,00	678,00	165,92	430,58
PCH Cidezal	4.603,05	205,60	426,00	678,00	154,95	400,86

Bacia	Diferença de Cotas (H)	Índice de Compacidade (Kc)	Fator de Forma (Kf)	Declividade Média (S)	Tempo de Concentração (Tc)	Tempo de Concentração (Tc) em horas
PCH Telegráfica	363,0	1,99	0,14	1,27	108,4	1,8
PCH Rondon	377,0	1,98	0,14	1,37	229,5	3,8
PCH Parecis	335,0	1,87	0,15	1,34	174,1	2,9
PCH Ilha Comprida	320,0	1,79	0,16	1,38	69,4	1,2
PCH Segredo	311,0	1,75	0,17	1,39	47,9	0,8
PCH Sapezal	295,0	1,74	0,17	1,35	116,2	1,9
PCH Cidezal	252,0	1,65	0,19	1,23	3183,3	53,1

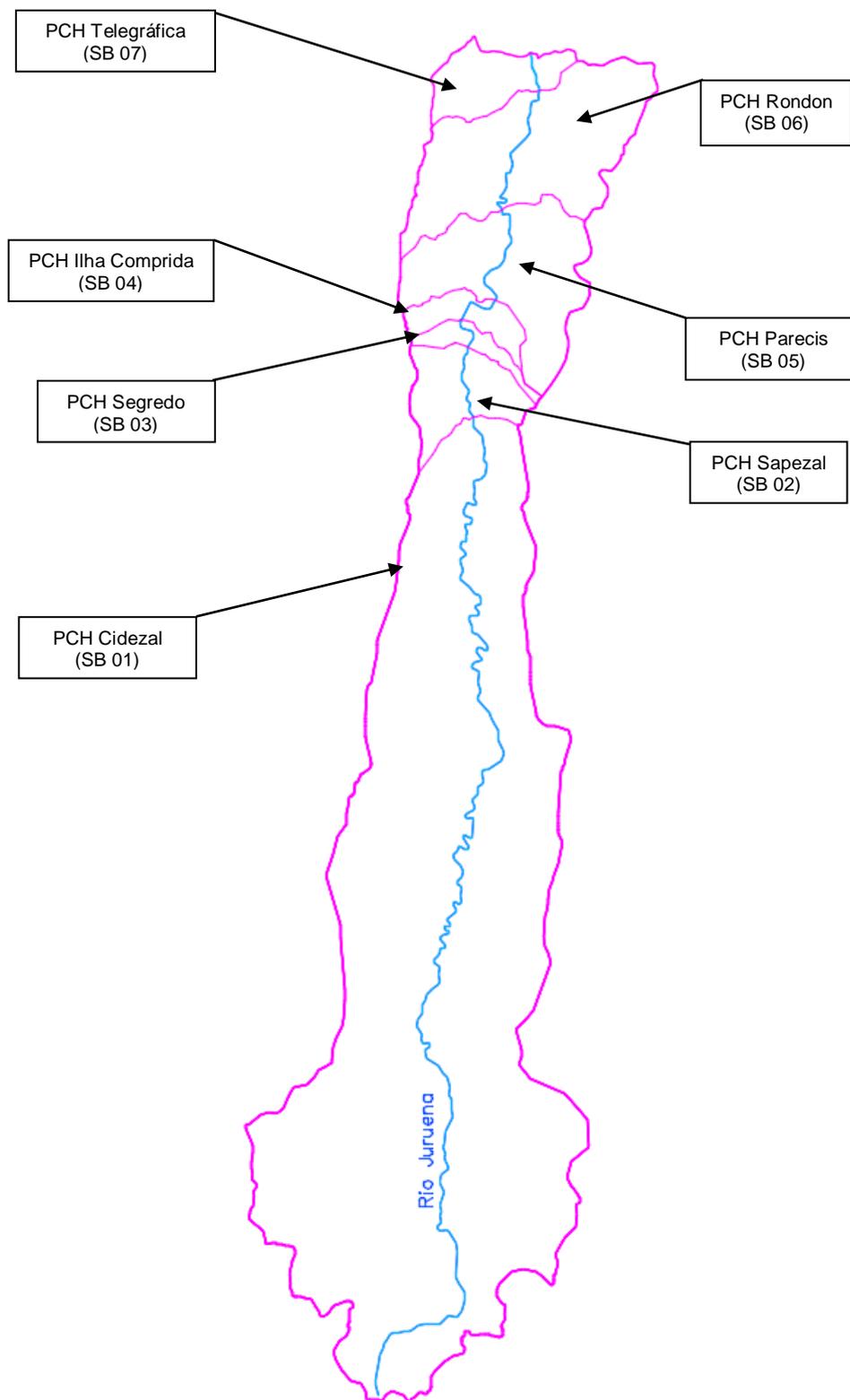


Figura 29 - Sub-bacias utilizadas no estudo

Para determinação das cheias de pico instantâneo nos locais de interesse na bacia do rio Juruena, foram utilizadas as curvas de frequência de cheias obtidas dos Projetos Básicos aprovados pela ANEEL das seguintes barragens de geração de energia: PCH Cidezal, PCH Sapezal, PCH Parecis, PCH Rondon e PCH Telegráfica. Para os aproveitamentos hidrelétricos PCH Segredo e PCH Ilha Comprida, foi utilizada relação direta de drenagem para calcular as vazões das respectivas curvas de frequência de cheias.

No quadro a seguir são apresentadas as curvas de frequência de cheias para os locais das barragens de geração de energia.

TR (anos)	Q (m³/s)						
	PCH Cidezal	PCH Sapezal	PCH Segredo	PCH Ilha Comprida	PCH Parecis	PCH Rondon	PCH Telegráfica
2	196	204	207	211	231	245	252
5	215	224	227	232	254	269	277
10	233	244	247	252	276	292	301
20	251	262	265	271	297	314	323
25	255	266	269	276	302	319	329
50	272	284	287	293	321	340	350
100	287	300	304	310	339	359	370
500	326	340	344	352	385	408	420
1000	341	357	361	369	404	428	440
5000	378	395	400	408	447	474	488
10000	394	411	416	426	466	493	508

4.2.3.2 Estações Utilizadas

Para os estudos pluviométricos foi utilizada a estação pluviométrica Fazenda Tucunaré, com dados obtidos através dos sites da ANA (Agência Nacional de Águas), considerando a disponibilidade de dados consolidados, sendo a seleção desta estação baseada nos critérios de distribuição espacial, temporal e no comprimento da série histórica. O desenho 5062-AMG-6C-DEHI-002 (ANEXOS) apresenta a localização da estação pluviométrica.

Quadro 7 – Características das Estações Pluviométricas

N	Código	Nome	Sub-bacia	Estado	Município	Responsável	Operadora	Latitude	Longitude	Altitude (m)
1	1358002	FAZENDA TUCUNARÉ	RIO AMAZONAS, TAPAJÓS, JURUENA (17)	MT	SAPEZAL	ANA	CPRM	-13:28:00	-58:58:30	547

4.2.3.3 Hidrogramas

Os hidrogramas resultantes do estudo hidrológico, assim como a metodologia utilizada para obtê-los estão descritos no ANEXO II – Hidrologia.

4.3 Características gerais do modelo

A geometria do modelo matemático compreende aproximadamente 105 km de extensão, de acordo com as figuras a seguir. Ao todo foram inseridas 140 seções transversais, com média de 747 m de espaçamento entre elas.

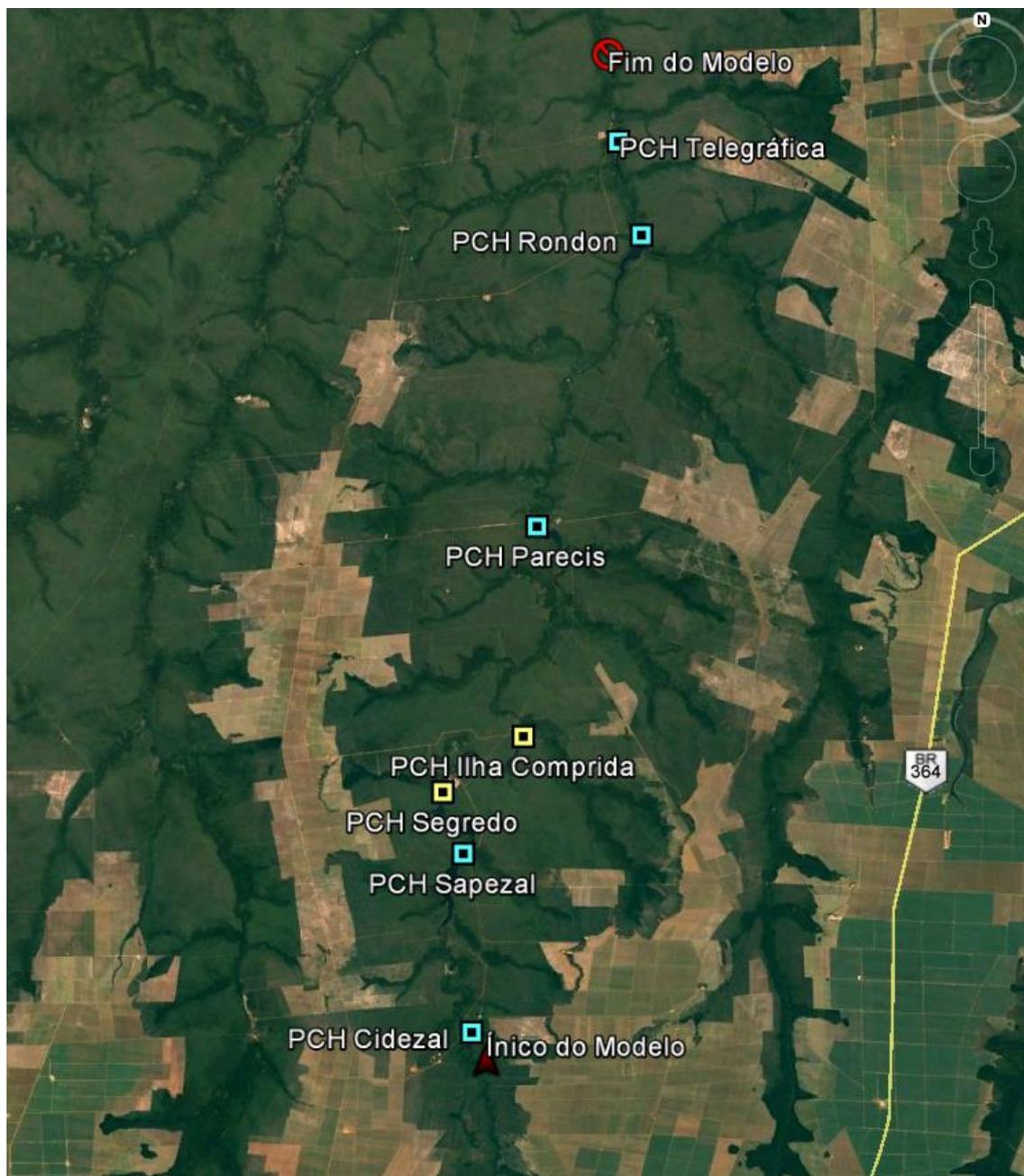


Figura 30 – Abrangência do modelo computacional

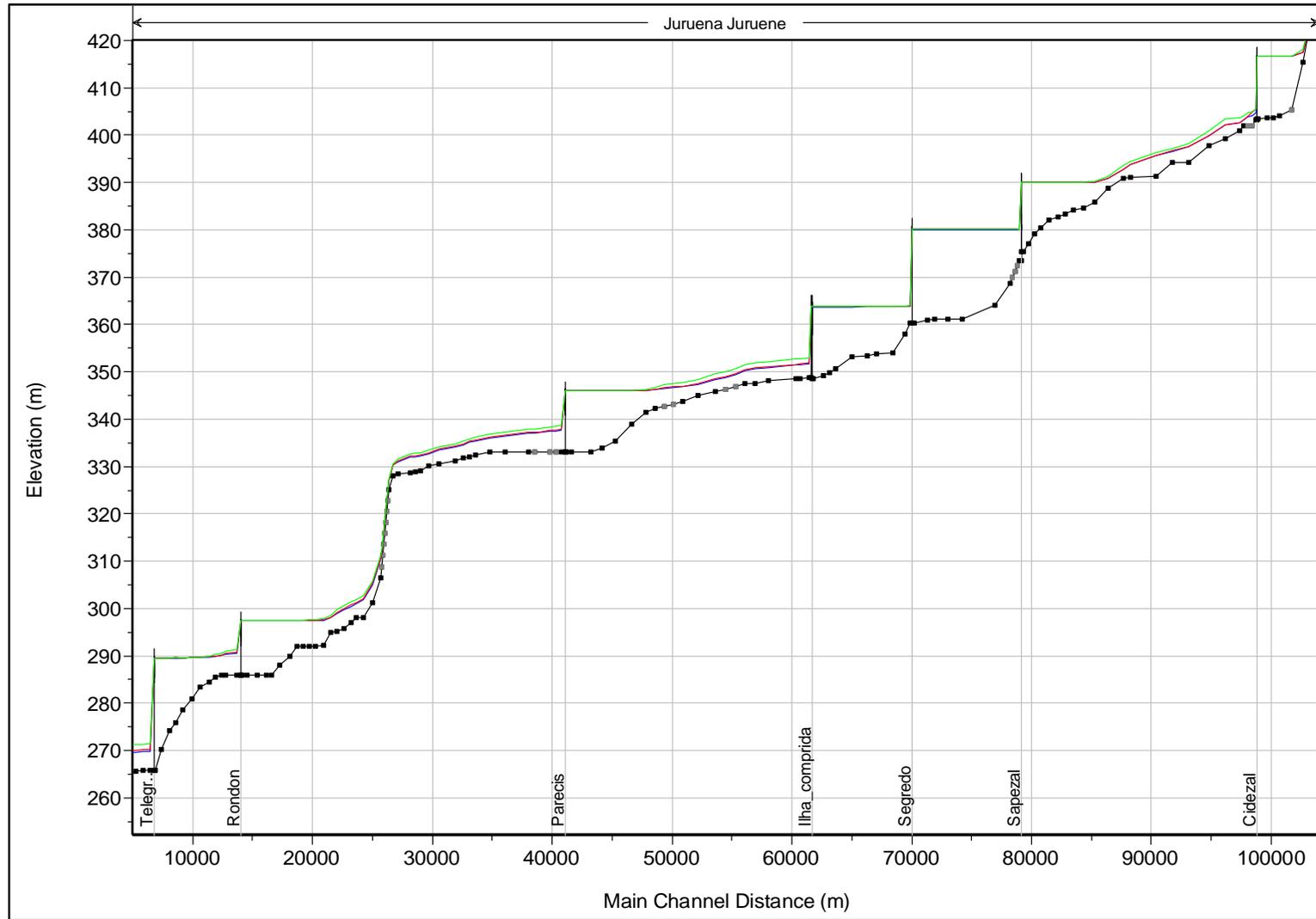


Figura 31 – Perfil do rio calibrado – Qmlt (azul), TR 100 anos (vermelho) e TR 10.000 (verde)

4.3.1 Calibração do Modelo

A calibração do modelo foi realizada com base nas curvas cota área volume dos reservatórios, calibrando o fundo das seções provenientes do MDE para alinhar o volume do modelo matemático às informações das curvas CAV.

