


Ver./Rev.	Description / Descrição	Date/Data	Exec./Exec.	Ver./Ver.	Appr./Apr.
04	Revisão da estrutura organizacional e fluxo de informação	13/04/2023	ABA	ABA	MWJ
03	Revisão na estrutura organizacional e Fluxo de informação	14/10/2020	AKO	JDS	JDS
02	Edição da Estrutura Organizacional	26/05/2019	JDS	JDS	JDS
01	Adicionado revisão da Estrutura Organizacional	29/04/2019	MCM	MCM	MCM
00	Revisado Conforme Comentários Statkraft 04/01/19	20/01/2019	PBE/HYV	HYV	HYV
0A	Emissão Inicial	13/12/2018	PBE/HYV	HYV	HYV
Ver./Rev.	Description / Descrição	Date/Data	Exec./Exec.	Ver./Ver.	Appr./Apr.

 Statkraft	Statkraft Energias Renováveis S/A	
	<p>Project / Projeto: UHE MONJOLINHO – SEGURANÇA DE BARRAGENS</p> <p>Doc. Type / Tipo de Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO</p>	
	<p>Format / Formato: A4</p>	<p>Dimension / Dimensão: -</p>
<p>TAG/Código: MON-BA-3C-PAE-0001</p>	<p>Ver./Rev.: 03</p>	<p>Page / Folha: 01</p>
<p>Title/Título: PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS</p>	<p>Pp./Fls.: 140</p>	



Statkraft

PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS UHE MONJOLINHO



PROSENGE
projetos e engenharia

Patricia Becker

Diretor Presidente:

Fernando De Lapuerta Montoya

Statkraft Energias Renováveis S/A

Responsável Segurança Barragem:

Vito Mandilovich

Statkraft Energias Renováveis S/A

Responsável elaboração PAE:

Patrícia Becker

Eng. Civil - CREA SC 044.186-9

MON-BA-3C-PAE-0001-02 – VOLUME I

FEVEREIRO/2019

3.2.1	Barragem.....	11
3.2.2	Vertedouro.....	12
3.2.3	Circuito Hidráulico de Adução.....	14
4.1.1	Risco Hidrológico.....	26
4.1.2	Risco de Colapso Estrutural - Barragem de Enrocamento com face de concreto.....	26
4.2.1	Classificação das Situações.....	30
5.1.1	Geografia da Região e Geometria do Rio.....	31
5.1.2	Tipo e Geometria da Barragem.....	32
5.1.3	Causas de Rompimento.....	32
5.1.4	Formação da Brecha.....	34
5.1.5	Trecho do Cálculo.....	37
5.1.6	Modelagem Matemática.....	38
5.1.7	Identificação das áreas atingidas.....	39
5.1.8	Apresentação dos valores de altura ao longo do tempo.....	39
5.1.9	Comparativo de altura x velocidade.....	40
5.2.1	Trecho da análise.....	42
5.2.2	Geografia da região e geometria do rio.....	42
5.2.3	Geometria da barragem.....	44
5.2.4	Definição do Hidrograma de Cheias.....	44
5.2.5	Calibração do modelo matemático.....	58
5.3.1	Dados utilizados para formação da brecha.....	61
5.4.1	Resultados Básicos Simulação 1.....	62
5.4.2	Resultados Básicos Simulação 2.....	63
5.7.1	SL-189 – Casa de Força Monjolinho.....	80
5.7.2	SL-182/180 – Propriedades.....	81
5.7.3	SL-174/173/172 – Propriedades.....	82
5.7.4	SL-168 – Propriedades.....	84
5.7.5	SL-153 – Propriedades.....	85

5.7.6	SL-150/149 – Propriedades	86
5.7.7	SL-139 – Propriedades	88
5.7.8	SL-136/135 – Ponte e propriedades	89
5.7.9	SL-127/125 – Ponte e Propriedades	90
5.7.10	SL-122/119 – Propriedades	92
5.7.11	SL-105 – Propriedades	93
5.7.12	SL-98 – Propriedades	94
5.7.13	SL-63 – Propriedades	95
5.7.14	SL-56 – Propriedades	96
5.7.15	Resumo Geral das Seções de Interesse	97
6.2.1	Outros Órgãos	102
7.2.1	Monitoramento das Estruturas	104
7.2.2	Revisão Periódica de Segurança	105
7.2.3	Tramitação das Informações	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização e acessos rodoviários.....	9
Figura 2 – Estrada que liga a UHE Monjolinho à Nonoai e à Faxinalzinho.....	10
Figura 3 – Aproveitamentos Hidrelétricos nos rios Passo Fundo e Uruguai – Planta e Perfil.....	11
Figura 4 – Vista de jusante em 3D da barragem e escavação da Casa de Força.....	12
Figura 5 – Curva de Descarga – Vertedouro 1.....	13
Figura 6 – Curva de Descarga – Vertedouro 2.....	13
Figura 7 – Foto das estruturas civis – UHE Monjolinho.....	17
Figura 8 – Vista Geral Montante– UHE Monjolinho.....	18
Figura 9 – Arranjo Geral.....	19
Figura 10 – Barragem – Planta Geral.....	20
Figura 11 – Barragem – Seções.....	21
Figura 12 – Vertedouros – Arranjo Geral.....	22
Figura 13 – Vertedouros – Arranjo Geral.....	23
Figura 14 – Circuito – Seções.....	24
Figura 15 – Casa de Força – Seção.....	25
Figura 16 – Vista Geral da Barragem.....	29
Figura 17 – Formação de brecha por galgamento.....	32
Figura 18 – Formação da brecha por infiltração.....	33
Figura 19 – Brechas resultantes de falhas nas fundações.....	34
Figura 20 – Tamanhos e tempo para formação da brecha.....	35
Figura 21 – Tempo de formação da brecha.....	36
Figura 22 – Nível de perigo relacionado a residências.....	40
Figura 23 – Nível de perigo relacionado a veículos de passageiros.....	41
Figura 24 – Nível de perigo relacionado a adultos.....	41
Figura 25 – Nível de perigo relacionado a crianças.....	41
Figura 26 – Seções lançadas no Hec-Ras.....	59
Figura 27 – Perfil do Rio Passo Fundo com Barramento.....	60
Figura 28 – Dados do Barramento – Hec-Ras.....	61
Figura 29 – Legenda dos Cotagramas.....	79
Figura 30 – Localização Casa de Força Monjolinho - SL-189.....	80
Figura 31 – Cotograma - - SL-189 – Casa de Força Monjolinho.....	80
Figura 32 – Localização propriedades - SL-182/180.....	81
Figura 33 – Cotograma - SL-182 – Propriedades.....	81
Figura 34 – Cotograma - SL-180 – Propriedades.....	82
Figura 35 – Localização propriedades - SL-174/173/172.....	82
Figura 36 – Cotograma - SL-174 – Propriedades.....	83
Figura 37 – Cotograma - SL-173 – Propriedades.....	83
Figura 38 – Cotograma - SL-172 – Propriedades.....	84
Figura 39 – Localização propriedades - SL-168.....	84
Figura 40 – Cotograma - SL-168– Propriedades.....	85
Figura 41 – Localização propriedades - SL-153.....	85
Figura 42 – Cotograma - SL-153 – Propriedades.....	86
Figura 43 – Localização propriedades - SL-150/149.....	86
Figura 44 – Cotograma - SL-150 – Propriedades.....	87
Figura 45 – Cotograma - SL-149 – Propriedades.....	87
Figura 46 – Localização Propriedades - SL-139.....	88
Figura 47 – Cotograma - SL-139 – Propriedades.....	88
Figura 48 – Localização Propriedades - SL-136/135.....	89
Figura 49 – Cotograma - SL-136 – Ponte.....	89
Figura 50 – Cotograma - SL-135 – Propriedades.....	90
Figura 51 – Localização Propriedades - SL-127/125.....	90
Figura 52 – Cotograma - SL-127 – Ponte.....	91
Figura 53 – Cotograma - SL-125 – Propriedades.....	91
Figura 54 – Localização Propriedades - SL-122/119.....	92
Figura 55 – Cotograma - SL-122 – Propriedades.....	92
Figura 56 – Cotograma - SL-119 – Propriedades.....	93
Figura 57 – Localização Propriedades - SL-105.....	93
Figura 58 – Cotograma - SL-105 – Propriedades.....	94
Figura 59 – Localização Propriedades - SL-98.....	94
Figura 60 – Cotograma - SL-98 – Propriedades.....	95

Figura 61 – Localização Propriedades - SL-63	95
Figura 62 – Cotograma - SL-63 – Propriedades	96
Figura 63 – Localização Propriedades - SL-56	96
Figura 64 – Cotograma - SL-56 – Propriedades	97
Figura 65 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura	106

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Distâncias rodoviárias entre Nonoai e as principais cidades próximas	9
Tabela 2 – Risco de Ocorrência do evento de Projeto com Tempo de Retorno TR (%)	26
Tabela 3 – Fontes da geometria do rio (Anexo I – Dados)	43
Tabela 4 – Fontes da geometria da Barragem (Anexo I - Dados)	44
Tabela 5 – Vazões Máximas Anuais obtidas da equipe de Operação.....	44
Tabela 6 – Vazões Máximas Mensais	45
Tabela 7 – Meses de Ocorrência das Máximas Cheias Anuais	46
Tabela 8 – Vazões Máximas para diversos Tempos de Recorrência (TR).....	47
Tabela 9 – Vazões Máximas Instantâneas para diferentes TR	47
Tabela 10 – 18 maiores cheias no local da UHE Monjolinho	48
Tabela 11 – Desenvolvimento das vazões ao longo do período do hidrograma	49
Tabela 12 – Distribuição adimensional de vazões	49
Tabela 13 – Hidrograma de Cheias UHE Monjolinho	50
Tabela 14 – Hidrogramas para UHE Monjolinho.....	62
Tabela 15 – Dados dos níveis nas estruturas da UHE Monjolinho sem rompimento da Barragem	62
Tabela 16 – Dados dos níveis nas estruturas da UHE Monjolinho com rompimento da Barragem	63
Tabela 17 – Níveis na Casa de Força e Ponte – Natural e com rompimento Barragem Monjolinho	63
Tabela 18 – Resultados Obtidos- natural e com Dam Break - Rompimento da UHE Monjolinho	65
Tabela 19 – Localização das Seções de Interesse	78
Tabela 20 – Detalhe das simulações - SL-189 – Casa de Força Monjolinho	80
Tabela 21 – Detalhe das simulações - SL-182 – Propriedades	81
Tabela 22 – Detalhe das simulações - SL-180 – Propriedades	82
Tabela 23 – Detalhe das simulações - SL-174 – Propriedades	83
Tabela 24 – Detalhe das simulações - SL-173 – Propriedades	83
Tabela 25 – Detalhe das simulações - SL-172 – Propriedades	84
Tabela 26 – Detalhe das simulações - SL-168– Propriedades	85
Tabela 27 – Detalhe das simulações - SL-153 – Propriedades	86
Tabela 28 – Detalhe das simulações - SL-150 – Propriedades	87
Tabela 29 – Detalhe das simulações - SL-149 – Propriedades	87
Tabela 30 – Detalhe das simulações - SL-139 – Propriedades	88
Tabela 31 – Detalhe das simulações - SL-136 – Ponte	89
Tabela 32 – Detalhe das simulações - SL-135 – Propriedades	90
Tabela 33 – Detalhe das simulações - SL-127 – Ponte	91
Tabela 34 – Detalhe das simulações - SL-125 – Propriedades	91
Tabela 35 – Detalhe das simulações - SL-122 – Propriedades	92
Tabela 36 – Detalhe das simulações - SL-119 – Propriedades	93
Tabela 37 – Detalhe das simulações - SL-105 – Propriedades	94
Tabela 38 – Detalhe das simulações - SL-98 – Propriedades	95
Tabela 39 – Detalhe das simulações - SL-63 – Propriedades	96
Tabela 40 – Detalhe das simulações - SL-56 – Propriedades	97
Tabela 41 – Tempo de chegada da onda e níveis de água em cada seção	98
Tabela 42 – Órgãos Federais que possuem atribuições em casos de desastres	101
Tabela 43 – Órgãos do Estado do Rio Grande do Sul que possuem atribuições em casos de desastres	101
Tabela 44 – Órgãos Municipais que possuem atribuições em casos de desastres	102
Tabela 45 – Níveis de Segurança e risco Ruptura.....	107
Tabela 46 – Níveis de Água e Tempo de chegada do pico da onda em cada seção inundada a Jusante da UHE Monjolinho	119
Tabela 47 – Características das infraestruturas/edificações localizadas na ZAS da barragem	120
Tabela 48 – Entidades que recebem Cópia PAE	128