4.4 Definição dos parâmetros da simulação de Dam Break

4.4.1 Condições Hidrológicas

Para avaliar os impactos de um eventual rompimento das PCHs Segredo e Ilha Comprida, foram realizadas duas principais simulações. A primeira é uma comparação entre a condição natural com a vazão de 100 anos de recorrência e a condição de rompimento com a vazão média de longo termo. A segunda é uma comparação entre a condição natural e com rompimento com a vazão de 10.000 de recorrência.

4.4.2 Nível Operativo dos Reservatórios

Considerou-se o rebaixamento dos reservatórios da PCH em risco de rompimento e das PCHs a jusante 8 horas antes do início da brecha, através da abertura de todas as comportas do vertedouro. O quadro a seguir apresenta o nível atingido pelos reservatórios após as 8 horas de rebaixamento para cada cenário de rompimento estudado. Ressalta-se que no rompimento da PCH Ilha Comprida, não foi rebaixado o reservatório da PCH Segredo.

Quadro 8 – Nível de água dos reservatórios no início do rompimento por cenário

PCH	Segredo	Ilha Comprida	Parecis	Rondon	Telegráfica
NA Normal Reservatório (m)	380,00	363,70	346,00	297,50	289,50
NA - Qmlt - DB Segredo (m)	378,84	361,10	345,07	296,03	287,99
NA - Qmlt - DB Ilha Comprida (m)	380,05	359,98	344,35	295,95	387,95
NA - TR 10.000- DB Segredo (m)	380,01	362,63	346,01	297,33	289,53
NA - TR 10.000 - DB Ilha Comprida (m)	380,10	362,52	346,01	297,32	289,53

4.4.3 Parâmetros da brecha

Como as barragens das 5 PCHs abrangidas nesse estudo constituem-se na sua maior parte de aterro com solo compactado, foi considerado como mais provável uma ruptura lenta por *piping* (erosão interna progressiva devido à percolação de água), com tempo de formação da brecha de 90 minutos (ruptura lenta) e taludes da brecha com inclinação de 100%.

No caso da onda de rompimento atingir a cota de proteção das PCHs a jusante, o rompimento considerado será por galgamento, após o nível de água permanecer por 30 minutos acima da cota de proteção ou imediatamente caso o nível de água atinja 50 cm acima da cota de proteção. O quadro a seguir apresenta os parâmetros de formação da brecha.

Quadro 9 – Parâmetros de formação da brecha

PCH	Segredo	Ilha Comprida	Parecis	Rondon	Telegráfica
NA Normal Reservatório (m)	380,00	363,70	346,00	297,50	289,50
Cota de Proteção da Barragem (m)	382,40	366,20	348,00	299,30	291,60
EL. Soleira Vertedouro (m)	374,80	358,50	340,80	292,10	284,30
Largura do Fundo (m)	70,00	40,00	30,00	36,00	58,00
EL. Do Fundo da Brecha (m)	366,70	248,70	333,20	286,10	266,10

4.5 Resultados dos Estudos de Dam Break

Foram simulados através do modelo computacional 6 cenários distintos, listados a seguir:

- Simulação natural – TR 100 anos;
- Simulação natural – TR 10.000 anos;
- Simulação Dam Break PCH Segredo - Qmlt
- Simulação Dam Break PCH Segredo – TR 10.000 anos
- Simulação Dam Break PCH Ilha Comprida – Qmlt
- Simulação Dam Break PCH Ilha Comprida – TR 10.000 anos

As simulações de dam break com a vazão média de longo termo são comparadas à simulação natural com vazão de 100 anos de recorrência para identificar o local de amortecimento da onda de rompimento, que é considerado o local onde a onda de rompimento é igual ou menor ao nível natural de 100 anos de recorrência.

As simulações com a vazão de 10.000 anos de recorrência identificam o maior impacto previsto, tanto em condições naturais quanto na ocorrência do rompimento.

Independentemente da vazão afluente, no caso do rompimento da barragem da PCH Segredo, a onda gerada causa o galgamento, e conseqüentemente, o rompimento de todas as barragens da cascata. Já no rompimento apenas da PCH Ilha Comprida, a onda não é suficiente para gerar o galgamento de nenhuma das barragens a jusante.

Ressalta-se que foi considerado o deplecionamento de todos os reservatórios a jusante da barragem em risco com antecedência de 8 horas do início da formação da brecha, o que levou a uma maior capacidade de amortecimento da onda, conforme apresentado no item 4.4.2.

4.5.1 Altura Máxima da Onda

O quadro a seguir apresenta os níveis máximos obtidos nas simulações, com e sem o rompimento, além da altura máxima da onda (Δ).

Estaca (m)	Natural - TR 100 anos	Dam Break PCH Segredo - Qmlt		Dam Break PCH Ilha Comprida - Qmlt		Natural - TR 10.000 anos	Dam Break PCH Segredo - TR 10.000		Dam Break PCH Ilha Comprida - TR 10.000	
	NA (m)	NA (m)	Δ (m)	NA (m)	Δ (m)	NA (m)	NA (m)	Δ (m)	NA (m)	Δ (m)
104.590	443,63	443,11	-0,5	443,11	-0,5	443,98	443,98	0,0	443,98	0,0
103.962	428,84	428,46	-0,4	428,46	-0,4	429,24	429,24	0,0	429,24	0,0
103.090	417,99	417,47	-0,5	417,47	-0,5	418,34	418,34	0,0	418,34	0,0
102.101	416,62	416,57	-0,1	416,57	-0,1	416,86	416,86	0,0	416,86	0,0
101.114	416,61	416,57	0,0	416,57	0,0	416,69	416,69	0,0	416,69	0,0
100.612	416,61	416,57	0,0	416,57	0,0	416,68	416,68	0,0	416,68	0,0
100.034	416,60	416,57	0,0	416,57	0,0	416,67	416,67	0,0	416,67	0,0
99.297	416,60	416,57	0,0	416,57	0,0	416,69	416,69	0,0	416,69	0,0
PCH Cidezal										
99.111	406,00	404,78	-1,2	404,78	-1,2	405,90	405,90	0,0	405,90	0,0
98.147	403,92	403,27	-0,7	403,27	-0,7	404,42	404,42	0,0	404,42	0,0
97.778	403,50	402,64	-0,9	402,64	-0,9	404,10	404,10	0,0	404,10	0,0
96.603	403,12	402,14	-1,0	402,14	-1,0	403,74	403,74	0,0	403,74	0,0
95.198	400,67	399,86	-0,8	399,86	-0,8	401,22	401,22	0,0	401,22	0,0
93.552	398,09	397,55	-0,5	397,55	-0,5	398,46	398,46	0,0	398,46	0,0
92.169	397,18	396,62	-0,6	396,62	-0,6	397,54	397,54	0,0	397,54	0,0
90.763	396,30	395,67	-0,6	395,67	-0,6	396,72	396,72	0,0	396,72	0,0
88.694	394,42	393,71	-0,7	393,71	-0,7	394,89	394,89	0,0	394,89	0,0
88.107	393,50	392,70	-0,8	392,70	-0,8	394,01	394,01	0,0	394,01	0,0
86.823	391,33	390,84	-0,5	390,84	-0,5	391,69	391,69	0,0	391,69	0,0
85.664	390,23	390,14	-0,1	390,14	-0,1	390,33	390,33	0,0	390,33	0,0
84.762	390,14	390,11	0,0	390,11	0,0	390,17	390,17	0,0	390,17	0,0
83.912	390,11	390,10	0,0	390,10	0,0	390,12	390,12	0,0	390,12	0,0
83.258	390,11	390,10	0,0	390,10	0,0	390,11	390,11	0,0	390,11	0,0
82.653	390,11	390,10	0,0	390,10	0,0	390,11	390,11	0,0	390,11	0,0
81.867	390,10	390,10	0,0	390,10	0,0	390,10	390,10	0,0	390,10	0,0
81.171	390,10	390,10	0,0	390,10	0,0	390,10	390,10	0,0	390,10	0,0
80.675	390,10	390,10	0,0	390,10	0,0	390,10	390,10	0,0	390,10	0,0
80.143	390,10	390,10	0,0	390,10	0,0	390,10	390,10	0,0	390,10	0,0
79.694	390,10	390,10	0,0	390,10	0,0	390,10	390,10	0,0	390,10	0,0
PCH Sapezal										
79.425	380,11	380,05	-0,1	380,05	-0,1	380,11	380,10	0,0	380,11	0,0
79.219	380,11	380,05	-0,1	380,05	-0,1	380,11	380,10	0,0	380,11	0,0
79.013	380,11	380,05	-0,1	380,05	-0,1	380,11	380,10	0,0	380,11	0,0
78.807	380,11	380,05	-0,1	380,05	-0,1	380,11	380,11	0,0	380,11	0,0
78.601	380,11	380,05	-0,1	380,05	-0,1	380,11	380,11	0,0	380,11	0,0
77.340	380,11	380,05	-0,1	380,05	-0,1	380,11	380,10	0,0	380,11	0,0
74.664	380,11	380,05	-0,1	380,05	-0,1	380,11	380,10	0,0	380,11	0,0
73.448	380,11	380,05	-0,1	380,05	-0,1	380,10	380,10	0,0	380,10	0,0
72.354	380,11	380,05	-0,1	380,05	-0,1	380,10	380,10	0,0	380,10	0,0
71.762	380,11	380,05	-0,1	380,05	-0,1	380,10	380,10	0,0	380,10	0,0
70.583	380,11	380,05	-0,1	380,05	-0,1	380,10	380,10	0,0	380,10	0,0
PCH Segredo										
70.238	364,16	370,90	6,7	363,85	-0,3	364,13	371,77	7,6	364,13	0,0
69.825	363,94	370,60	6,7	363,79	-0,1	364,01	371,69	7,7	363,94	-0,1
68.820	363,90	369,10	5,2	363,78	-0,1	363,94	370,12	6,2	363,92	0,0
67.439	363,87	368,78	4,9	363,77	-0,1	363,91	369,46	5,5	363,88	0,0
66.663	363,86	368,32	4,5	363,77	-0,1	363,87	368,59	4,7	363,87	0,0
65.402	363,87	368,32	4,4	363,76	-0,1	363,85	368,54	4,7	363,82	0,0
64.035	363,87	368,30	4,4	363,76	-0,1	363,84	368,51	4,7	363,82	0,0

Estaca (m)	Natural - TR 100 anos	Dam Break PCH Segredo - Qmlt		Dam Break PCH Ilha Comprida - Qmlt		Natural - TR 10.000 anos	Dam Break PCH Segredo - TR 10.000		Dam Break PCH Ilha Comprida - TR 10.000	
	NA (m)	NA (m)	Δ (m)	NA (m)	Δ (m)	NA (m)	NA (m)	Δ (m)	NA (m)	Δ (m)
63.561	363,86	368,26	4,4	363,76	-0,1	363,83	368,42	4,6	363,83	0,0
63.021	363,86	368,24	4,4	363,76	-0,1	363,86	368,39	4,5	363,86	0,0
62.169	363,86	368,24	4,4	363,75	-0,1	363,83	368,40	4,6	363,75	-0,1
PCH Ilha Comprida										
61.873	353,07	363,33	10,3	356,72	3,7	353,95	364,05	10,1	358,43	4,5
61.116	352,80	362,43	9,6	356,17	3,4	353,65	363,13	9,5	357,84	4,2
60.713	352,70	362,41	9,7	356,06	3,4	353,55	363,13	9,6	357,75	4,2
58.473	352,03	360,50	8,5	355,08	3,1	352,84	361,19	8,4	356,58	3,7
57.338	351,88	360,30	8,4	354,93	3,1	352,70	360,97	8,3	356,42	3,7
56.522	351,33	359,99	8,7	354,17	2,8	352,10	360,71	8,6	355,68	3,6
55.686	350,55	358,77	8,2	353,25	2,7	351,30	359,49	8,2	354,66	3,4
54.849	349,93	357,53	7,6	352,50	2,6	350,66	358,22	7,6	353,78	3,1
54.013	349,47	356,28	6,8	351,90	2,4	350,18	356,92	6,7	353,02	2,8
52.537	348,31	354,98	6,7	350,30	2,0	348,96	355,60	6,6	351,42	2,5
51.316	347,66	354,18	6,5	349,62	2,0	348,29	354,74	6,4	350,74	2,4
50.550	347,49	353,62	6,1	349,38	1,9	348,10	354,11	6,0	350,46	2,4
49.783	347,23	352,72	5,5	348,99	1,8	347,80	353,10	5,3	350,00	2,2
49.017	346,61	351,24	4,6	347,53	0,9	346,91	351,74	4,8	348,61	1,7
48.237	346,22	350,72	4,5	346,15	-0,1	346,32	351,16	4,8	347,89	1,6
47.005	346,12	350,35	4,2	346,11	0,0	346,16	350,66	4,5	347,75	1,6
45.637	346,11	350,19	4,1	346,11	0,0	346,15	350,44	4,3	347,74	1,6
44.573	346,11	350,06	3,9	346,11	0,0	346,14	350,26	4,1	347,73	1,6
43.626	346,11	349,98	3,9	346,11	0,0	346,14	350,14	4,0	347,72	1,6
42.017	346,10	349,89	3,8	346,10	0,0	346,13	350,02	3,9	347,71	1,6
41.624	346,10	349,87	3,8	346,10	0,0	346,10	349,97	3,9	347,71	1,6
PCH Parecis										
41.147	338,75	344,64	5,9	339,40	0,6	339,26	345,09	5,8	340,28	1,0
40.700	338,54	344,18	5,6	339,22	0,7	339,08	344,59	5,5	340,09	1,0
39.361	337,91	344,05	6,1	339,04	1,1	338,91	344,47	5,6	339,90	1,0
38.915	337,91	343,24	5,3	338,55	0,6	338,45	343,70	5,3	339,37	0,9
38.469	337,81	343,03	5,2	338,41	0,6	338,31	343,50	5,2	339,21	0,9
36.464	337,30	342,51	5,2	337,92	0,6	337,83	342,99	5,2	338,74	0,9
35.195	336,85	341,98	5,1	337,47	0,6	337,38	342,47	5,1	338,28	0,9
34.038	336,32	341,42	5,1	336,94	0,6	336,86	341,93	5,1	337,74	0,9
33.507	335,93	340,94	5,0	336,48	0,6	336,41	341,47	5,1	337,23	0,8
33.008	335,34	340,45	5,1	335,87	0,5	335,80	340,99	5,2	336,64	0,8
32.285	334,80	339,99	5,2	335,34	0,5	335,28	340,54	5,3	336,13	0,9
30.922	334,19	339,44	5,3	334,75	0,6	334,69	339,99	5,3	335,57	0,9
30.116	333,50	338,80	5,3	334,11	0,6	334,04	339,32	5,3	334,97	0,9
29.422	333,08	338,24	5,2	333,69	0,6	333,62	338,74	5,1	334,55	0,9
29.006	332,94	337,97	5,0	333,54	0,6	333,48	338,46	5,0	334,38	0,9
28.597	332,86	337,80	4,9	333,45	0,6	333,38	338,27	4,9	334,27	0,9
27.507	331,77	335,82	4,1	332,29	0,5	332,23	336,19	4,0	332,99	0,8
27.106	330,70	333,68	3,0	330,98	0,3	330,95	334,02	3,1	331,43	0,5
26.756	327,43	331,04	3,6	327,79	0,4	327,74	331,43	3,7	328,33	0,6
26.669	325,63	329,80	4,2	326,07	0,4	326,02	330,26	4,2	326,71	0,7
26.581	323,38	327,88	4,5	323,84	0,5	323,79	328,40	4,6	324,52	0,7
26.494	321,14	325,98	4,8	321,64	0,5	321,58	326,54	5,0	322,36	0,8
26.406	318,94	324,15	5,2	319,46	0,5	319,40	324,76	5,4	320,24	0,8
26.319	316,78	322,43	5,7	317,34	0,6	317,27	323,09	5,8	318,17	0,9
26.231	314,65	320,86	6,2	315,26	0,6	315,19	321,57	6,4	316,18	1,0
26.143	312,69	319,47	6,8	313,40	0,7	313,32	320,20	6,9	314,46	1,1
26.056	311,45	318,26	6,8	312,21	0,8	312,13	318,98	6,9	313,31	1,2
25.431	306,00	312,02	6,0	306,66	0,7	306,59	312,71	6,1	307,62	1,0
24.616	302,75	309,35	6,6	303,46	0,7	303,38	310,06	6,7	304,51	1,1

Estaca (m)	Natural - TR 100 anos	Dam Break PCH Segredo - Qmlt		Dam Break PCH Ilha Comprida - Qmlt		Natural - TR 10.000 anos	Dam Break PCH Segredo - TR 10.000		Dam Break PCH Ilha Comprida - TR 10.000	
	NA (m)	NA (m)	Δ (m)	NA (m)	Δ (m)	NA (m)	NA (m)	Δ (m)	NA (m)	Δ (m)
24.019	301,97	308,81	6,8	302,74	0,8	302,66	309,54	6,9	303,84	1,2
23.606	301,55	308,61	7,1	302,37	0,8	302,28	309,36	7,1	303,50	1,2
23.059	300,87	307,69	6,8	301,68	0,8	301,59	308,40	6,8	302,80	1,2
22.466	299,93	306,57	6,6	300,73	0,8	300,62	307,29	6,7	301,80	1,2
21.924	298,59	304,58	6,0	298,90	0,3	299,09	305,29	6,2	300,07	1,0
21.337	297,87	303,82	5,9	297,74	-0,1	298,25	304,52	6,3	299,19	0,9
20.608	297,75	303,31	5,6	297,58	-0,2	298,09	303,92	5,8	298,96	0,9
20.106	297,64	302,59	4,9	297,54	-0,1	297,90	303,06	5,2	298,69	0,8
19.606	297,55	302,20	4,6	297,52	0,0	297,76	302,59	4,8	298,49	0,7
19.106	297,52	302,13	4,6	297,50	0,0	297,72	302,49	4,8	298,44	0,7
18.540	297,44	301,13	3,7	297,51	0,1	297,58	301,25	3,7	298,20	0,6
17.648	297,41	300,93	3,5	297,45	0,0	297,52	300,92	3,4	298,12	0,6
17.009	297,40	300,92	3,5	297,46	0,1	297,51	300,89	3,4	298,12	0,6
16.604	297,40	300,92	3,5	297,47	0,1	297,51	300,89	3,4	298,12	0,6
15.796	297,40	300,86	3,5	297,45	0,1	297,51	300,81	3,3	298,11	0,6
14.904	297,40	300,84	3,4	297,45	0,1	297,51	300,79	3,3	298,11	0,6
14.528	297,40	300,82	3,4	297,30	-0,1	297,51	300,76	3,3	298,11	0,6
PCH Rondon										
14.053	291,48	299,38	7,9	292,50	1,0	292,21	299,79	7,6	293,44	1,2
13.140	291,08	298,63	7,6	291,96	0,9	291,71	299,02	7,3	292,88	1,2
12.831	290,71	298,14	7,4	291,45	0,7	291,25	298,50	7,3	292,39	1,1
12.292	290,35	297,78	7,4	290,98	0,6	290,82	298,10	7,3	292,04	1,2
11.782	290,04	296,97	6,9	290,47	0,4	290,35	297,26	6,9	291,47	1,1
11.036	289,74	295,20	5,5	289,91	0,2	289,85	295,36	5,5	290,86	1,0
10.310	289,63	294,01	4,4	289,74	0,1	289,70	293,85	4,2	290,59	0,9
9.597	289,60	293,57	4,0	289,72	0,1	289,66	293,25	3,6	290,54	0,9
8.999	289,61	293,69	4,1	289,64	0,0	289,65	293,37	3,7	290,55	0,9
8.484	289,60	293,51	3,9	289,64	0,0	289,63	293,17	3,5	290,53	0,9
7.802	289,60	293,51	3,9	289,64	0,0	289,65	293,16	3,5	290,54	0,9
7.281	289,60	293,53	3,9	289,59	0,0	289,62	293,19	3,6	290,54	0,9
PCH Telegráfica										
6.891	271,66	283,99	12,3	272,73	1,1	273,12	284,58	11,5	275,11	2,0
6.270	271,54	283,76	12,2	272,61	1,1	273,01	284,36	11,4	275,00	2,0
5.650	271,46	283,71	12,3	272,55	1,1	272,95	284,32	11,4	274,95	2,0
4.652	271,22	283,53	12,3	272,35	1,1	272,76	284,17	11,4	274,79	2,0
3.762	271,02	283,36	12,3	272,18	1,2	272,60	284,02	11,4	274,66	2,1
3.201	270,98	283,40	12,4	272,16	1,2	272,58	284,07	11,5	274,66	2,1
2.595	270,85	283,07	12,2	272,03	1,2	272,45	283,69	11,2	274,52	2,1
2.057	270,65	282,98	12,3	271,83	1,2	272,26	283,53	11,3	274,33	2,1
1.522	270,58	283,06	12,5	271,78	1,2	272,21	283,58	11,4	274,32	2,1
998	270,51	283,04	12,5	271,72	1,2	272,16	283,54	11,4	274,27	2,1
411	270,45	283,04	12,6	271,66	1,2	272,10	283,52	11,4	274,22	2,1

4.5.2 Seções de Interesse

As seções de interesse do modelo resumem-se às seções de montante e jusante dos barramentos, uma vez que não foram identificadas edificações ao longo do rio.

Nos cotogramas a seguir apresentam-se as 6 simulações realizadas, no eixo das abcissas está plotado o tempo da simulação e no eixo das ordenadas apresenta-se o nível e água.

Em vermelho apresenta-se as simulações com vazão de 10.000 anos de recorrência e em azul as simulações do a vazão média de longo termo.

A linha mais espessa representa as simulações naturais, enquanto a linha mais fina representa as simulações com o rompimento da barragem da PCH Segredo e a linha tracejada representa as simulações com o rompimento da barragem da PCH Ilha Comprida. Os quadros a seguir apresentam os níveis máximos de cada simulação, a altura máxima da onda e qual o tempo de ocorrência do pico da onda, considerando como ponto de partida o rompimento da barragem.

Ressalta-se que, conforme apresentado no item 4.4, foi considerado o deplecionamento de todos os reservatórios a jusante da barragem em risco com antecedência de 8 horas do início da formação da brecha, o que levou a uma maior capacidade de amortecimento da onda, conforme apresentado no item, além do tempo total de formação da brecha de 90 minutos.

4.5.2.1 PCH Segredo – Jusante

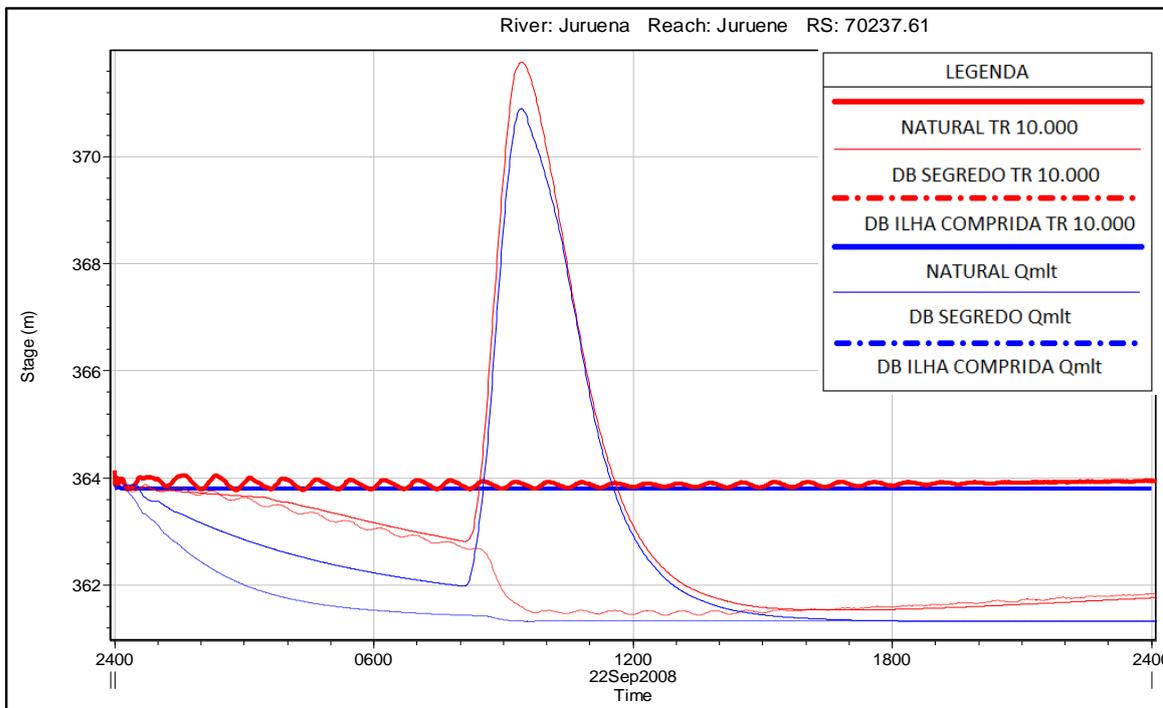


Figura 32 – Seção PCH Segredo Jusante – Cotograma

Dam Break PCH Segredo

A seção de jusante da PCH Segredo recebe o pico da onda gerada pelo rompimento da barragem da PCH Segredo 1h25' após o começo da formação da brecha, 5' antes de sua formação completa. A altura máxima da onda é de quase 9 m para ambas as simulações.

Quadro 10 – DB PCH Segredo – Seção PCH Segredo Jusante – Cotograma

Hidrograma	Nível de Água Natural (m)	NA Início Onda (m)	NA Pico Onda (m)	Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Ocorrência
Qmlt	363,87	361,98	370,90	8,92	1:25
TR 100 anos	364,12				
TR 10.000 anos	364,14	362,82	371,77	8,95	1:24

Dam Break PCH Ilha Comprida

Nas simulações de rompimento da barragem da PCH Ilha Comprida observa-se apenas o rebaixamento do nível de água da seção de jusante da PCH Segredo, decorrente do deplecionamento do reservatório da PCH Ilha Comprida.

4.5.2.2 PCH Ilha Comprida - Montante

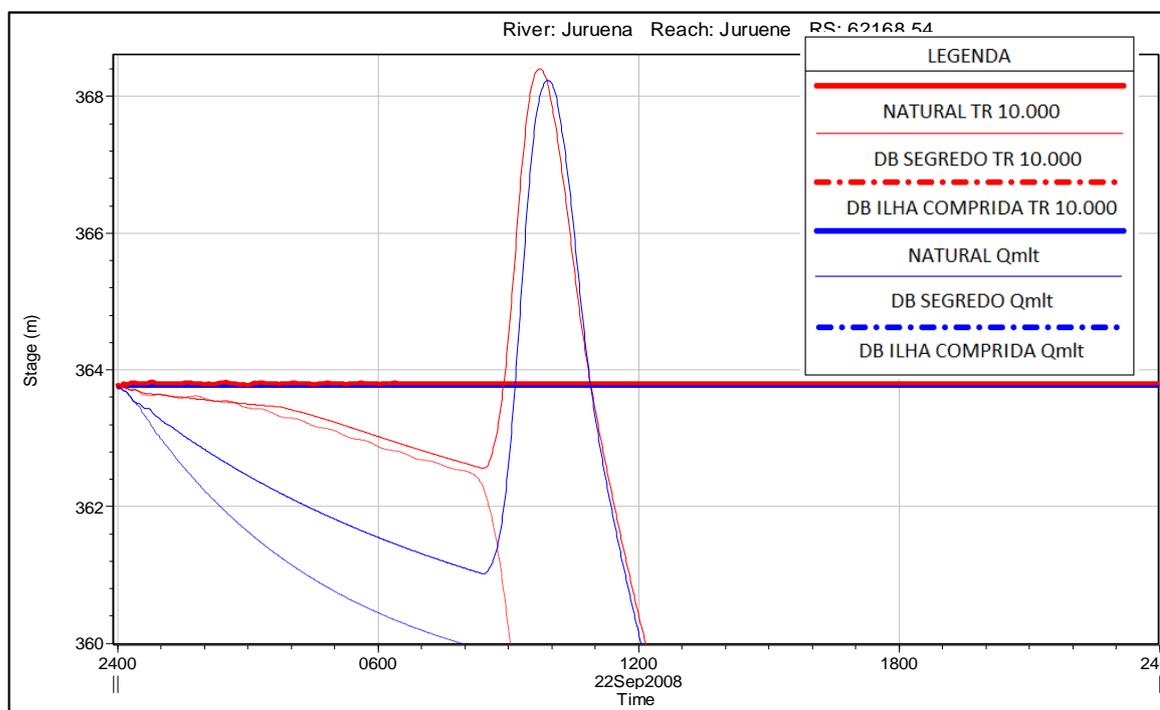


Figura 33 – Seção PCH Ilha Comprida Montante – Cotograma

Dam Break PCH Segredo

A seção de montante da PCH Ilha Comprida recebe o pico da onda gerada pelo rompimento da barragem da PCH Segredo entre 1h40' e 2h após o começo da formação da brecha. O nível de água atingido pela onda em ambas as simulações é muito similar, aproximadamente 368,40 m, causando o rompimento da barragem da PCH Ilha Comprida em aproximadamente 1h depois do início do rompimento da PCH Segredo, antes mesmo do final da formação da brecha completa. A PCH Ilha Comprida possui cota de proteção na EL. 366,20 m.

Quadro 11 – DB PCH Segredo – Seção PCH Ilha Comprida Montante – Cotagrama

Hidrograma	Nível de Água Natural (m)	NA Início Onda (m)	NA Pico Onda (m)	Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Ocorrência
Qmlt	363,76	361,01	368,40	7,39	1:43
TR 100 anos	363,84				
TR 10.000 anos	363,83	362,56	368,24	5,68	1:55

Dam Break PCH Ilha Comprida

Nas simulações de rompimento da barragem da PCH Ilha Comprida observa-se apenas o rebaixamento do nível de água da seção de montante da PCH Ilha Comprida, decorrente do deplecionamento do reservatório.