1 INTRODUÇÃO

O presente relatório contempla o Plano de Ação de Emergências da UHE Monjolinho, no rio Passo Fundo, pertencente à **STATKRAFT**, localizada no estado do Rio Grande do Sul.

Visa atender a Política Nacional de Segurança de Barragens – Lei Federal nº 12.334/2010, a Resolução Normativa – ANEEL - Nº 696/2015 e os procedimentos internos da Statkraft (Statkraft Dam Safety Principals (doc 17-1185 / 17-1186).

O presente Plano de Ação de Emergências (PAE) atende 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 UHE Monjolinho foi classificada como Barragem 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 Inspeção Civil Regular, no dia 22/08/2018, por uma equipe técnica multidisciplinar, com o objetivo de verificar todas as estruturas civis da usina, e percorrer o trecho de jusante do barramento para identificação dos pontos de risco. Da visita resultou o Relatório de Inspeção Civil MON-BA-3C-ISR-0001 – UHE Monjolinho.

2 HISTÓRICO

Em novembro de 2008 a empresa FLOW ENGENHARIA, através do documento MANUAL: **1003-08-3H-RT-0002-08**, elaborou o Plano de Ação de Emergências, o qual será revisado e substituído pelo documento em questão.

2.1 Objetivo

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

Após a classificação da barragem UHE Monjolinho, verificou-se a necessidade de elaboração do Plano de Segurança da Barragem, pois a categoria de risco Baixo e dano potencial Alto resultou em uma barragem **Classe B**, e conseqüentemente se fez necessário a elaboração do Plano de Ação de Emergências (PAE), documento em questão.

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

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

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

2.2 Organização do Relatório

O estudo está dividido segundo a seguinte estrutura:

Volume I – Texto

- Cap.1 – Introdução
- Cap.2 – Histórico
- Cap.3 – Informações Gerais da Barragem
- Cap.4 – Detecção, Avaliação e Classificação das Situações de Emergência

- Cap.5 – Estudo do Rompimento da Barragem
- Cap.6 – Agências e Entidades Envolvidas
- Cap.7 – Caracterização dos Níveis de Segurança e Risco de Ruptura
- Cap.8 – Responsabilidades de todos os Agentes Envolvidos
- Cap.9 – Programa de Ações Preventivas, tão logo Identificadas Situações Emergências
- Cap.10 – Acessos, Mapas de Áreas Sujeitas a Inundações Potenciais
- Cap.11 – Fluxo de Informação e Acionamento
- Cap.12 – Formulários de declaração de início da emergência, de declaração de encerramento da emergência e de mensagem de notificação
- Cap.13 – Relação das entidades públicas e privadas que receberam cópia do PAE com os respectivos protocolos de recebimento
- Cap.14 – Conclusões e Recomendações
- Cap.15 – Equipe Técnica
- Cap.16 – Bibliografia
- Cap.17 – Anexos
- Anexo I – Dados (somente digital)
- Anexo II – Modelo (somente digital)
- Anexo III – Apresentação PAE
- Anexo IV – Manual de Segurança e Contingência
- Anexo V – Formulários
- Anexo VI – ART's

Volume II – Desenhos

- Anexo I – Área Resguardada e Acessos
- Anexo II – Seções Restituição
- Anexo III – Mapas de Inundação
- Anexo IV – Zona de Autossalvamento
- Anexo V – Fluxograma de Acionamento

3 INFORMAÇÕES GERAIS DA BARRAGEM

3.1 Localização e Acesso

A UHE Monjolinho, com potência instalada de 74 MW, está implantada ao longo do curso do rio Passo Fundo, entre os municípios de Nonoai e Faxinalzinho, no estado do Rio Grande do Sul, nas coordenadas 27° 20' 44" de latitude sul e 52° 43' 52" de longitude oeste, aproximadamente 26 km a jusante da UHE Passo Fundo e a cerca de 13 km da sua foz em seu encontro com o rio Uruguai na divisa entre RS e SC.

O aproveitamento hidrelétrico encontra-se na porção intermediária do rio Passo Fundo, sendo a usina a montante a UHE Passo Fundo e usina a jusante já no rio Uruguai a UHE Foz do Chapecó encontram-se materializadas e em operação. A Tabela 1 apresenta as distâncias rodoviárias entre Nonoai e as principais cidades próximas e a capital do estado, Porto Alegre.

Tabela 1 – Distâncias rodoviárias entre Nonoai e as principais cidades próximas

Cidade	Distância
Porto Alegre	409 km
Passo Fundo	138 km
Chapecó	45 km
Erechim	94 km

A Figura 1 apresenta o mapa de localização da UHE Monjolinho indicando os acessos rodoviários.

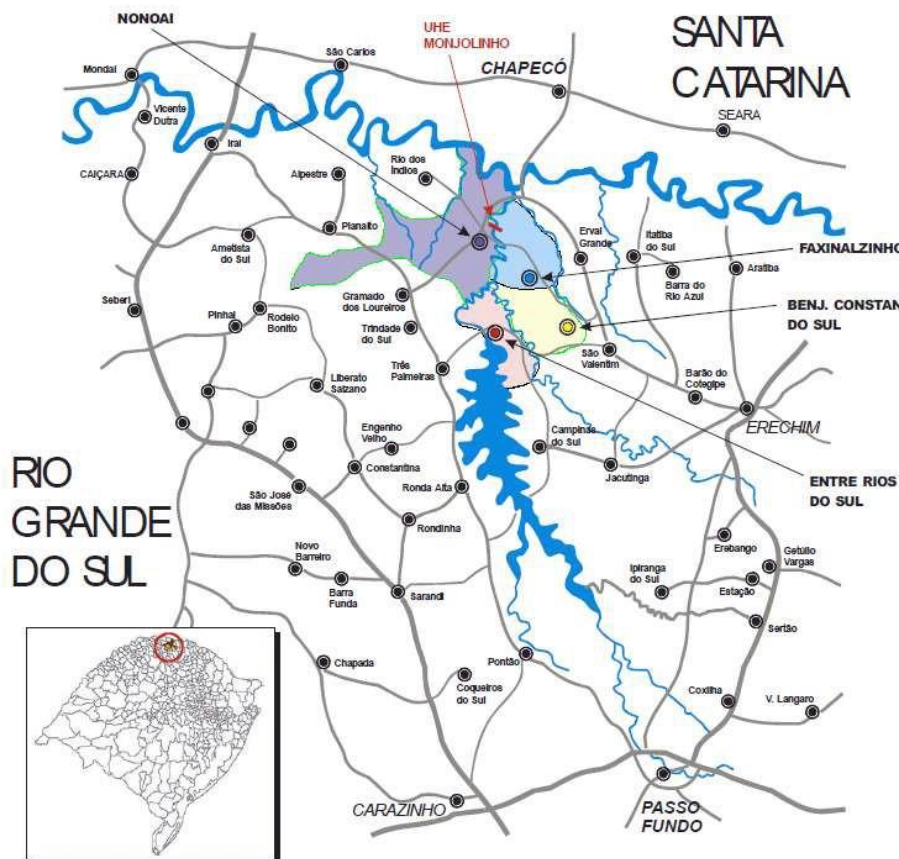


Figura 1 – Mapa de localização e acessos rodoviários

A Figura 2 apresenta a estrada que liga a UHE Monjolinho à Nonoai e à Faxinalzinho, sendo que ela passa por cima da barragem.



Figura 2 – Estrada que liga a UHE Monjolinho à Nonoai e à Faxinalzinho

Os perfis dos rios Passo Fundo e Uruguai são apresentados na Figura 3 indicando os aproveitamentos hidrelétricos existentes nos rios em planta e perfil. Todos os empreendimentos indicados nos desenhos já foram construídos e estão em operação.