4.5.2.3 PCH Ilha Comprida - Jusante

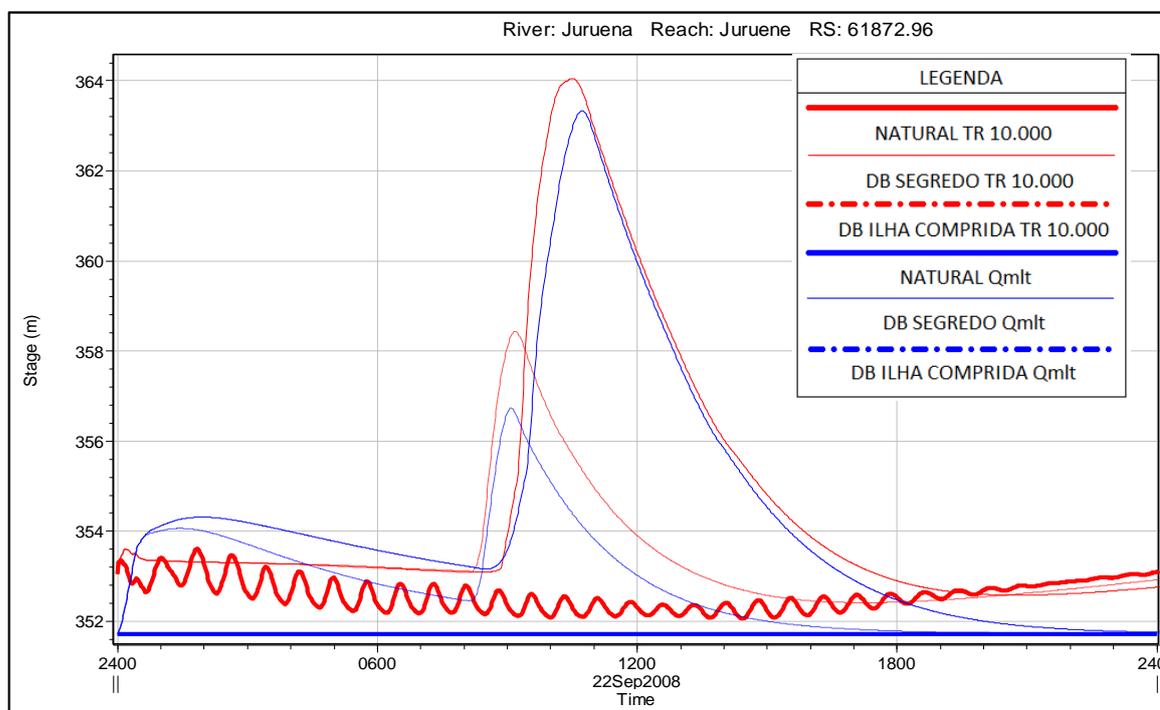


Figura 34 – Seção PCH Ilha Comprida Jusante – Cotagrama

Dam Break PCH Segredo

A seção de jusante da PCH Ilha Comprida recebe o pico da onda gerada pelo rompimento da barragem da PCH Segredo entre 2h30' e 2h50' após o começo da formação da brecha na PCH Segredo. A altura máxima da onda é de quase 11 m para ambas as simulações.

Quadro 12 – DB PCH Segredo – Seção PCH Ilha Comprida Jusante – Cotagrama

Hidrograma	Nível de Água Natural (m)	NA Início Onda (m)	NA Pico Onda (m)	Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Ocorrência
Qmlt	351,71	353,16	363,33	10,17	2:43
TR 100 anos	352,59				
TR 10.000 anos	353,94	353,09	364,05	10,96	2:29

Dam Break PCH Ilha Comprida

A seção de jusante da PCH Ilha Comprida recebe o pico da onda gerada pelo rompimento da barragem da PCH Ilha Comprida entre 1h e 1h15' após o começo da formação da brecha na PCH Ilha Comprida, antes mesmo da formação completa da brecha. A altura máxima da onda é de aproximadamente 5 m para ambas as simulações.

Quadro 13 – DB PCH Ilha Comprida – Seção PCH Ilha Comprida Jusante – Cotograma

Hidrograma	Nível de Água Natural (m)	NA Início Onda (m)	NA Pico Onda (m)	Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Ocorrência
Qmlt	351,71	352,45	356,72	4,27	1:06
TR 100 anos	352,59				
TR 10.000 anos	353,94	353,08	358,43	5,35	1:12

4.5.2.4 PCH Parecis - Montante

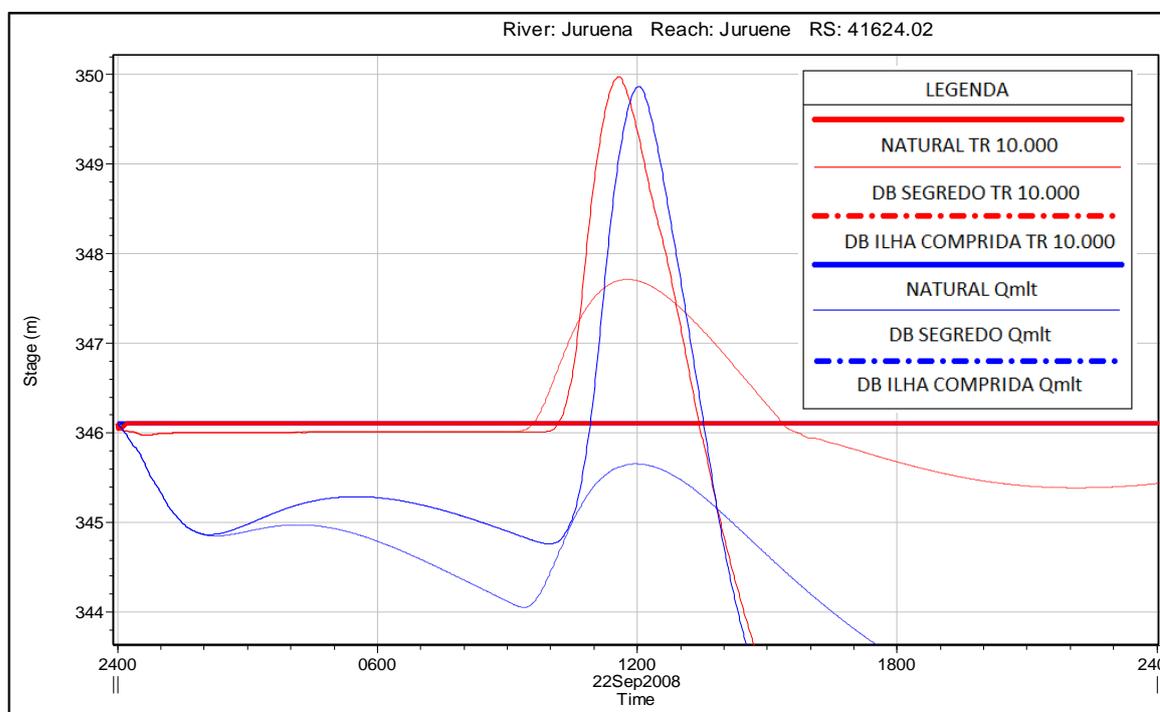


Figura 35 – Seção PCH Parecis Montante – Cotograma

Dam Break PCH Segredo

A seção de montante da PCH Parecis recebe o pico da onda gerada pelo rompimento das barragens das PCHs Segredo e Ilha Comprida entre 3h30' e 4h00' após o começo da formação da brecha na PCH Segredo. O nível de água atingido pela onda em ambas as simulações é muito similar, aproximadamente 350,00 m, causando o rompimento da barragem da PCH Parecis entre 3h e 3h30' depois do início do rompimento da PCH Segredo.

A PCH Parecis possui cota de proteção na EL. 348,00 m.

Quadro 14 – DB PCH Segredo – Seção PCH Parecis Montante – Cotagrama

Hidrograma	Nível de Água Natural (m)	NA Início Onda (m)	NA Pico Onda (m)	Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Ocorrência
Qmlt	346,10	344,76	349,87	5,11	4:02
TR 100 anos	346,10				
TR 10.000 anos	346,10	346,01	349,97	3,96	3:35

Dam Break PCH Ilha Comprida

No caso do rompimento da barragem da PCH Ilha Comprida, se o deplecionamento dos reservatórios respeitarem as condições apresentadas no item 4.4, não ocorre o galgamento da barragem da PCH Parecis.

Na condição de vazão média de longo termo, a onda gerada pelo rompimento da barragem da PCH Ilha Comprida não atinge o nível normal do reservatório da PCH Parecis.

Na condição de vazão com 10.000 anos de recorrência, o pico da onda atinge a EL. 347,71 m, 29 cm abaixo da cota de proteção da PCH Parecis.

Quadro 15 – DB PCH Ilha Comprida – Seção PCH Parecis Montante – Cotagrama

Hidrograma	Nível de Água Natural (m)	NA Início Onda (m)	NA Pico Onda (m)	Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Ocorrência
Qmlt	346,10	-	-	-	-
TR 100 anos	346,10				
TR 10.000 anos	346,10	346,01	347,71	1,70	3:46

4.5.2.5 PCH Parecis - Jusante

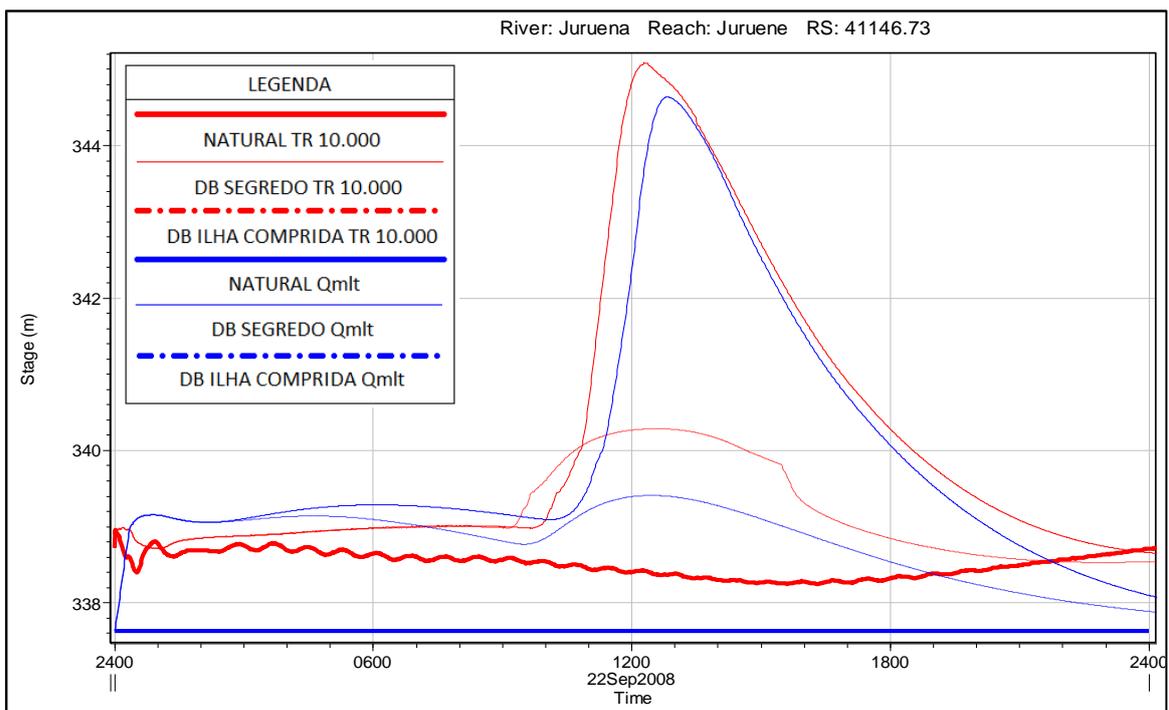


Figura 36 – Seção PCH Parecis Jusante – Cotagrama

Dam Break PCH Segredo

A seção de jusante da PCH Parecis recebe o pico da onda gerada pelo rompimento das barragens das PCHs Segredo, Ilha Comprida e Parecis entre 4h e 5h após o começo da formação da brecha na PCH Segredo. A altura máxima da onda é de quase 6 m para ambas as simulações.

Quadro 16 – DB PCH Segredo – Seção PCH Parecis Jusante – Cotograma

Hidrograma	Nível de Água Natural (m)	NA Início Onda (m)	NA Pico Onda (m)	Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Ocorrência
Qmlt	337,62	339,09	344,64	5,55	4:51
TR 100 anos	338,25				
TR 10.000 anos	339,26	338,98	345,09	6,11	4:17

Dam Break PCH Ilha Comprida

A seção de jusante da PCH Parecis recebe o pico da onda gerada pelo rompimento da barragem da PCH Ilha Comprida entre 4h20' e 4h40' após o começo da formação da brecha na PCH Ilha Comprida. A altura máxima da onda é entre 0,5 e 1,5 m.

Quadro 17 – DB PCH Ilha Comprida – Seção PCH Parecis Jusante – Cotograma

Hidrograma	Nível de Água Natural (m)	NA Início Onda (m)	NA Pico Onda (m)	Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Ocorrência
Qmlt	337,62	338,76	339,40	0,64	4:26
TR 100 anos	338,25				
TR 10.000 anos	339,26	338,98	340,28	1,30	4:34

4.5.2.6 PCH Random - Montante

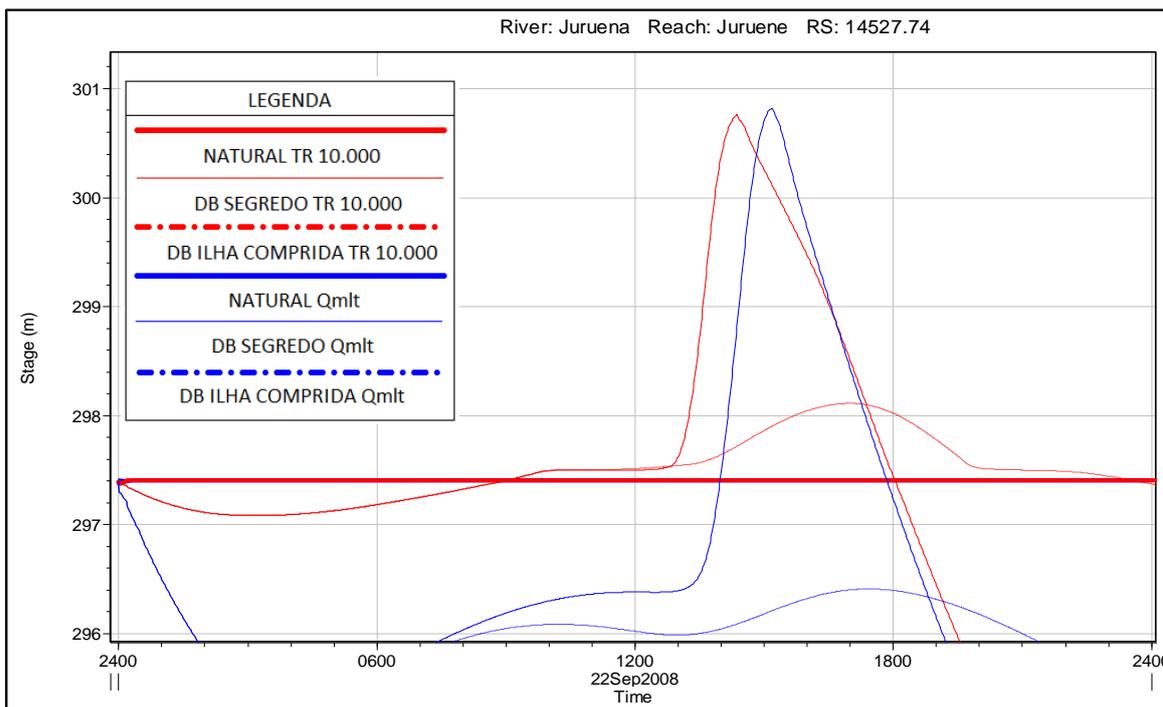


Figura 37 – Seção PCH Random Montante – Cotagrama

Dam Break PCH Segredo

A seção de montante da PCH Random recebe o pico da onda gerada pelo rompimento das barragens das PCHs Segredo, Ilha Comprida e Parecis entre 6h e 7h30' após o começo da formação da brecha na PCH Segredo. O nível de água atingido pela onda em ambas as simulações é muito similar, aproximadamente 300,80 m, causando o rompimento da barragem da PCH Random entre 5h50' e 6h40' depois do início do rompimento da PCH Segredo.

A PCH Random possui cota de proteção na EL. 299,30 m.

Quadro 18 – DB PCH Segredo – Seção PCH Random Montante – Cotagrama

Hidrograma	Nível de Água Natural (m)	NA Início Onda (m)	NA Pico Onda (m)	Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Ocorrência
Qmlt	297,40	296,38	300,82	4,44	7:11
TR 100 anos	297,40				
TR 10.000 anos	297,51	297,50	300,76	3,26	6:22

Dam Break PCH Ilha Comprida

No caso do rompimento da barragem da PCH Ilha Comprida, se o deplecionamento dos reservatórios respeitarem as condições apresentadas no item 4.4, não ocorre o galgamento da barragem da PCH Random.

Na condição de vazão média de longo termo, a onda gerada pelo rompimento da barragem da PCH Ilha Comprida não atinge o nível normal do reservatório da PCH Random.

Na condição de vazão com 10.000 anos de recorrência, o pico da onda atinge a EL. 298,11 m, 1,19 m abaixo da cota de proteção da PCH Rondon.

Quadro 19 – DB PCH Ilha Comprida – Seção PCH Rondon Montante – Cotograma

Hidrograma	Nível de Água Natural (m)	NA Início Onda (m)	NA Pico Onda (m)	Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Ocorrência
Qmlt	297,40	-	-	-	-
TR 100 anos	297,40				
TR 10.000 anos	297,51	297,50	298,11	0,61	9:00

4.5.2.7 PCH Rondon - Jusante

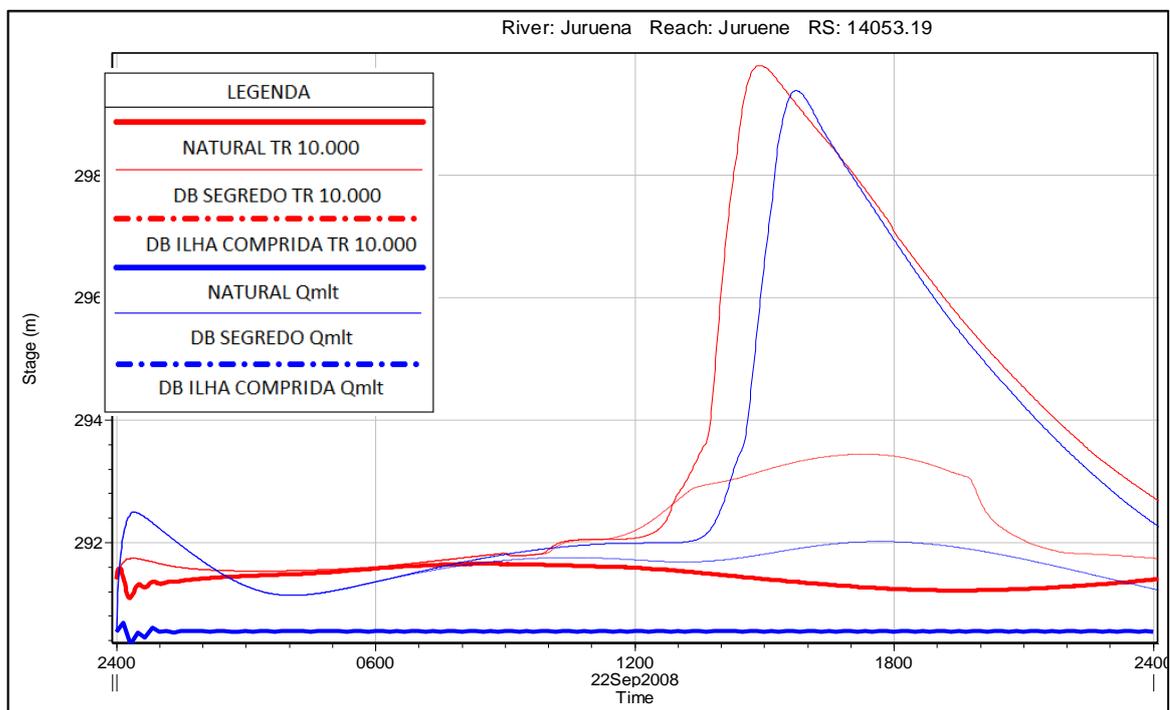


Figura 38 – Seção PCH Rondon Jusante – Cotograma

Dam Break PCH Segredo

A seção de jusante da PCH Rondon recebe o pico da onda gerada pelo rompimento das barragens das PCHs Segredo, Ilha Comprida, Parecis e Rondon entre 6h50' e 8h após o começo da formação da brecha na PCH Segredo. A altura máxima da onda é de 7,4 a 7,8 m para ambas as simulações.

Quadro 20 – DB PCH Segredo – Seção PCH Rondon Jusante – Cotograma

Hidrograma	Nível de Água Natural (m)	NA Início Onda (m)	NA Pico Onda (m)	Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Ocorrência
Qmlt	290,69	291,99	299,38	7,39	7:44
TR 100 anos	290,94				
TR 10.000 anos	292,21	292,06	299,79	7,73	6:53

Dam Break PCH Ilha Comprida

A seção de jusante da PCH Rondon recebe o pico da onda gerada pelo rompimento da barragem da PCH Ilha Comprida entre 7h30' e 9h30' após o começo da formação da brecha na PCH Ilha Comprida. A altura máxima da onda é entre 0,8 e 1,5 m.

Quadro 21 – DB PCH Ilha Comprida – Seção PCH Rondon Jusante – Cotograma

Hidrograma	Nível de Água Natural (m)	NA Início Onda (m)	NA Pico Onda (m)	Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Ocorrência
Qmlt	290,69	291,68	292,50	0,82	7:44
TR 100 anos	290,94				
TR 10.000 anos	292,21	292,03	293,44	1,41	9:19

4.5.2.8 PCH Telegráfica - Montante

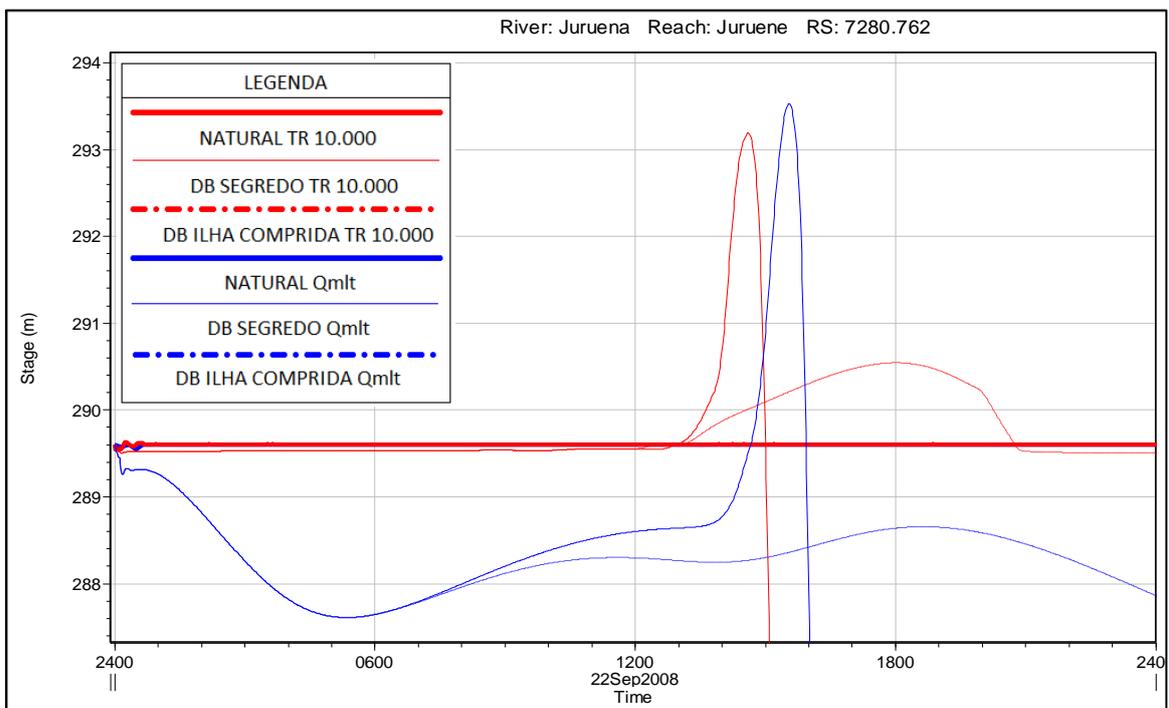


Figura 39 – Seção PCH Telegráfica Montante – Cotograma

Dam Break PCH Segredo

A seção de montante da PCH Telegráfica recebe o pico da onda gerada pelo rompimento das barragens das PCHs Segredo, Ilha Comprida, Parecis e Rondon entre 6h30' e 7h40' após o começo da formação da brecha na PCH Segredo. O nível de água atingido pela onda em ambas as simulações é muito similar, aproximadamente 293,50 m, causando o rompimento da barragem da PCH Telegráfica entre 6h30' e 7h30' depois do início do rompimento da PCH Segredo.

A PCH Telegráfica possui cota de proteção na EL. 291,60 m.

Quadro 22 – DB PCH Segredo – Seção PCH Telegráfica Montante – Cotograma

Hidrograma	Nível de Água Natural (m)	NA Início Onda (m)	NA Pico Onda (m)	Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Ocorrência
Qmlt	289,60	288,65	293,53	4,88	7:33
TR 100 anos	289,60				
TR 10.000 anos	289,62	289,59	293,19	3,60	6:36

Dam Break PCH Ilha Comprida

No caso do rompimento da barragem da PCH Ilha Comprida, se o deplecionamento dos reservatórios respeitarem as condições apresentadas no item 4.4, não ocorre o galgamento da barragem da PCH Telegráfica.

Na condição de vazão média de longo termo, a onda gerada pelo rompimento da barragem da PCH Ilha Comprida não atinge o nível normal do reservatório da PCH Telegráfica.

Na condição de vazão com 10.000 anos de recorrência, o pico da onda atinge a EL. 290,54 m, 1,06 m abaixo da cota de proteção da PCH Telegráfica.

Quadro 23 – DB PCH Ilha Comprida – Seção PCH Rondon Montante – Cotograma

Hidrograma	Nível de Água Natural (m)	NA Início Onda (m)	NA Pico Onda (m)	Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Ocorrência
Qmlt	289,60	-	-	-	-
TR 100 anos	289,60				
TR 10.000 anos	289,62	289,59	290,54	0,95	10:00

4.5.2.9 PCH Telegráfica - Jusante

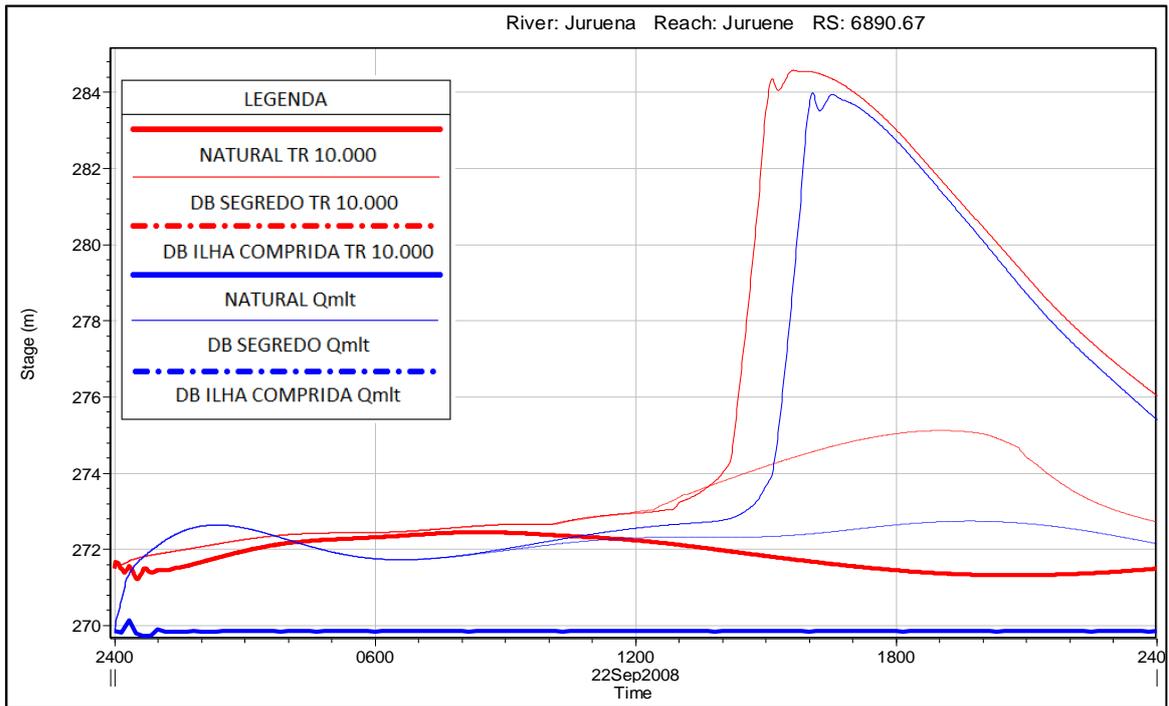


Figura 40 – Seção PCH Telegráfica Jusante – Cotagrama

Dam Break PCH Segredo

A seção de jusante da PCH Telegráfica recebe o pico da onda gerada pelo rompimento das barragens das PCHs Segredo, Ilha Comprida, Parecis, Rondon e Telegráfica entre 7h40' e 8h10' após o começo da formação da brecha na PCH Segredo. A altura máxima da onda é de aproximadamente 11,50 m para ambas as simulações.

Quadro 24 – DB PCH Segredo – Seção PCH Telegráfica Jusante – Cotagrama

Hidrograma	Nível de Água Natural (m)	NA Início Onda (m)	NA Pico Onda (m)	Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Ocorrência
Qmlt	270,13	272,73	283,99	11,26	8:04
TR 100 anos	270,66				
TR 10.000 anos	273,12	273,03	284,58	11,55	7:38

Dam Break PCH Ilha Comprida

A seção de jusante da PCH Rondon recebe o pico da onda gerada pelo rompimento da barragem da PCH Ilha Comprida entre 9h e 12h após o começo da formação da brecha na PCH Ilha Comprida. A altura máxima da onda é entre 0,4 e 2,2 m.

Quadro 25 – DB PCH Ilha Comprida – Seção PCH Telegráfica Jusante – Cotograma

Hidrograma	Nível de Água Natural (m)	NA Início Onda (m)	NA Pico Onda (m)	Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Ocorrência
Qmlt	270,13	272,31	272,73	0,42	11:42
TR 100 anos	270,66				
TR 10.000 anos	273,12	273,00	275,11	2,11	9:02

4.6 Mapas de Inundação

Os mapas de inundação foram elaborados a partir dos resultados do modelo matemático computacional e dos dados disponíveis de topografia, descritos no item 4.2.

O desenho 5062-ILC-6C-DESB-001 apresenta as seções do modelo e os desenhos 5062-ILC-6C-DESB-002 e 003 apresentam os mapas de inundação.

4.7 Conclusão Dam Break

Em um eventual rompimento da barragem da PCH Segredo, o efeito cascata da onda causaria o rompimento das demais barragens a jusante (PCHs Ilha Comprida, Parecis, Rondon e Telegráfica), devido principalmente ao grande volume do reservatório da PCH Segredo (37,35 hm³).