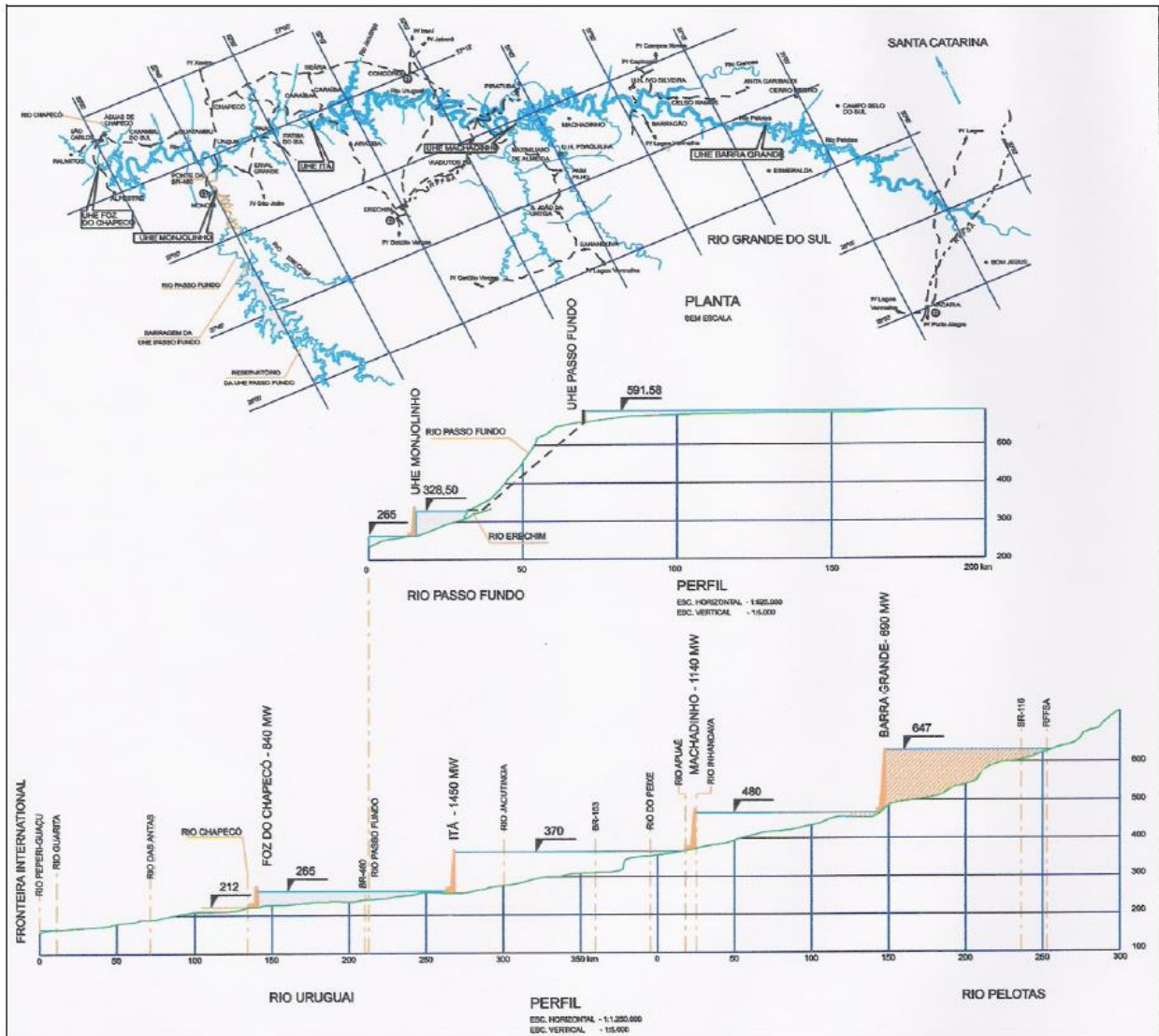


Figura 3 – Aproveitamentos Hidrelétricos nos rios Passo Fundo e Uruguai – Planta e Perfil

Fonte: 1003-08-3H-RT-0002-A – Plano de Ação de Emergências - Flow Engenharia

3.2 Estruturas da Usina

A Usina entrou em operação em 2009 e possui todos os documentos de projeto como construído. O arranjo geral da Usina é composto das estruturas conforme detalhadas abaixo.

3.2.1 Barragem

A barragem é constituída por um maciço de enrocamento compactado com face de concreto. Possui 74 m de altura e crista com 420 m de comprimento.

Sua cota de proteção está na El. 334,00 m (mureta de proteção – projeto *as built*). Os taludes do aterro são de 1V:1,25H a montante e 1V:1,2H a jusante.

A Figura 4 apresenta uma vista de jusante em 3D da barragem e da escavação da casa de força próxima à base da barragem na margem esquerda. Esse desenho foi obtido no projeto *as built* da usina Monjolinho.

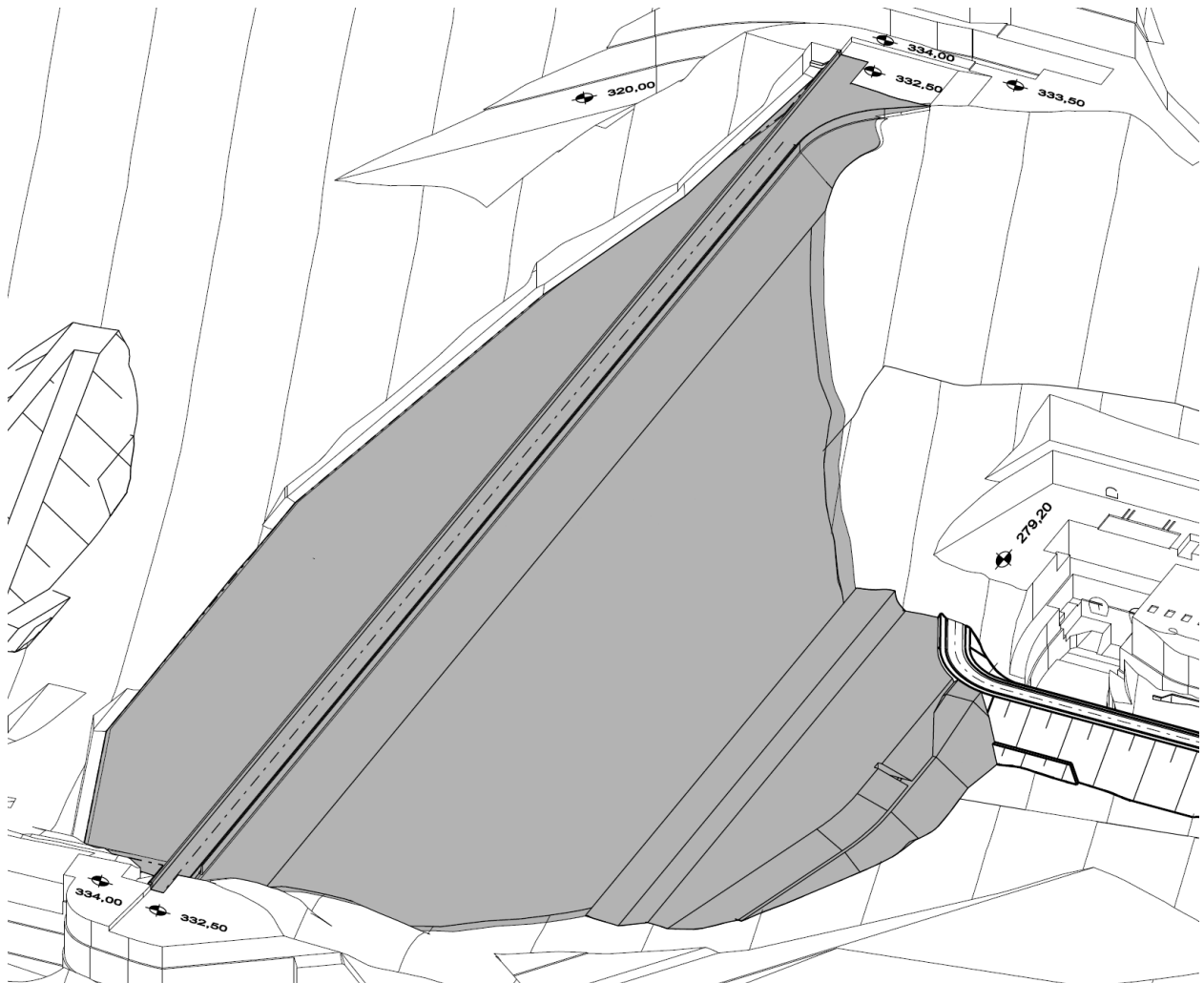


Figura 4 – Vista de jusante em 3D da barragem e escavação da Casa de Força

A barragem tem um zoneamento clássico, com cerca de um terço da seção compactada em camadas de 0,8 m de espessura (zona 3A/B) e os dois terços de jusante em camadas de 1,6 m (zona 3C/D). A laje de impermeabilização da barragem tem espessura variando de 0,46 m junto ao plinto até 0,3 m na elevação 330,50 m e armadura com taxa média de aço de 70 kg/m³.

3.2.2 Vertedouro

O sistema extravasor da UHE Monjolinho é composto de duas estruturas.

O Vertedouro 1, do tipo soleira livre, sem comportas, disposto lateralmente na margem direita, com a crista na EI. 328,50 m, comprimento total de 290 m e capacidade de vazão de 6.563 m³/s (TR=10.000 anos), de acordo com revisão periódica MON-BA-3C-RPS-0001, que descarrega em uma bacia controlada pela outra estrutura de extravasão da barragem, o Vertedouro 2.

Este segundo vertedouro também é sem controle, com cota da soleira na EI. 305,00 e com trecho inicial revestido em concreto no fundo e nas laterais. Em seu trecho final, até a restituição ao leito natural do rio, o Vertedouro 2 não apresenta revestimento de concreto na região da calha e da bacia de dissipação.

Abaixo estão apresentadas as curvas de descarga dos vertedouros.