Os quadros a seguir apresentam a progressão da onda gerada pelo rompimento da PCH Segredo

Quadro 26 – Resumo Dam Break PCH Segredo – Hidrograma Qmlt

PCH	Seção	Cota de Proteção (m)	Distância da Barragem (m)	Nível de Água Natural (m)	NA Início Onda (m)	NA Pico Onda (m)	Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Ocorrência
PCH Segredo	Jusante	369,00	171	363,87	361,98	370,90	8,92	1:25
PCH Ilha Comprida	Montante	366,20	8.240	363,76	361,01	368,40	7,39	1:43
PCH Ilha Comprida	Jusante	356,00	8.536	351,71	353,16	363,33	10,17	2:43
PCH Parecis	Montante	348,00	28.785	346,10	344,76	349,87	5,11	4:02
PCH Parecis	Jusante	339,29	29.262	337,62	339,09	344,64	5,55	4:51
PCH Rondon	Montante	299,30	55.881	297,40	296,38	300,82	4,44	7:11
PCH Rondon	Jusante	294,25	56.355	290,69	291,99	299,38	7,39	7:44
PCH Telegráfica	Montante	291,60	63.128	289,60	288,65	293,53	4,88	7:33
PCH Telegráfica	Jusante	273,90	63.518	270,13	272,73	283,99	11,26	8:04

(*) Destacados em vermelho valores acima cota proteção.

Quadro 27 – Resumo Dam Break PCH Segredo – Hidrograma TR 10.000 anos

PCH	Seção	Cota de Proteção (m)	Distância da Barragem (m)	Nível de Água Natural (m)	NA Início Onda (m)	NA Pico Onda (m)	Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Ocorrência
PCH Segredo	Jusante	369,00	171	364,14	362,82	371,77	8,95	1:24
PCH Ilha Comprida	Montante	366,20	8.240	363,83	362,56	368,24	5,68	1:55
PCH Ilha Comprida	Jusante	356,00	8.536	353,94	353,09	364,05	10,96	2:29
PCH Parecis	Montante	348,00	28.785	346,10	346,01	349,97	3,96	3:35
PCH Parecis	Jusante	339,29	29.262	339,26	338,98	345,09	6,11	4:17
PCH Rondon	Montante	299,30	55.881	297,51	297,50	300,76	3,26	6:22
PCH Rondon	Jusante	294,25	56.355	292,21	292,06	299,79	7,73	6:53
PCH Telegráfica	Montante	291,60	63.128	289,62	289,59	293,19	3,60	6:36
PCH Telegráfica	Jusante	273,90	63.518	273,12	273,03	284,58	11,55	7:38

(*) Destacados em vermelho valores acima cota proteção.

Em um eventual rompimento da barragem da PCH Ilha Comprida, o efeito cascata da onda não seria suficiente para galgar as demais barragens a jusante (PCHs Parecis, Rondon e Telegráfica).

Com o deplecionamento prévio dos reservatórios a onda gerada pelo rompimento da barragem da PCH Ilha Comprida não é capaz de atingir os níveis de água normais dos reservatórios de jusante.

Os quadros a seguir apresentam a progressão da onda gerada pelo rompimento da PCH Ilha Comprida.

Quadro 28 – Resumo Dam Break PCH Ilha Comprida – Hidrograma Qmlt

PCH	Seção	Cota de Proteção (m)	Distância da Barragem (m)	Nível de Água Natural (m)	NA Início Onda (m)	NA Pico Onda (m)	Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Ocorrência
PCH Ilha Comprida	Jusante	356,00	90	351,71	352,45	356,72	4,27	1:06
PCH Parecis	Montante	348,00	20.339	346,10	-	-	-	-
PCH Parecis	Jusante	339,29	20.816	337,62	338,76	339,40(**)	0,64	4:26
PCH Rondon	Montante	299,30	47.435	297,40	-	-	-	-
PCH Rondon	Jusante	294,25	47.910	290,69	291,68	292,50	0,82	7:44
PCH Telegráfica	Montante	291,60	54.682	289,60	-	-	-	-
PCH Telegráfica	Jusante	273,90	55.072	270,13	272,31	272,73	0,42	11:42

(*) Destacados em vermelho valores acima cota proteção.

(**) Valor muito próximo da cota de proteção, é difícil possibilidade de galgamento Casa de Força da PCH Parecis.

Quadro 29 – Resumo Dam Break PCH Ilha Comprida – Hidrograma TR 10.000 anos

PCH	Seção	Cota de Proteção (m)	Distância da Barragem (m)	Nível de Água Natural (m)	NA Início Onda (m)	NA Pico Onda (m)	Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Ocorrência
PCH Ilha Comprida	Jusante	356,00	90	353,94	353,08	358,43	5,35	1:12
PCH Parecis	Montante	348,00	20.339	346,10	346,01	347,71	1,70	3:46
PCH Parecis	Jusante	339,29	20.816	339,26	338,98	340,28	1,30	4:34
PCH Rondon	Montante	299,30	47.435	297,51	297,50	298,11	0,61	9:00
PCH Rondon	Jusante	294,25	47.910	292,21	292,03	293,44	1,41	9:19
PCH Telegráfica	Montante	291,60	54.682	289,62	289,59	290,54	0,95	10:00
PCH Telegráfica	Jusante	273,90	55.072	273,12	273,00	275,11	2,11	9:02

(*) Destacados em vermelho valores acima cota proteção.

Ressalta-se que os parâmetros utilizados englobam necessariamente o deplecionamento prévio das barragens em risco, pelo menos 8 h do início da formação da brecha, conforme apresentado no item 4.4.

5 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, **SEGREDO ENERGIA S/A**, centralizar a veiculação de qualquer informação.

5.1 Identificação do Empreendedor

SPE

Empreendedor: SEGREDO ENERGIA S/A

Empreendedor CNPJ: 08.936.816/0002-14

Endereço: Estrada SZ 01 – km 20 – entrada a esquerda + 30 km, S/N, município Sapezal, Estado de Mato Grosso

Administrador – Amaggi Energia

Endereço: Av. André Antônio Maggi, 303 - Cuiabá – MT – 78049-080

Diretor: Judiney Carvalho de Souza

Telefone: (65) 3645-5131

E-mail: judiney.carvalho@amaggi.com.br

Equipe Segurança da Barragem do Empreendedor:

Responsável pela Segurança da Barragem

Eng. Civil: Marcelo Guzzo

Telefone: (65) 3645-5319 / (65) 99934-6520

E-mail: marcelo.guzzo@amaggi.com.br

Equipe Apoio

- Fabio Prass

Fone: (65) 3383 – 5421 / (65) 99968 – 2434

E-mail: fabio.prass@amaggi.com.br

- Jayne Siqueira

Fone: (65) 3383 – 5477

E-mail: jayne.siqueira@amaggi.com.br

- Gabriel Nogueira Duarte

Fone: (65) 3645-5303 / (65) 9 9803-1560

E-mail: gabriel.duarte@amaggi.com.br

Operação

Supervisor de Operação do Centro: Jefferson E. Molina

Fone: (65) 3383-5400

E-mail: jefferson.molina@amaggi.com.br

As áreas diretamente ligadas à operação da Usina estão listadas a seguir em ordem crescente de responsabilidade. A operação da Usina Segredo é feita juntamente com Operação da PCH Ilha Comprida.

Cargo	Profissional Responsável	Turno	Contato
Mantenedores das usinas	Adonias Almeida Miranda Carlos Eduardo Rogge Sturm	Horário Comercial dois turnos	(065) 3383-5418
	Cleison Marcos da Silva Araujo		
	Edilson Ferreira da Silva		
	Giluander Lopes Andrade		
	Jaime Da Silva Guimaraes		
	Jhonatan P. F. dos Santos		
	Joao Jorge Junior de Souza		
	Rafael dos Santos Lima		
	Edson Santos Souza		
Centro de operação	Alan Carlos Ferreira Dias	Conforme escala de revezamento	(065) 3383-5445
	Douglas Ney Silva dos Santos		
	Jair dos Santos		
	Joao Paulo C. C. Lima		
	Marcos B. de O. Dornelas		
	Matheus Tomas Wilhelms		
Equipe de manutenção	Edvan Monteiro dos Santos	Horário Comercial	(065) 3383-5400
	Jose Alexandre F. Duarte		
	Josimar de O. Fernandes		
	Nivaldo Felipe Moreira		
	Maxlei Pascoal Leite da Silva		
	Germano dos S. Anselmo		
	Robson da Silva Santana		
	Robson da Silva Fukushima		
Coordenadores de Manutenção	Allambergue C.do Nascimento	Horário Comercial	(065) 3383- 5460
	Gilson Pereira de Oliveira		

	Nidson de Almeida Diniz		
Eng.º Manutenção	Fabio Luis Prass	Horário Comercial	(065) 3383-5421

5.2 Agentes Externos

Tabela 4 - Órgãos do Estado de Mato Grosso que possuem atribuições em casos de desastres

ÓRGÃO	CONTATO
CASA MILITAR MT – CMI Cel. Airton Benedito De Siqueira Júnior Secretário-Chefe	(65) 3613-4200/ 4201 www.mt.gov.br/casa-militar
SECRETARIA DE ESTADO DA SEGURANÇA PÚBLICA – SESP Rogers Elizandro Jarbas Secretário de Estado	(65) 3613-5533/ 5502 www.sesp.mt.gov.br/
SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE Eduardo Luiz Conceição Bermudez Secretário de Estado	(65) 3613-5300/ 5310 gbses@ses.mt.gov.br www.saude.mt.gov.br/
SECRETARIA DO ESTADO DO MEIO AMBIENTE – MATO GROSSO – SEMA Carlos Henrique Baqueta Fávaro Secretário de Estado	(65) 3613-7200 / 7209 / 7399 / 7326 chefiadegabinete@sema.mt.gov.br www.sema.mt.gov.br/
SECRETARIA DE INFRA-ESTRUTURA E LOGÍSTICA– SINFRA Marcelo Duarte Monteiro Secretário de Estado	(65) 3613.6603 marceloduarte@sinfra.mt.gov.br www.sinfra.mt.gov.br/
CORPO DE BOMBEIROS MILITAR – MT Cel. Julio Cezar Rodrigues Comandante Geral	193 (65) 3624-1823 www.bombeiros.mt.gov.br/
SECRETARIA DO ESTADO DE DEFESA CIVIL – MT Abadio José da Cunha Junior - Ten Cel QOBM Superintendente	199 (65) 3613-8400 / 3613-8415 cunha@defesacivil.mt.gov.br www.defesacivilmatogrosso.com.br/
POLÍCIA MILITAR DE MATO GROSSO – PMMT Coronel Gley Alves de Almeida Castro Comandante Geral	190 (65) 3613-8803 www.pm.mt.gov.br/

Tabela 5 - Órgãos Municipais que possuem atribuições em casos de desastres

ÓRGÃO	TELEFONE COMERCIAL
COORDENADORIA MUNICIPAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL (COMPDEC) TANGARÁ DA SERRA Responsável Ádila Matana	(65) 3311-4862 adila@tangaraserra.mt.gov.br
PREFEITURA MUNICIPAL TANGARÁ DA SERRA	(65) 3311-4800 http://www.tangaradaserra.mt.gov.br/
COORDENADORIA MUNICIPAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL (COMPDEC) CAMPO NOVO DO PARECIS Responsável Juliano Olejar	(65) 3382-5100 defesacivil@camponovodoparecis.gov.br
PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO NOVO DO PARECIS	(65) 3382-5100 www.camponovodoparecis.mt.gov.br/

Tabela 6 - Órgãos Federais que possuem atribuições em casos de desastres

ÓRGÃO	TELEFONE COMERCIAL
SECRETARIA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL - SEDEC	(61) 2034 – 5513 sedec@integracao.gov.br
MINISTÉRIO DA DEFESA	(61) 2023-9400 www.defesa.gov.br/
COMANDO DO EXÉRCITO	(61) 3415-5003 www.eb.mil.br/
COMANDO DA MARINHA	(61) 3429-1021 www.marinha.mil.br/
COMANDO DA AERONÁUTICA	(61) 3962-1507 www.aer.mil.br/
POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL – UNIDADE MATO GROSSO	191 (65) 3928-3000 www.prf.gov.br/

5.2.1 Outros Órgãos

Os municípios atingidos são: Sapezal e Campos de Júlio.

Órgãos municipais que possuem atribuições natas em relação aos desastres:

Município – Sapezal

ÓRGÃO	ENDEREÇO	CONTATO
Prefeitura Municipal	Av. Antônio André Maggi, nº 1.400 - CEP - 78365-000 Sapezal - MT	(65) 3383-4500 www.sapezal.mt.gov.br
Delegacia Polícia Civil	Av. Antônio A Magi, 369-407, Sapezal - MT, 78365-000	(65) 3383-3038
5ª Companhia de Polícia Militar - Sapezal	Av. Antônio Andre Maggi, nº 500, Bairro: Centro, CEP 78.365-000	(65) 3383-1190/2384 5ciasapezal@pm.mt.gov.br
Secretaria Municipal de Saúde	Av. Lions Internacional, 1789 Sapezal - MT	(65) 3383-0200 saude@sapezal.mt.gov.br
Hospital e Maternidade Renato Sucupira	Av. Pirambóia, 960 – Centro Cep. 78365-000 Sapezal - MT	(65) 3383-1760 www.hospitalrenatosucupira.com.br
Unidade de Saúde José Bonifácio	Av. das Flores, s/n - Popular, Sapezal - MT, 78365-000	(65) 3383-1747

Município – Campos de Júlio

ÓRGÃO	ENDEREÇO	CONTATO
Prefeitura Municipal	Av. Valdir Masutti, 779W - Bom Jardim, Campos de Júlio - MT, 78307-000	(65) 3387-2800/2801 www.camposdejulio.mt.gov.br
Delegacia Polícia Civil	Rua Vereador Anibas Luiz de Souza, n.1668, Bairro Jardim Bela Vista, Campos de Júlio - MT	(65) 3387-2800
Núcleo de Polícia Militar - Campos de Júlio	Rua: Adelino José Zamo, nº 995, Bairro: Centro, CEP 78.307-000	(65) 3387-1190
Secretaria Municipal de Saúde	Rua Volmir Taborda Câmara, 395/E - Centro, Campos de Júlio - MT, 78307-000	(65) 3387-1265/ 99963-1109 saude@camposdejulio.mt.gov.br
Hospital Municipal	Rua Volmir Taborda Câmara, 341/E - Centro, Campos de Júlio - MT, 78307-000	(65) 3387-1265

6 CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA E RISCO DE RUPTURA

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

6.1 Condição Hidrológica

A condição hidrológica será controlada no vertedouro baseado na curva de descarga do projeto onde conforme a abertura das comportas tem-se a vazão no momento.

O nível de montante deverá ser monitorado com leitura da régua automatizada e/ou visual para observação de uma eventual anomalia com potencial ruptura da barragem, o que ocasiona uma descida rápida do nível sem a correspondente abertura nas comportas.

A **EMERGÊNCIA 2** que indica o rompimento da barragem poderá ocorrer em qualquer condição de escoamento, seja por piping no corpo do barramento ou por galgamento devido a falha no sistema de abertura das comportas do vertedouro. O monitoramento constante do maciço do barramento e do sistema de abertura das comportas vai garantir a tomada de decisão o mais cedo possível.

A Figura 41 apresenta os Níveis de Segurança e Risco de Ruptura da Barragem PCH Segredo.

6.2 Condição Estrutural

A boa condição estrutural do barramento se dará pelo monitoramento das estruturas conforme critérios estabelecidos no Plano de Segurança da Barragem (5062-SEG-6C-MPBA-001-00-17-PSB PCH Segredo).

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 Segredo garante a integridade da estrutura e reduzem drasticamente as possibilidades de um acidente com o rompimento da barragem.