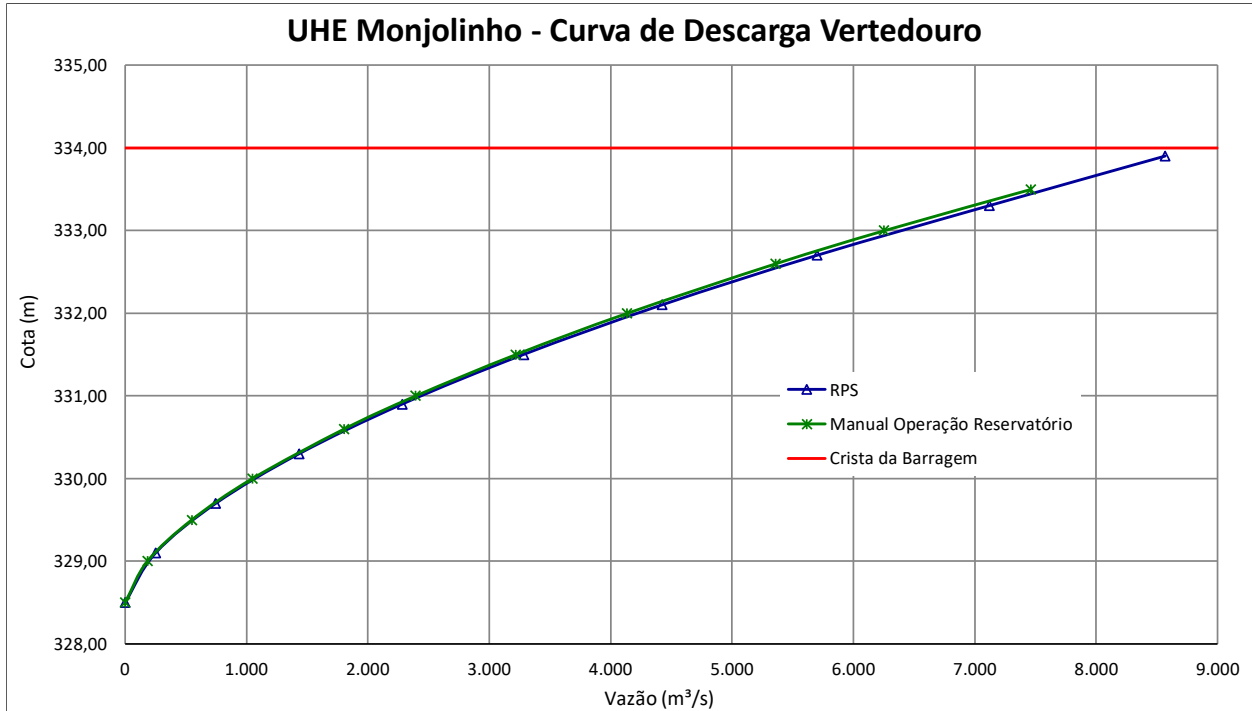


Figura 5 – Curva de Descarga – Vertedouro 1

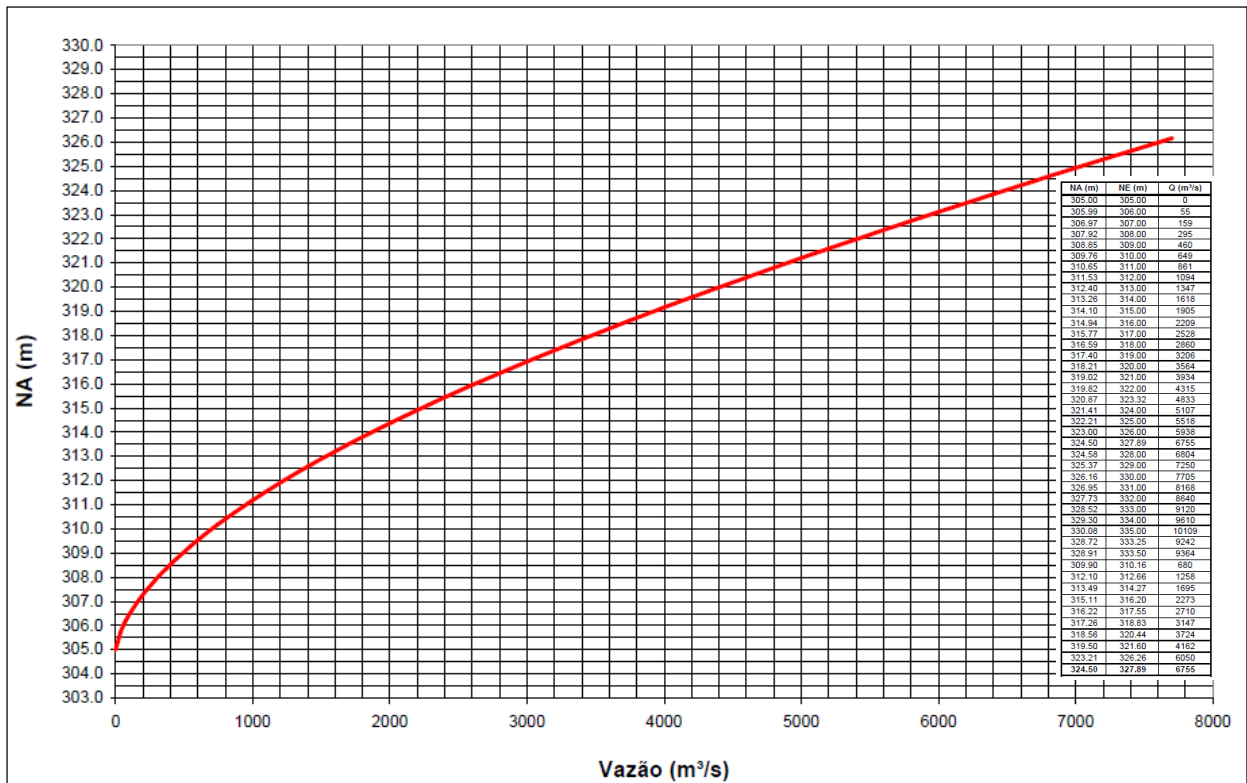


Figura 6 – Curva de Descarga – Vertedouro 2

Fonte: 8781-VT-3H-MC-0001-1 - Dimensionamento Hidráulico dos Vertedouros 1 e 2 - Engevix

3.2.3 Circuito Hidráulico de Adução

O circuito hidráulico de adução e geração, localizado na margem esquerda, é composto de um canal de adução com 150 m de comprimento a montante da tomada de água, estrutura da tomada de água em concreto tipo gravidade, dois túneis forçados de 4,20 m de diâmetro e comprimento médio de 110 m revestido em concreto e blindado em aço nos 42 m finais, chegando na casa de força que abriga duas turbinas Francis de 37 MW cada. Este circuito será detalhado abaixo.

3.2.3.1 Tomada de Água e Canal de Adução

A tomada de água localiza-se na margem esquerda a cerca de 60 m a jusante do eixo da barragem. É constituída por uma estrutura em concreto, tipo gravidade, apoiada parcialmente no maciço rochoso, com 20,50 m de altura máxima, 19,20 m de largura e cerca de 25,00 m de comprimento. A partir da tomada, originam-se dois túneis forçados, os quais irão alimentar suas respectivas unidades geradoras instaladas na casa de força.

O coroamento da estrutura foi estabelecido na El. 335,00 m. O canal de adução tem comprimento de 150 m.

3.2.3.2 Túneis Forçados

Após a tomada de água vêm os túneis forçados com 4,20 m de diâmetro interno, no trecho revestido em concreto. Nos 42 m finais, os túneis passam para um diâmetro de 3,30 m e passam a ter um revestimento em aço. O comprimento médio dos túneis é da ordem de 110 m.

3.2.3.3 Casa de Força e Canal de Fuga

A casa de força é do tipo semiabrigada, com 22 m de extensão na direção do fluxo e 33 m na direção transversal ao fluxo, composta por estruturas em concreto armado.

A área de montagem fica na El. 280,00 m, externa a casa de força, servida pelo pórtico rolante da usina e destinada à utilização em operações de complementação da montagem de componentes de grandes dimensões dos geradores e montagem de conjuntos das unidades geradoras e demais equipamentos da usina.

Para a cota de proteção da casa de força, foi adotada a El. 280,00 m. Esta cota foi estabelecida para assegurar a estanqueidade da casa de força na ocorrência da cheia máxima provável.

O canal de fuga, escavado em rocha, é localizado a jusante do bloco da unidade geradora, com cerca de 21 m de largura e 60 m de comprimento, destinado à restituição das vazões turbinadas para o leito do rio.

3.3 Níveis Operacionais e Ficha Técnica

Os níveis da UHE Monjolinho são:


- NA Normal Montante = 328,50 m;

- NA Máximo Maximorum Montante (*) = 333,04 m (TR=10.000 anos);
- Cota Proteção Barramento = 334,00 m;
- NA Normal Jusante = 265,20 m;
- NA Máximo Maximorum Jusante (*) = 276,61 m (TR=10.000 anos);
- Cota de Proteção Casa de Força = 368,00 m.

(*) níveis obtidos na elaboração da revisão periódica, doc. MON-BA-3C-RPS-001.

A ficha técnica da Usina está apresentada abaixo.

O desenho 2 - MON-C-PRE-00-00-18 – Propriedades e Área Resguardada apresenta as áreas de proteção do reservatório e casa de força bem como o arranjo geral da usina com destaque as principais estruturas.