6.2.1 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:

6.2.2 Inspeções Rotineiras(Mensais)

São aquelas que devem ser executadas por equipes qualificadas em segurança de barragens, como parte regular de suas atividades locais de operação e manutenção. A frequência dessas inspeções deverá ser mensal, definida de acordo com o recomendado no item a ser inspecionado, e podendo ser mais reduzida em função de restrições sazonais. Não gera relatórios específicos, mas apenas comunicações de eventuais anomalias detectadas. Deverão ser preenchidas as listas de verificações mensais de acompanhamento para cada estrutura civil.

6.2.3 Inspeção de Segurança Regular (Anual)

São aquelas que devem ser executadas por equipe multidisciplinar, envolvendo especialistas das áreas de Hidráulica, Geotecnia, Geologia, Estruturas e Tecnologia de Concreto. É recomendável que esta equipe não pertença ao quadro de funcionários do proprietário da Barragem, mas é imprescindível que estes acompanhem e assessorem a equipe. A frequência destas inspeções deverá ser Anual, de acordo resolução 696 ANEEL. 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, bem como os dados da instrumentação da Barragem.

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 em 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.

6.2.4 Inspeções Segurança Especial

As inspeções especiais serão realizadas quando convocada. Esta convocação normalmente será fruto de uma avaliação, por parte da equipe de engenharia de inspeção e manutenção, após uma grande enchente onde se detecte algum problema que mereça atenção especial. Depois de cheias e chuvas torrenciais, observações não usuais tais como fissuras, recalques, surgências de água e indícios de instabilidade de taludes devem ser verificadas.

6.2.5 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 7 anos conforme a classificação da barragem (B).

6.2.6 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 ações (Fluxograma 2) indica a sequência na tomada de decisões com base nos dados observados nas inspeções e no relatório das inspeções.

Caso o fluxograma de ações entrar em **EMERGÊNCIA 2** deverá seguir procedimento do Plano de Ação de Emergências, Item 6 - Caracterização dos Níveis de Segurança e Risco de Ruptura.

PCH SEGREDO - CURVA REFERENCIAL DA BARRAGEM

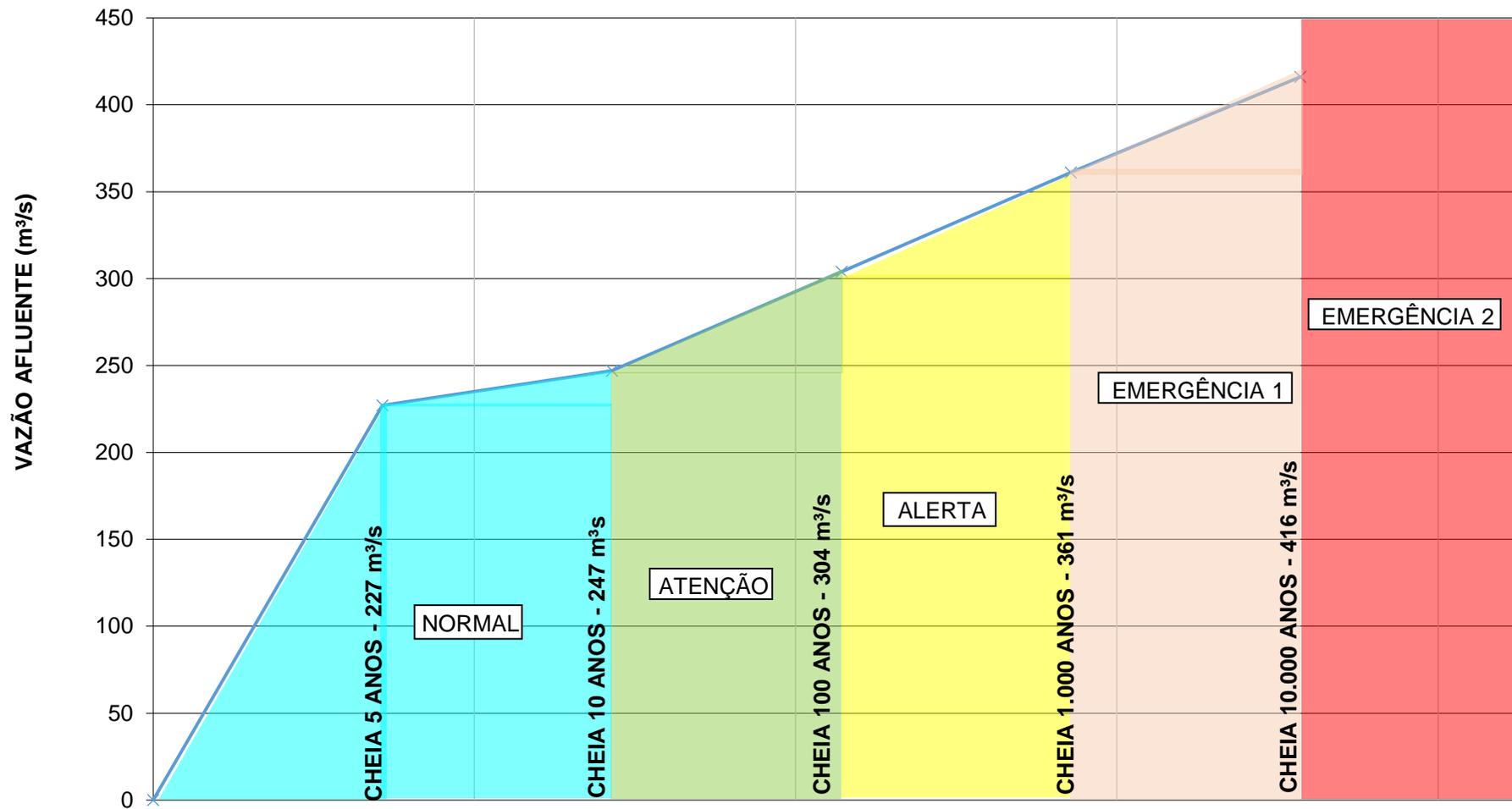


Figura 41 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura

Tabela 7 – Níveis de Segurança e risco Ruptura

Nível de Segurança	Condições e Situações
Nível Normal (azul) a) Operação normal das estruturas de descarga	a) cheia até 247 m ³ /s (TR até 10 anos) – Realizar o monitoramento das precipitações e vertimento das usinas de montante.
Nível Atenção (verde)	a) cheia de 247 até 304 m ³ /s (TR entre 10 e 100 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente possibilidade de abertura das comportas.
Nível Alerta (amarelo) b) Início Infiltração com carreamento de material acima do normal com qualquer condição hidrológica ou problema de operação nas comportas em qualquer condição de cheia	a) cheia de 304 até 361 m ³ /s (TR entre 100 e 1.000 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente e abertura comportas vertedouro; b) manutenção imediata para reduzir a infiltração ou no sistema de operação do vertedouro.
Nível Emergência 1 (Rosa) b) Infiltração sem controle ou nível do reservatório chegando na cota de coroamento da barragem com vertedouro sem condições de operação	a) cheia de 361 até 416 m ³ /s (TR entre 1.000 e 10.000 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente e aberturas comportas vertedouro; b) Infiltração sem controle com carreamento de material da barragem, abrir vertedouro de maneira a baixar o nível do reservatório ou na eminência do galgamento abrir trincheira na ombreira direita, avisar Usinas de jusante.
Nível Emergência 2 (vermelho) 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 → Retirada dos atingidos de jusante

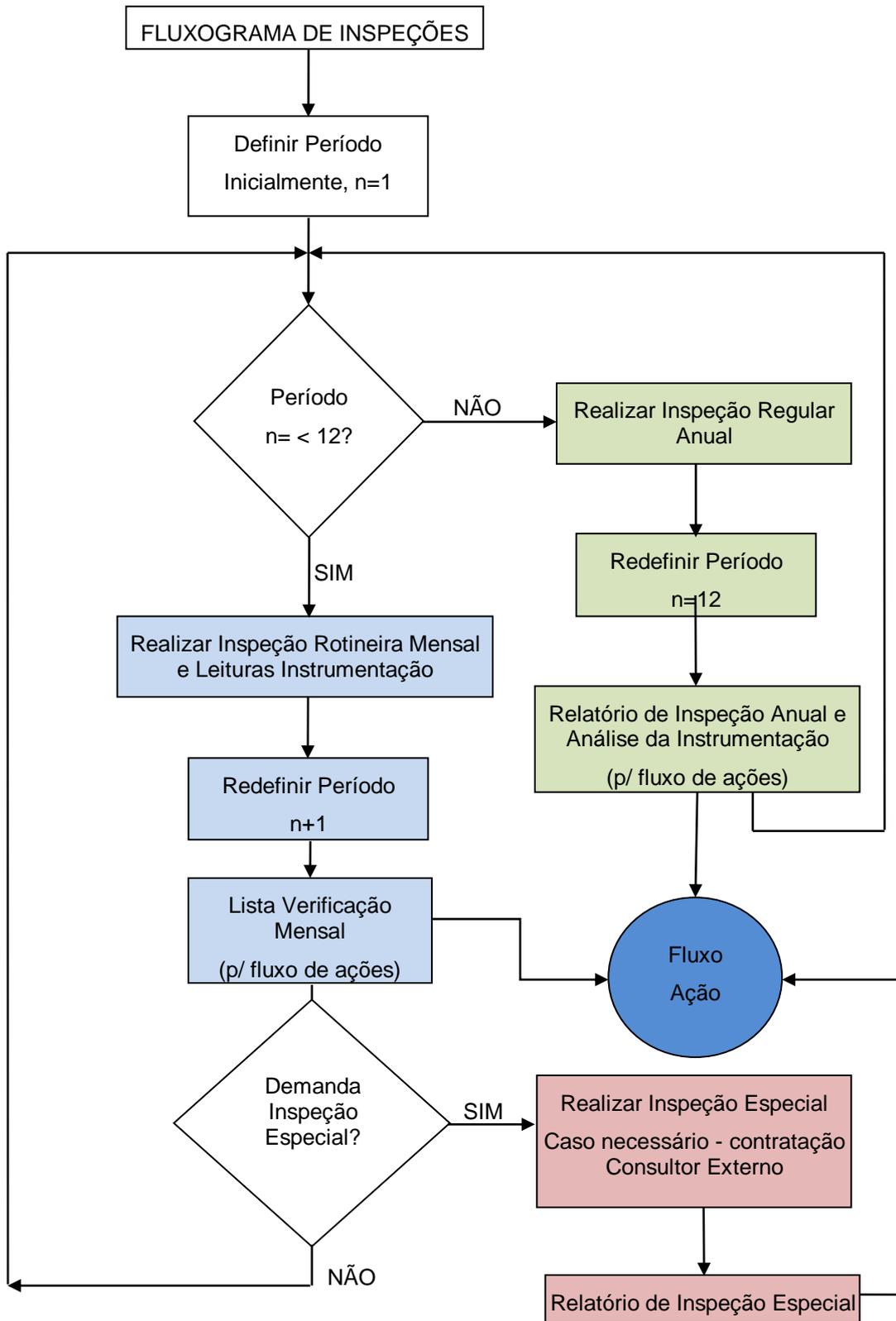
a) nível de alerta devido as condições hidrológicas;

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

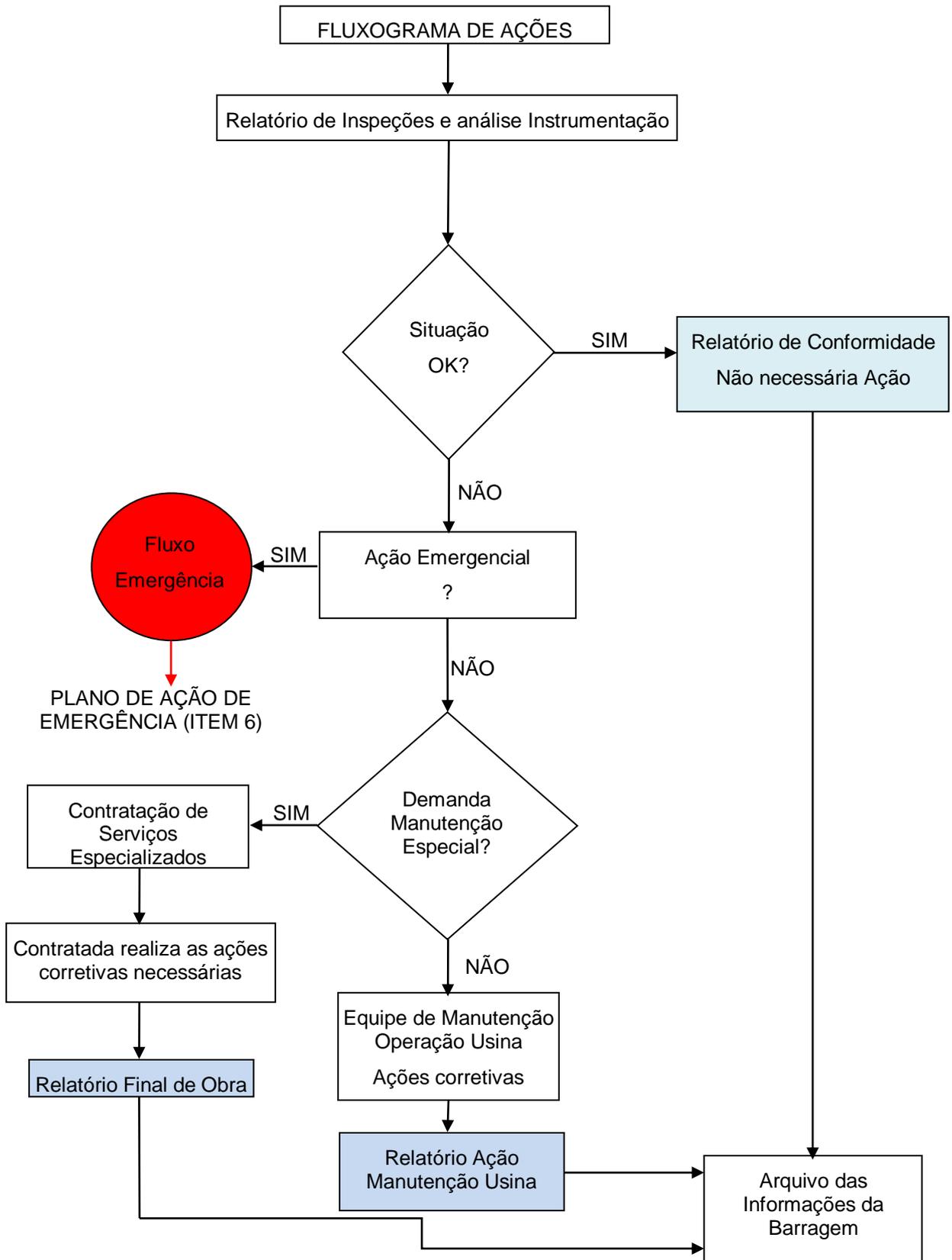
EMERGÊNCIA 2 – A ruptura do barramento pode ocorrer em qualquer condição hidrológica por piping ou em eventos extremos no caso de falha no sistema de abertura das comportas do vertedouro. O alerta aos órgãos responsáveis deve ser emitido assim que constatada a impossibilidade de reverter o problema possibilitando a retirada de todos os atingidos a jusante do barramento.

IMPORTANTE – A observação em campo de surgências de água na barragem, aumento repentino de vazão nos medidores, aumento do nível de água nos piezômetros deve ser imediatamente informado ao supervisor.