<p>FOTO</p> 	<p>ÓRGÃOS EXTRAVASORES - VERTEDOURO</p> <table border="1"> <tr><td>Tipo:</td><td>Soleira Livre</td></tr> <tr><td>Comprimento (m):</td><td>290,00</td></tr> <tr><td>Capacidade (m³/s):</td><td>6.563,00 TR=10.000 anos</td></tr> <tr><td>Elevação da Crista (m):</td><td>328,50</td></tr> <tr><td>Fundação:</td><td>Basalto</td></tr> </table>	Tipo:	Soleira Livre	Comprimento (m):	290,00	Capacidade (m³/s):	6.563,00 TR=10.000 anos	Elevação da Crista (m):	328,50	Fundação:	Basalto																		
Tipo:	Soleira Livre																												
Comprimento (m):	290,00																												
Capacidade (m³/s):	6.563,00 TR=10.000 anos																												
Elevação da Crista (m):	328,50																												
Fundação:	Basalto																												
<p>IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR</p> <table border="1"> <tr><td>Nome:</td><td>UHE Monjolinho</td></tr> <tr><td>Municípios:</td><td>Nonoai e Faxinalzinho - RS</td></tr> <tr><td>Proprietário:</td><td>Monjolinho Energética S.A</td></tr> </table>	Nome:	UHE Monjolinho	Municípios:	Nonoai e Faxinalzinho - RS	Proprietário:	Monjolinho Energética S.A	<p>TOMADA D'ÁGUA</p> <table border="1"> <tr><td>Tipo:</td><td>Gravidade</td></tr> <tr><td>Comprimento (m):</td><td>25,00</td></tr> <tr><td rowspan="3">Comportas</td><td>Número: 2</td></tr> <tr><td>Altura (m): 4,30</td></tr> <tr><td>Largura (m): 3,85</td></tr> </table>	Tipo:	Gravidade	Comprimento (m):	25,00	Comportas	Número: 2	Altura (m): 4,30	Largura (m): 3,85														
Nome:	UHE Monjolinho																												
Municípios:	Nonoai e Faxinalzinho - RS																												
Proprietário:	Monjolinho Energética S.A																												
Tipo:	Gravidade																												
Comprimento (m):	25,00																												
Comportas	Número: 2																												
	Altura (m): 4,30																												
	Largura (m): 3,85																												
<p>DATAS</p> <table border="1"> <tr><td>Conclusão Barramento:</td><td>mai/09</td></tr> <tr><td>Início Operação:</td><td>set/09</td></tr> <tr><td>Manutenção Barragem:</td><td>-----</td></tr> </table>	Conclusão Barramento:	mai/09	Início Operação:	set/09	Manutenção Barragem:	-----	<p>ADUÇÃO</p> <table border="1"> <tr><td>Tipo:</td><td>-----</td></tr> <tr><td>Comprimento (m):</td><td>-----</td></tr> <tr><td>Altura (m):</td><td>-----</td></tr> <tr><td>Largura (m)</td><td>-----</td></tr> <tr><td>Fundação:</td><td>-----</td></tr> </table>	Tipo:	-----	Comprimento (m):	-----	Altura (m):	-----	Largura (m)	-----	Fundação:	-----												
Conclusão Barramento:	mai/09																												
Início Operação:	set/09																												
Manutenção Barragem:	-----																												
Tipo:	-----																												
Comprimento (m):	-----																												
Altura (m):	-----																												
Largura (m)	-----																												
Fundação:	-----																												
<p>BACIA HIDROGRÁFICA</p> <table border="1"> <tr><td>Curso d'Água:</td><td>Rio Passo Fundo</td></tr> <tr><td>Bacia (ANEEL):</td><td>Uruguai - 7</td></tr> <tr><td>Sub-Bacia (ANEEL):</td><td>Passo Fundo - 73</td></tr> </table>	Curso d'Água:	Rio Passo Fundo	Bacia (ANEEL):	Uruguai - 7	Sub-Bacia (ANEEL):	Passo Fundo - 73	<p>CHAMINÉ</p> <table border="1"> <tr><td>Altura (m):</td><td>-----</td></tr> <tr><td>Diâmetro (m):</td><td>-----</td></tr> <tr><td>Fundação</td><td>-----</td></tr> </table>	Altura (m):	-----	Diâmetro (m):	-----	Fundação	-----																
Curso d'Água:	Rio Passo Fundo																												
Bacia (ANEEL):	Uruguai - 7																												
Sub-Bacia (ANEEL):	Passo Fundo - 73																												
Altura (m):	-----																												
Diâmetro (m):	-----																												
Fundação	-----																												
<p>RESERVATÓRIO</p> <table border="1"> <tr><td>Área NA Normal - (km²):</td><td>5,46</td></tr> <tr><td>Volume NA Normal (hm³):</td><td>150,48</td></tr> <tr><td rowspan="3">Níveis de Água (m):</td><td>Máx. Max.: 333,04</td></tr> <tr><td>Normal: 328,50</td></tr> <tr><td>Minimo: 326,50</td></tr> </table>	Área NA Normal - (km²):	5,46	Volume NA Normal (hm³):	150,48	Níveis de Água (m):	Máx. Max.: 333,04	Normal: 328,50	Minimo: 326,50	<p>CONDUTOS FORÇADO - TÚNEL FORÇADO</p> <table border="1"> <tr><td>Unidades:</td><td>1 (Trecho 1) 2 (Bifurcação)</td></tr> <tr><td>Diâmetro (m):</td><td>4,20 3,3</td></tr> <tr><td>Comprimento (m):</td><td>110,00 concreto e 42 aço</td></tr> </table>	Unidades:	1 (Trecho 1) 2 (Bifurcação)	Diâmetro (m):	4,20 3,3	Comprimento (m):	110,00 concreto e 42 aço														
Área NA Normal - (km²):	5,46																												
Volume NA Normal (hm³):	150,48																												
Níveis de Água (m):	Máx. Max.: 333,04																												
	Normal: 328,50																												
	Minimo: 326,50																												
Unidades:	1 (Trecho 1) 2 (Bifurcação)																												
Diâmetro (m):	4,20 3,3																												
Comprimento (m):	110,00 concreto e 42 aço																												
<p>BARRAGEM</p> <table border="1"> <tr><td>Tipo:</td><td>Enrocamento face concreto</td></tr> <tr><td>Comprimento (m):</td><td>420,00</td></tr> <tr><td>Altura Máxima (m):</td><td>74,00</td></tr> <tr><td>Largura Crista (m):</td><td>8,00</td></tr> <tr><td>Elevação da Crista (m):</td><td>334,00</td></tr> <tr><td>Fundação:</td><td>Basalto</td></tr> </table>	Tipo:	Enrocamento face concreto	Comprimento (m):	420,00	Altura Máxima (m):	74,00	Largura Crista (m):	8,00	Elevação da Crista (m):	334,00	Fundação:	Basalto	<p>CASA DE FORÇA</p> <table border="1"> <tr><td>Tipo:</td><td>Semiabrigada</td></tr> <tr><td>Potência Instalada (MW)</td><td>74,00</td></tr> <tr><td>Energia Assegurada (MW)</td><td>41,70</td></tr> <tr><td>Unidades Geradoras:</td><td>2 Francis Horizontal</td></tr> <tr><td>Vazão Máxima (m³/s):</td><td>139,00</td></tr> <tr><td>Queda Bruta (m)</td><td>63,30</td></tr> <tr><td rowspan="3">Nível de água jusante (m):</td><td>Máx. Max.: 276,61</td></tr> <tr><td>Normal: 265,20</td></tr> <tr><td>Minimo: 263,30</td></tr> </table>	Tipo:	Semiabrigada	Potência Instalada (MW)	74,00	Energia Assegurada (MW)	41,70	Unidades Geradoras:	2 Francis Horizontal	Vazão Máxima (m³/s):	139,00	Queda Bruta (m)	63,30	Nível de água jusante (m):	Máx. Max.: 276,61	Normal: 265,20	Minimo: 263,30
Tipo:	Enrocamento face concreto																												
Comprimento (m):	420,00																												
Altura Máxima (m):	74,00																												
Largura Crista (m):	8,00																												
Elevação da Crista (m):	334,00																												
Fundação:	Basalto																												
Tipo:	Semiabrigada																												
Potência Instalada (MW)	74,00																												
Energia Assegurada (MW)	41,70																												
Unidades Geradoras:	2 Francis Horizontal																												
Vazão Máxima (m³/s):	139,00																												
Queda Bruta (m)	63,30																												
Nível de água jusante (m):	Máx. Max.: 276,61																												
	Normal: 265,20																												
	Minimo: 263,30																												
<p>CASCATA</p> <table border="1"> <tr><td>Usina Montante:</td><td>UHE Passo Fundo-Operação</td></tr> <tr><td>Usina Jusante:</td><td>UHE Foz do Chapecó-Operação</td></tr> </table>	Usina Montante:	UHE Passo Fundo-Operação	Usina Jusante:	UHE Foz do Chapecó-Operação	<p>TURBINA</p> <table border="1"> <tr><td>Potência Nominal [MW]</td><td>37,5 Unitária</td></tr> <tr><td>Vazão Nominal [m³/s]</td><td>69,5 Unitária</td></tr> </table>	Potência Nominal [MW]	37,5 Unitária	Vazão Nominal [m³/s]	69,5 Unitária																				
Usina Montante:	UHE Passo Fundo-Operação																												
Usina Jusante:	UHE Foz do Chapecó-Operação																												
Potência Nominal [MW]	37,5 Unitária																												
Vazão Nominal [m³/s]	69,5 Unitária																												
	<p>GERADOR</p> <table border="1"> <tr><td>Potência Nominal [MW]</td><td>41,25 Unitária</td></tr> <tr><td>Tensão Nominal [kV]</td><td>13,8</td></tr> <tr><td>Rotação Nominal [rpm]</td><td>257</td></tr> <tr><td>Fator de Potência</td><td>0,90</td></tr> </table>	Potência Nominal [MW]	41,25 Unitária	Tensão Nominal [kV]	13,8	Rotação Nominal [rpm]	257	Fator de Potência	0,90																				
Potência Nominal [MW]	41,25 Unitária																												
Tensão Nominal [kV]	13,8																												
Rotação Nominal [rpm]	257																												
Fator de Potência	0,90																												

As figuras abaixo apresentam arranjo geral e estruturas civis da Usina, bem como alguns desenhos. Todos documentos da Usina estão apresentados no Anexo I do Plano de Segurança da Barragem - MON-BA-3C-PSB-0001.