Caso a barragem esteja em risco de colapso o reservatório deve ser rebaixado ao nível mínimo possível através do vertedouro 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 Ações - manutenção das estruturas

7 RESPONSABILIDADES DE TODOS OS AGENTES ENVOLVIDOS

As possíveis consequências danosas dos aproveitamentos, das pessoas e propriedades a jusante, que ocorrerem durante ou após uma situação de emergência, não serão de responsabilidade dos encarregados desta operação, desde que sigam 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 de modo a aprimorar o Plano de Ação para Emergências (PAE).

7.1 Agente Interno – SEGREDO ENERGIA S/A

O proprietário da Usina é a SEGREDO ENERGIA S/A

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;
- Aviso as Usinas de Jusante mapeados nas condições de cheia ou em uma eventual ruptura da barragem.

O Gerente da PCH Segredo, a ser designado, será o responsável pela sua Operação. O Gerente, ou a quem este designar, na ocorrência de emergência será o responsável pelo acionamento da Defesa Civil e/ou bombeiros.

O Gerente da PCH Segredo será o responsável pela revisão deste PAE, pelos treinamentos aos operadores e todas as atividades relacionadas. Também será o contato para qualquer esclarecimento bem como verificar problemas relativos mesmo.

7.2 Agentes Externos

Os agentes externos diretos serão a Defesa Civil dos municípios Tangará da Serra e Campo Novo Parecis, prefeitura dos municípios de Sapezal e Campos de Júlio, bem como Polícia Militar e Civil e, Secretaria da Saúde destes municípios.

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;
- 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;
- Manter controle das rodovias estaduais, interditando-as ou adotando medidas de precaução naquela cuja utilização possam causar danos aos usuários.

Corpo de Bombeiros

- Difundir a nível comunitário, técnicas de primeiros socorros;

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;

7.3 Atribuições Conjuntas entre a Usina e Agentes Externos

Após o término do Plano de Ação de Emergência, deverá ser prevista uma apresentação deste 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 VI.

8 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 mesma capacidade de mobilização.

As condições de operação do reservatório serão monitoradas diretamente pela equipe da operação hidráulica da Usina, continuamente, 24h por dia, 7 dias por semana, e pela equipe do centro de operação da Amaggi Energia através de controle remoto via satélite.

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

Conforme a Figura 41 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura, do item 6 as situações serão classificadas como:

8.1 Situação normal (Azul)

Vazão Afluente < 247 m³/s, ou seja, cheias até TR=10 anos

- Observar o aumento do nível do reservatório, bem como a pluviometria da região;
- Realizar inspeção regular no barramento e nível do barramento buscando observar alguma anomalia na estrutura;
- Caso ocorra uma diminuição brusca do nível do reservatório e seja detectado vazamento na barragem, potencial ruptura da barragem, deverá ser acionado **EMERGÊNCIA 2**.

8.2 Situação atenção (Verde)

Vazão Afluente <304 m³/s, ou seja, cheias até TR= 100 anos

- Observar o aumento do nível do reservatório, bem como a pluviometria da região;
- Realizar inspeção regular no barramento e nível do barramento buscando observar alguma anomalia na estrutura que necessite reparo;

- Caso ocorra uma diminuição brusca do nível do reservatório e seja detectado vazamento na barragem, potencial ruptura da barragem, deverá ser acionado **EMERGÊNCIA 2**.

NAS SITUAÇÕES DE ATENÇÃO DEVERÃO SER AVISADOS TODOS AGENTES EXTERNOS, USINAS DE JUSANTE.

Após a condição de enchente (TR=100 anos) deverá ser realizada uma inspeção no Barramento para verificar as condições gerais da estrutura civil.

8.3 Situação de alerta (Amarelo)

Vazão Afluente 304 a 361m³/s, ou seja, cheias entre TR= 100 anos e TR= 1.000 anos

Observar o aumento do nível do reservatório, bem como a pluviometria da região.

Quando uma situação de perigo está em desenvolvimento definir se as medidas pré-planejadas podem prevenir ou minimizar uma falha, caso negativo seguir medidas da situação irreversível.

Identificação das situações de perigo:

- Aumento do Nível do reservatório e possível aumento da pluviometria;
- Brecha na barragem de Concreto ou solo (percolação de água pela barragem);
- Caso ocorra uma diminuição brusca do nível do reservatório e seja detectado vazamento na barragem em solo, potencial ruptura da barragem, deverá ser acionado **EMERGÊNCIA 2**.

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

Após a condição de enchente (TR=1.000 anos) deverá ser realizada uma inspeção no Barramento para verificar as condições gerais da estrutura civil.

8.4 Situação de emergência 1 (Rosa)

Vazão Afluente >361 e <416 m³/s, ou seja, cheias entre TR= 1.000 anos e TR= 10.000 anos

- Quando o nível do reservatório se encontra acima 380,40 m;

- Caso ocorra uma diminuição brusca do nível do reservatório e seja detectado vazamento na barragem, potencial ruptura da barragem, deverá ser acionado **EMERGÊNCIA 2**.

NAS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA 1 DEVERÃO SER AVISADOS E RETIRADOS TODOS OS ATINGIDOS DE JUSANTE BUSCANDO A SEGURANÇA DESTES. A RETIRADA DOS ATINGIDOS SE DARÁ PELOS AGENTES EXTERNOS (DEFESA CIVIL, POLÍCIA MILITAR, ETC)

Após a condição de enchente (TR=10.000 anos) deverá ser realizada uma inspeção no Barramento para verificar as condições gerais da estrutura civil.

O gerente regional de operação deverá utilizar os dados do item 6, buscando avaliar a emergência a acontecer.

8.5 Situação de emergência 2 (Vermelha)

Vazão Afluyente >416 m³/s, ou seja, cheias maiores que TR= 10.000 anos ou problema estrutural com risco de rompimento

a) Irreversível

- Quando uma falha nas estruturas é inevitável ou já ocorreu.

Nesta situação a operadora deverá comunicar a defesa civil para a retirada da população atingida de jusante. Importante a comunicação da usina com usinas de jusante. No caso da PCH Segredo devem ser comunicados as Usinas da tabela que se encontra no desenho de Fluxograma de Acionamento.

b) Reversível

- Quando uma situação de perigo está em desenvolvimento, com aumento do nível do reservatório, porém a pluviometria está baixando, logo pode-se prevenir ou minimizar uma falha, caso negativo seguir medidas da situação “a) Irreversíveis”.

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

O gerente regional de operação deverá utilizar os dados do item 6, buscando avaliar a emergência a acontecer.

9 ACESSOS, MAPAS DE ÁREAS SUJEITAS A INUNDAÇÕES POTENCIAIS

O estudo das áreas de risco de desastre permitiu a elaboração de 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 desastres.

Os mapas de inundação foram elaborados com a utilização de restituição base SRTM na região mais próxima a usina, podendo ocorrer um erro nas elevações. Logo como sistema de prevenção as Usinas de Jusante os mesmos devem ser avisados a partir de cheias de 1.000 anos para evacuação da área ou em uma eventual ruptura da barragem.

Em uma eventual emergência o reservatório da PCH Segredo, bem como os reservatórios de jusante deverão ser deplecionados cerca de 8 horas ou mais, de modo amortecer a onda de inundação caso ocorra rompimento da Barragem.

9.1 Acessos

Foram atingidos acessos de jusante da barragem na margem esquerda e direita somente com ruptura da barragem Segredo.

9.2 Propriedades Atingidas

As Usinas de Jusante, PCH Ilha Comprida, Parecis, Rondon e Telegráfica foram atingidas somente com ruptura da Barragem de Segredo.

Os mapas de inundação foram obtidos nas seguintes simulações:

- 5062-SEG-6C-DESB-002 - Condição Natural e Dam Break – TR=100 anos;
- 5062-SEG-6C-DESB-003 - Condição Natural e Dam Break – TR=10.000 anos;

Estes mapas estão apresentados no Anexo IV.

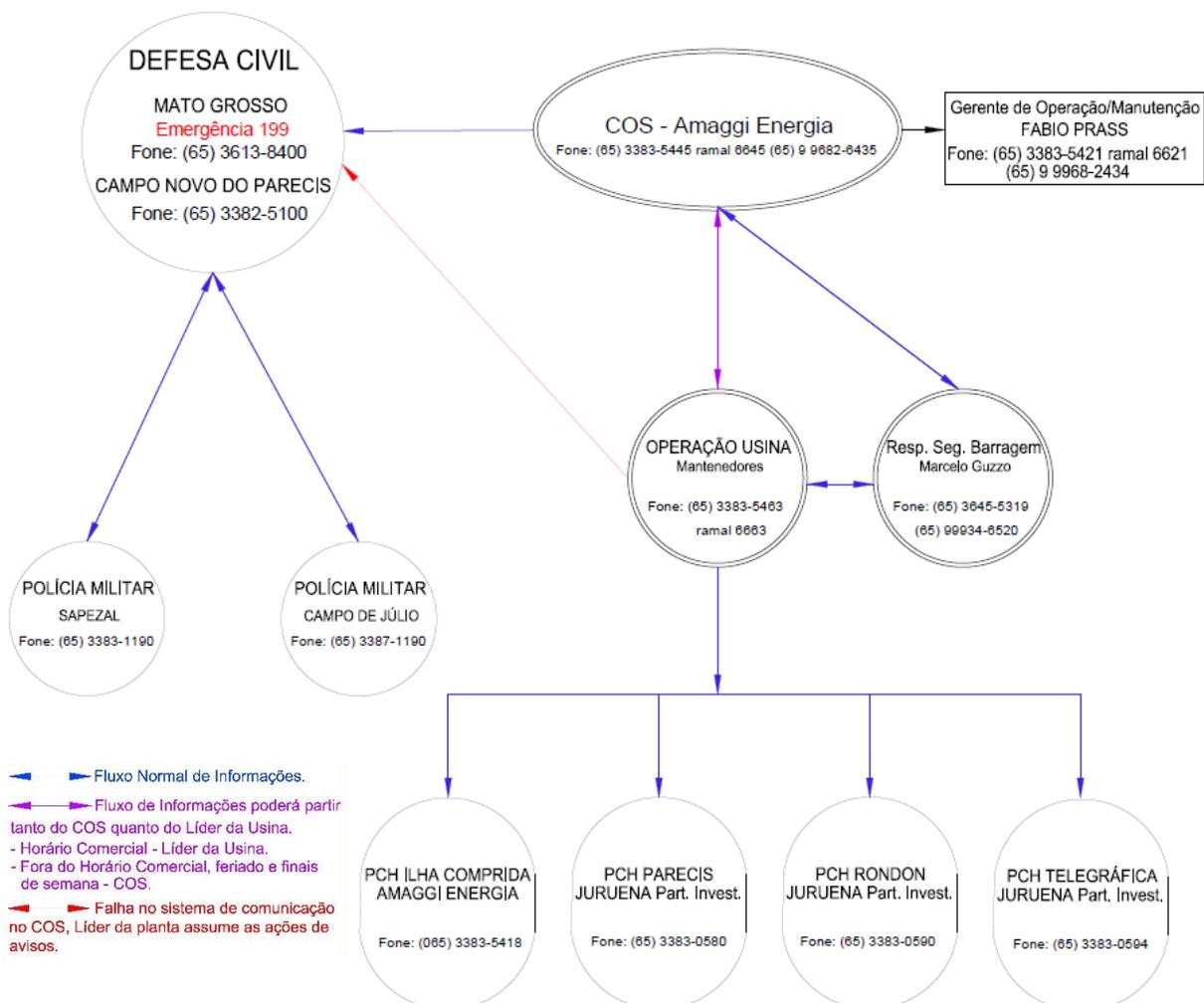
10 FLUXO DE INFORMAÇÃO E ACIONAMENTO

10.1 Meios de Comunicação

O acionamento de emergências será realizado através de telefone com Usinas de Jusante e com a Defesa Civil do município Campo Novo Parecis, Polícia Militar de Sapezal e Campos de Júlio e Prefeituras de Sapezal e Campos de Júlio (municípios atingidos).

10.2 Acionamento em Caso de Emergências

O acionamento em caso de emergência dos agentes envolvidos se dará pelo Fluxograma 3, mostra a sequência de tramitação das informações. Este fluxograma apresenta o responsável pelo acionamento, Centro de Operação – Amaggi Energia e SEGREDO ENERGIA S/A, e os agentes externos envolvidos, Usinas Jusante, Defesa Civil do município Campo Novo Parecis, Polícia Militar de Sapezal e Campos de Júlio e Prefeituras de Sapezal e Campos de Júlio (municípios atingidos).



Fluxograma 3 – Acionamento emergências

Este fluxograma está apresentado no Anexo V e deverá ficar na Usina em local de fácil visualização em caso de emergência.

Este fluxograma deverá ser acionado nas seguintes hipóteses:

- Cheias ocorridas acima do **tempo de recorrência de 1.000 anos**, ou seja, vazão afluente maior que 361 m³/s e **Nível da Barragem > 380,40 m**, juntamente com aumento da Pluviometria na região. Nesta condição os proprietários atingidos deverão ser avisados para evacuação da área de risco.
- Vazamento na Barragem sem controle ou rompimento.

11 PROPOSTA PARA REVISÃO DO PAE

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.

Também deverá ser avaliada a segurança da Barragem considerando o atual estado da arte para os critérios de projeto, atualizando dados hidrológicos e as alterações das condições a montante e a jusante. A equipe deverá desenvolver um estudo dos documentos do projeto e da documentação disponível, além de efetuar uma inspeção visual da Barragem e das estruturas com diagnóstico e avaliação do problema, indicando recomendações a serem efetuadas para garantir a sua integridade.

Recomenda-se na próxima revisão do Plano realizar novos levantamentos cartográficos/topográficos de modo a melhorar a precisão dos dados e dos mapas obtidos de inundação.

Recomenda-se simulação da onda de cheia com os dados dos novos levantamentos topográficos bem como com o hidrograma de cheia atualizado. Após este deverão ser atualizados os mapas de inundação e analisados os locais atingidos.

Recomenda-se após a condição de enchente maiores que TR=100 anos deverá ser realizada uma inspeção no Barramento para verificar as condições gerais da estrutura civil.

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. Esta revisão deverá ser realizada de 7 em 7 anos devido ao fato da Barragem ter sido classificada como Classe B - Categoria de Risco - Baixo e Dano Potencial Associado - Alto.

12 EQUIPE TÉCNICA

Nome	Formação	Função
Patrícia Becker	Engenharia Civil	Estruturas – Segurança de Barragem
Rodolfo Dornelas	Engenharia Civil	Hidráulica – Segurança de Barragens
Rodrigo Kern	Engenharia Sanitária e Ambiental	Hidrologia - Segurança de Barragem

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

13 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.

ANEEL - Resolução Normativa Nº 696, de 15 Dezembro de 2015.

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: <<http://www.prpb.mpf.gov.br/>>. Acesso em 23/09/2008.

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.

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.

14 ANEXOS

Anexo I – Área Resguardada e Acessos

Anexo II – Hidrograma de Cheias

Anexo III – Seções restituição

Anexo IV – Mapas de Inundação – Condição Natural e com Rompimento

Anexo V – Fluxograma de Acionamento

Anexo VI – Apresentação do Plano de Ação de Emergências

Anexo VII - ARTs

ANEXO I – ÁREA A SER RESGUARDADA E ACESSOS

ANEXO II – HIDROGRAMA DE CHEIAS

ANEXO III – SEÇÕES RESTITUIÇÃO

**ANEXO IV – MAPAS DE INUNDAÇÃO – CONDIÇÃO NATURAL E COM
ROMPIMENTO**

ANEXO V – FLUXOGRAMA DE ACIONAMENTO

ANEXO VI – APRESENTAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS

ANEXO VII - ARTS