Figura 7 – Foto das estruturas civis – UHE Monjolinho



Figura 8 – Vista Geral Montante– UHE Monjolinho

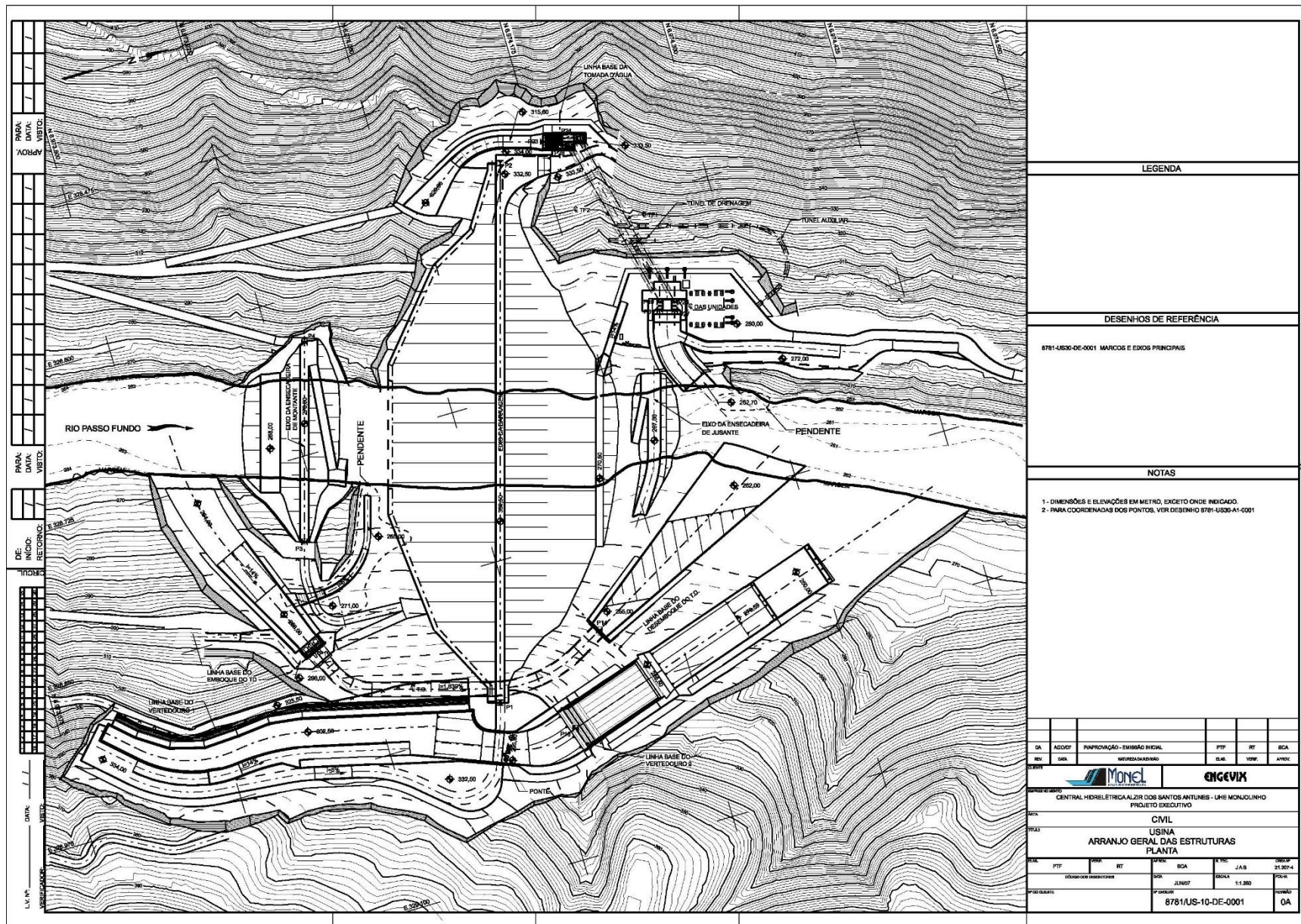


Figura 9 – Arranjo Geral

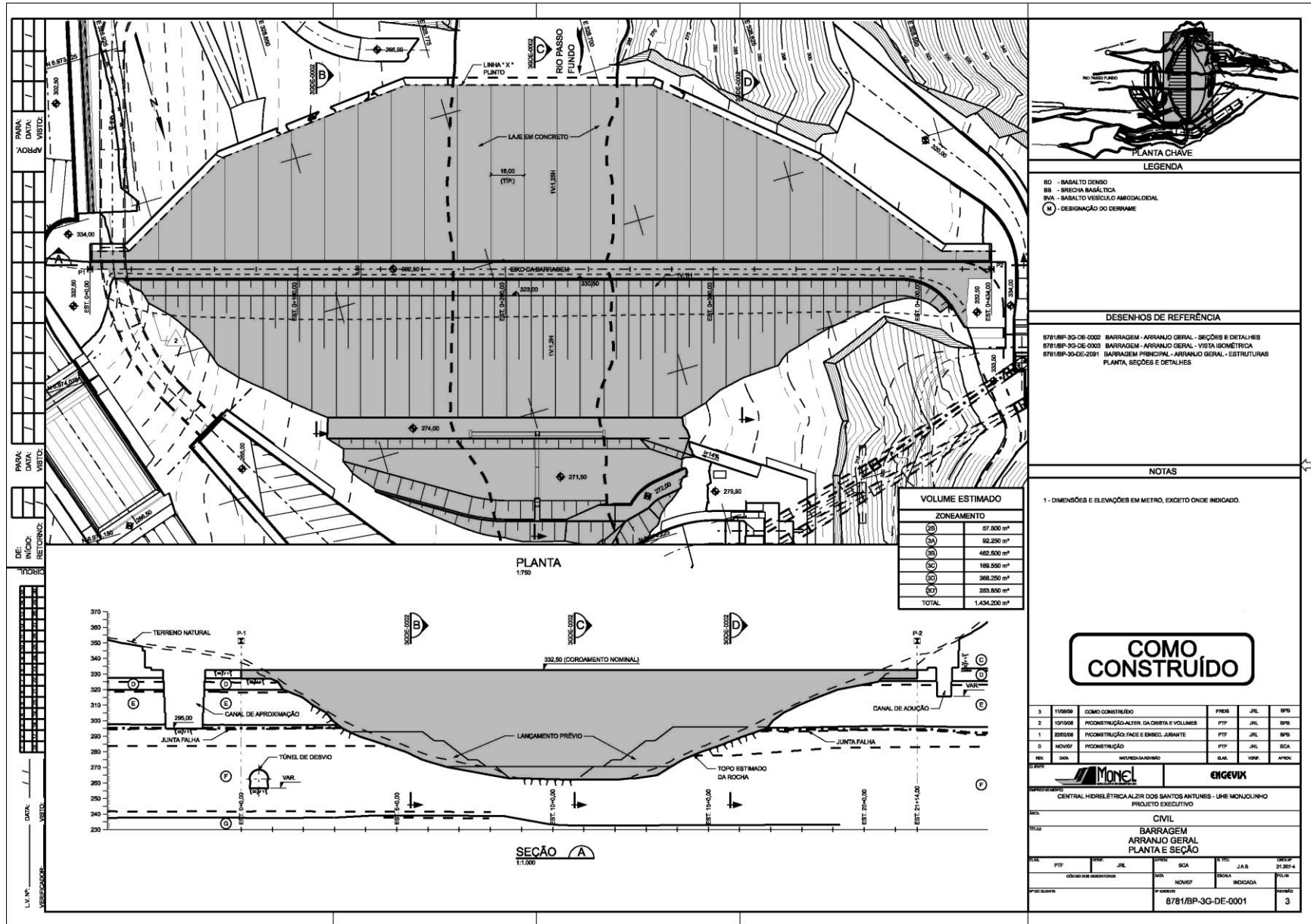


Figura 10 – Barragem – Planta Geral

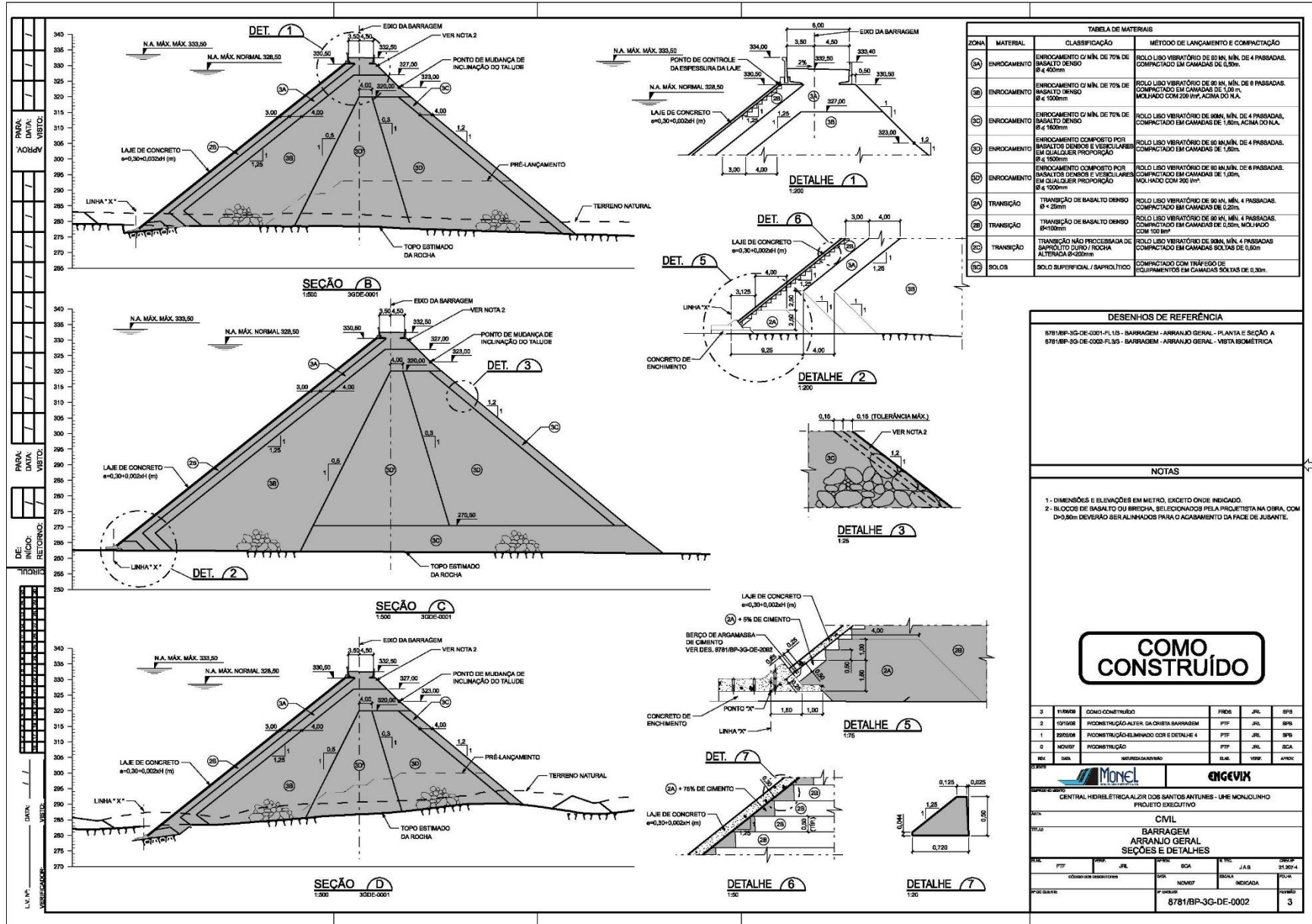


Figura 11 – Barragem – Seções

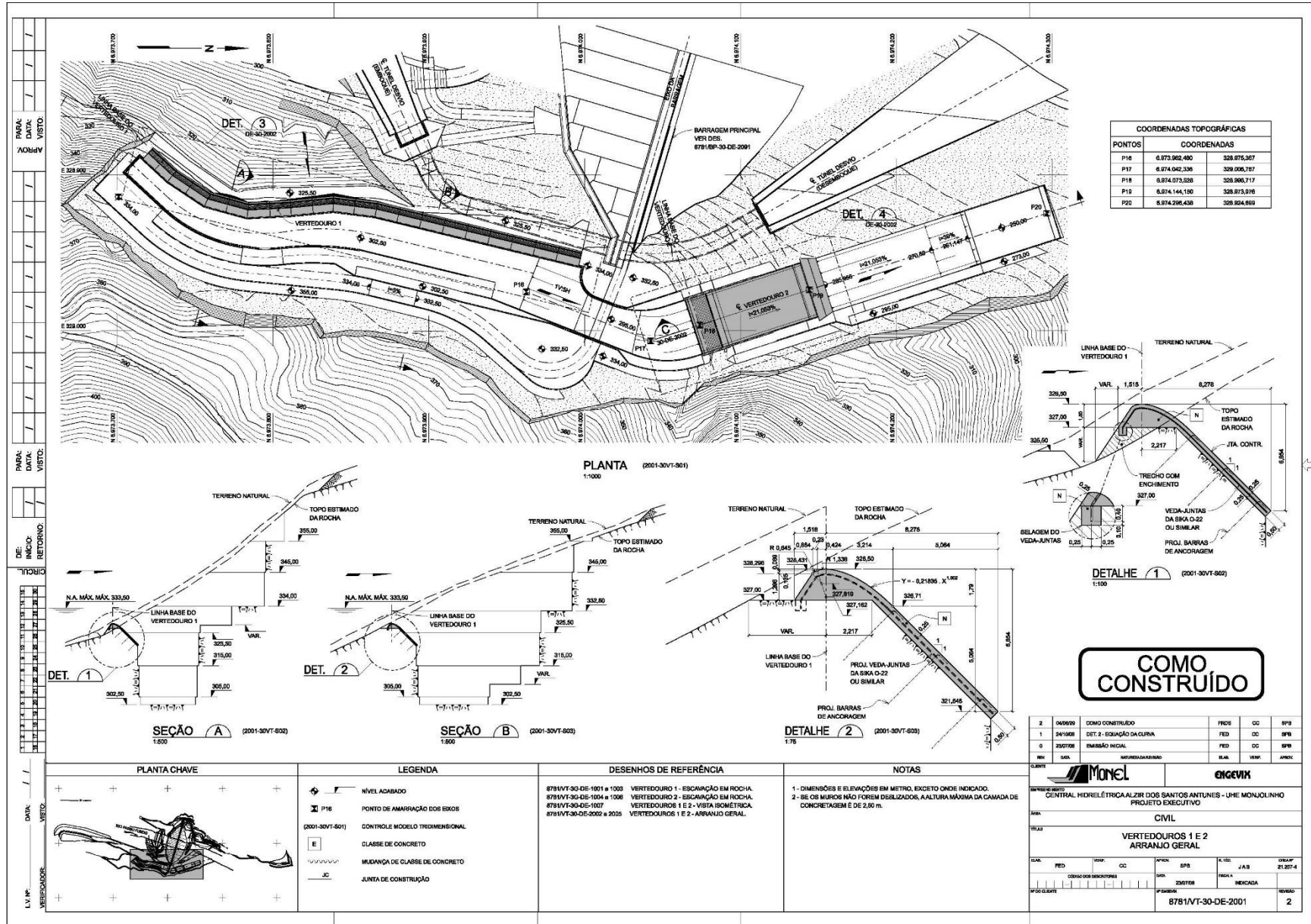


Figura 12 – Vertedouros – Arranjo Geral

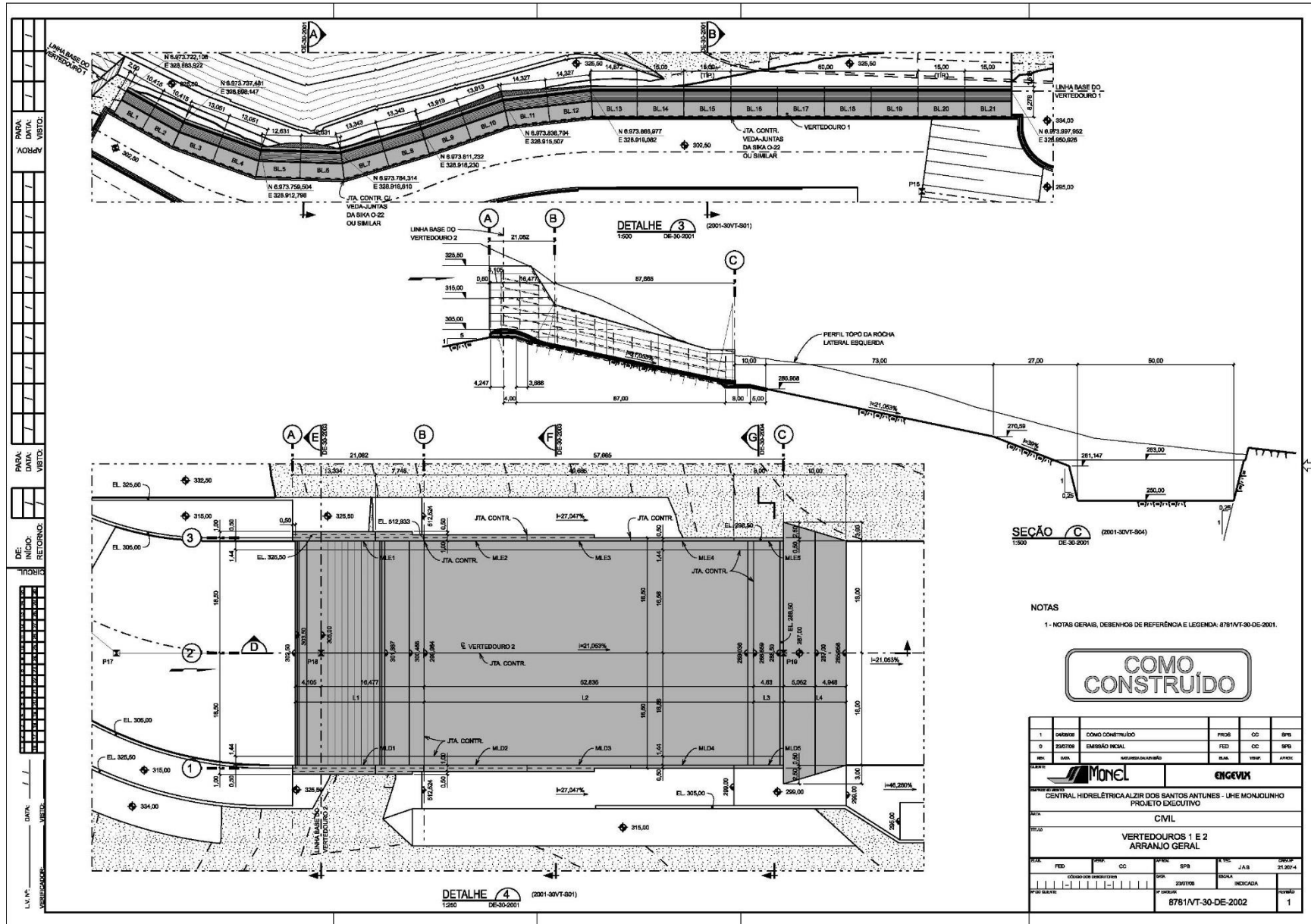


Figura 13 – Vertedouros – Arranjo Geral

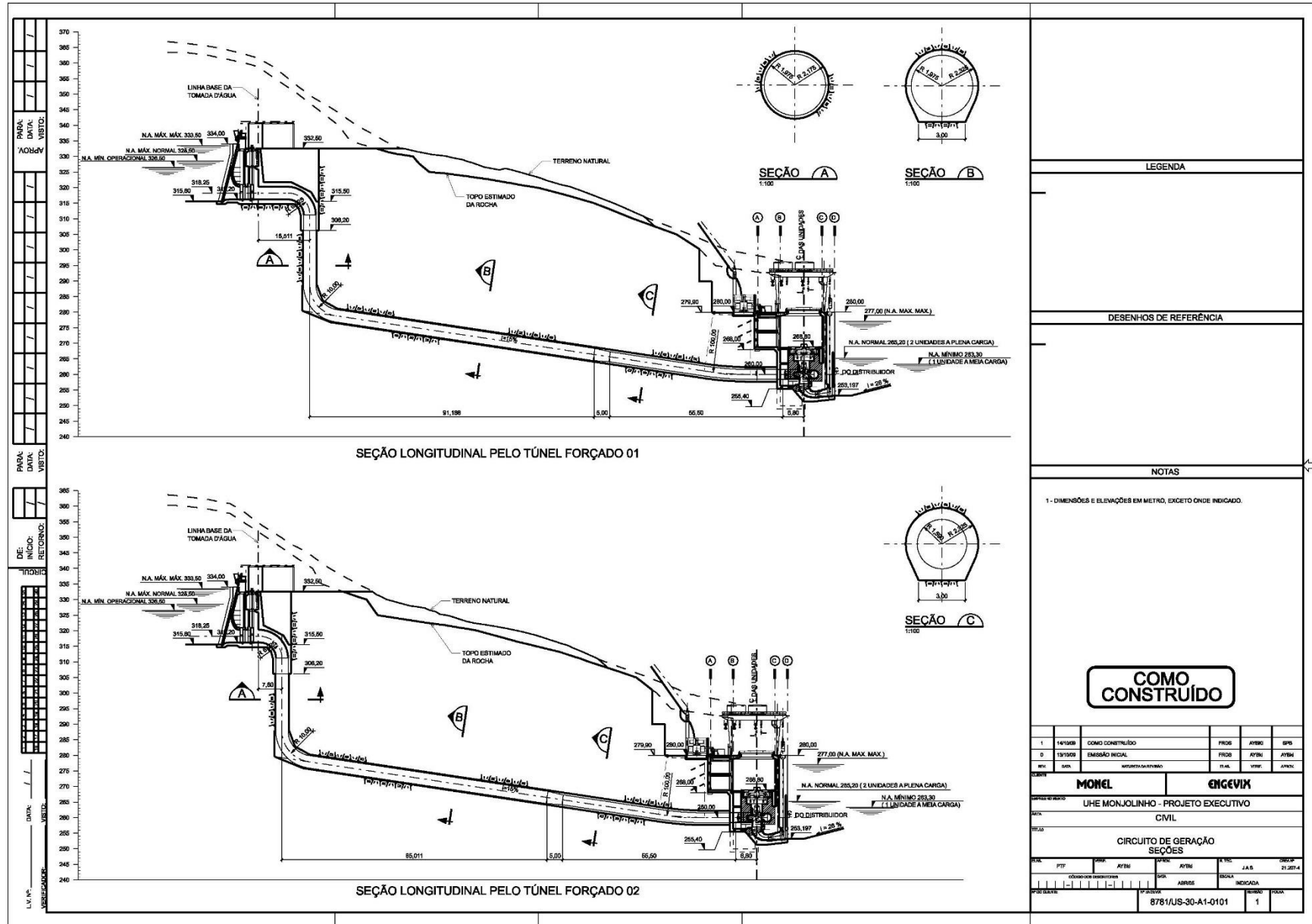


Figura 14 – Circuito – Seções

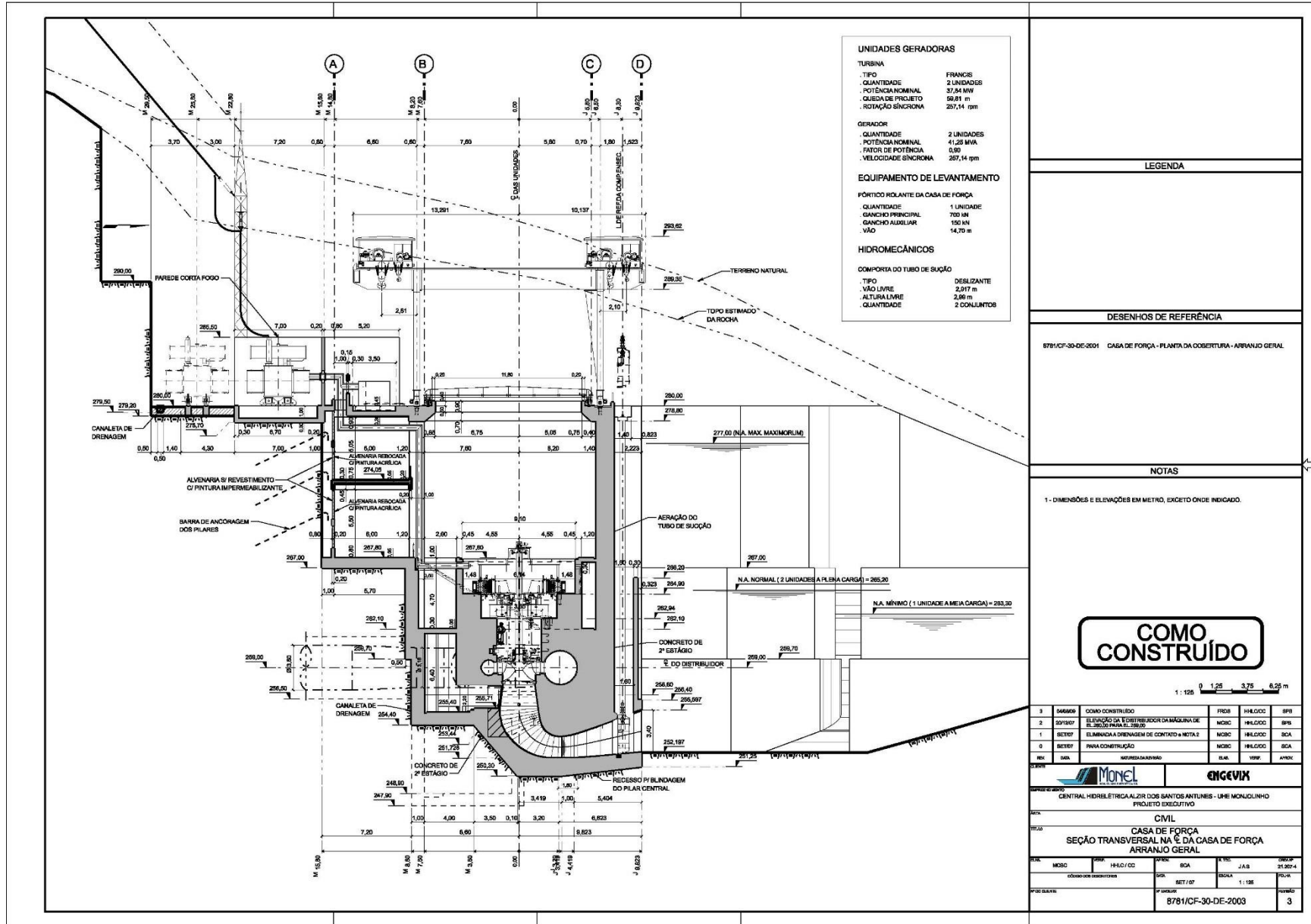


Figura 15 – Casa de Força – Seção

4 DETECÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA

4.1 Avaliação do Risco

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

4.1.1 Risco Hidrológico

A bacia hidrográfica da Usina Hidrelétrica Monjolinho possui área de drenagem de 3.770 Km². No reservatório o volume total é de 150,48 hm³ formado por um barramento de concreto enrocamento com face de concreto com altura máxima de 74,00 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 UHE Monjolinho pode ser analisado pela Tabela a seguir:

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

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

É importante ressaltar que os riscos assumidos pelo projeto são significativamente pequenos, ou seja, para um tempo de retorno adotado no projeto (QMP) 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.

4.1.2 Risco de Colapso Estrutural - Barragem de Enrocamento com face de concreto

A barragem apresenta condições adequadas de segurança conforme pode ser verificado no documento do projeto executivo 8781-BP-3G-MC-5001-0 *Análise da Estabilidade dos*

Paramentos de Montante e Jusante da Barragem Principal, no qual é apresentada a memória de cálculo da BEFC.

Os principais aspectos pertinentes ao cálculo de estabilidade da barragem são apresentados nos subitens seguintes:

4.1.2.1 As condições de carregamento analisada na estabilidade são:

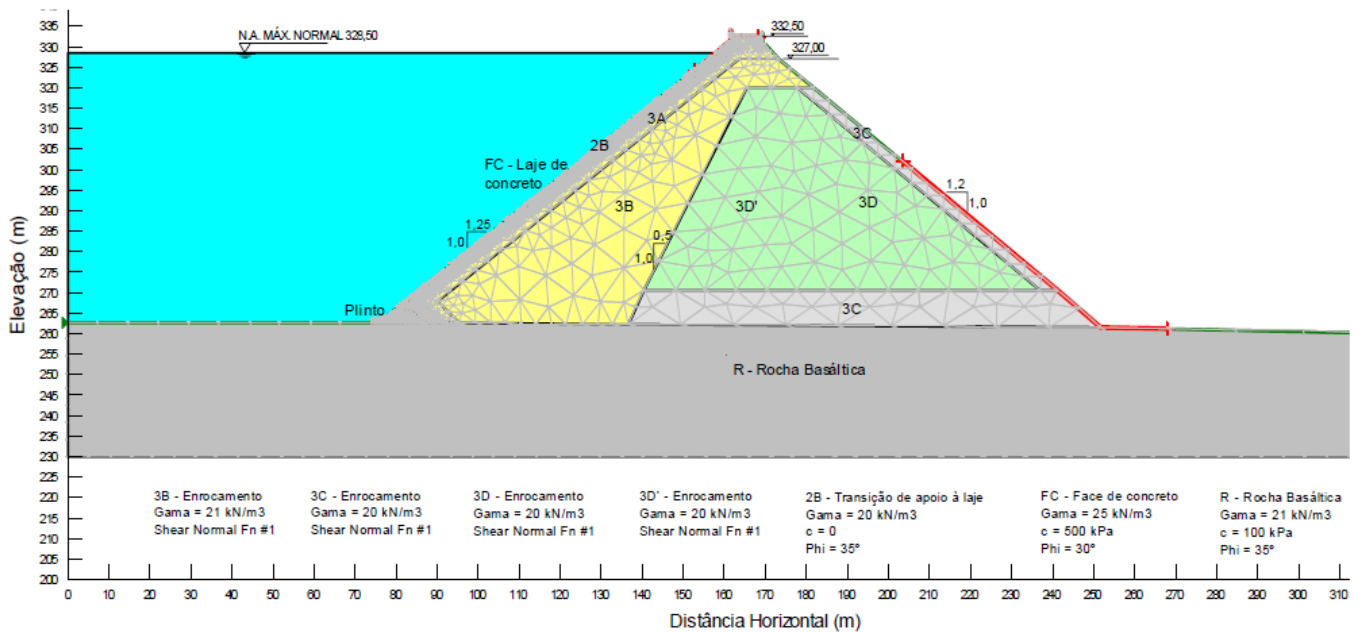
- Análise 1 – Condição de carregamento Normal - $N_{Amont}=328,50$ m;
- Análise 2a – Talude de Jusante - Condição de carregamento Excepcional – Cheia decamilenar - $N_{Amont\ máx\ max}=333,50$ m;
- Análise 2b – Talude de montante - Condição de carregamento Excepcional – Cheia decamilenar - $N_{Amont\ máx\ max}=333,50$ m.

4.1.2.2 Metodologia de cálculo adotada

No tocante a estabilidade geral dos paramentos de montante e jusante, foram utilizados dois métodos de análises.

- **Teoria do Equilíbrio Limite** (Superfícies Circulares e Planares): Adotou-se como ferramenta de cálculo o software SLOPE/W, programa que calcula, através dos principais métodos baseados na teoria do equilíbrio limite, o fator de segurança dos taludes analisados. Para a determinação da freática no interior do maciço da barragem usou-se o software SEEP/W;
- **Teoria do Equilíbrio Limite** (Envoltórias Exponenciais): Adotou-se como ferramenta de cálculo o ábaco proposto por Charles e Soares [(1984) apud Cruz 1996]] que apresentam uma solução através do método de Bishop (superfície de ruptura circular), incorporando as envoltórias de resistência ao cisalhamento dos materiais a serem analisados.

4.1.2.3 Seção típica da barragem e parâmetros dos materiais constituintes



4.1.2.4 Resultado das análises

- Análise 1 – Talude de jusante – N.A normal

Análise	Consideração	Fator de Segurança
Superfícies circulares e planares - SLOPE/W	Bishop - Superfície Circular	1,934
	Bishop - Superfície Planar	2,255
Envoltórias exponenciais - Âbaco de Charles e Soares (1984)	Bishop - Superfície circular	1,880

- Análise 2a – Talude de jusante – N.A máx. maximorum

Análise	Consideração	Fator de Segurança
Superfícies circulares e planares – SLOPE/W	Bishop - Superfície Circular	1,928
	Bishop - Superfície Planar	2,254
Envoltórias exponenciais – Âbaco de Charles e Soares (1984)	Bishop – Superfície circular	1,852

- Análise 2b – Talude de montante – N.A máx. maximorum

Análise	Consideração	Fator de Segurança
Superfícies circulares e planares – SLOPE/W	Bishop - Superfície Circular	1,982
	Bishop - Superfície Planar	2,130
Envoltórias exponenciais – Âbaco de Charles e Soares (1984)	Bishop – Superfície circular	1,862

Além disso, como prevenção de risco de colapso estrutural, o Plano de Segurança da Barragem (MON-BA-3C-PSB-0001), tem como objetivo determinar as condições relativas à segurança estrutural e operacional das barragens, identificando os problemas e recomendando tanto

reparos corretivos, restrições operacionais e/ou modificações quanto análise/estudos para determinar as soluções dos problemas.

Conforme observado na vistoria e os relatos das equipes de campo não ocorrem problemas estruturais no barramento da UHE Monjolinho, sendo assim o risco de colapso estrutural é praticamente nulo. Além de que, não existe formulação determinista para o cálculo do risco estrutural.



Figura 16 – Vista Geral da Barragem

4.2 Identificação das Emergências Potenciais

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

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

- pela vazão média anual (ou a vazão média do semestre seco ou do semestre úmido), ou por uma cheia associada a um menor tempo de recorrência ($T= 100$ anos, por exemplo) num cenário de ruptura em dia de sol;

- por uma cheia conhecida (por exemplo, a cheia de projeto ou uma cheia associada a um tempo de recorrência elevado: $T= 1\ 000$ a $5\ 000$ anos), num cenário de ruptura por galgamento”.

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

a) Situação Normal – Ruptura em dia de sol

Correspondem à condição natural de escoamento do hidrograma de cheias no tempo de retorno de 100 anos de recorrência.

b) Situação Enchentes – Ruptura com enchentes

Correspondem à condição enchente extrema de escoamento do hidrograma de cheias no tempo de retorno de 10.000 anos de recorrência, correspondente a cheia de dimensionamento do vertedouro.

4.2.1 Classificação das Situações

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

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

A classificação do nível de resposta deve ser feita em quatro níveis, de acordo com a descrição das características gerais de cada situação de emergência em potencial da barragem. A convenção é utilizada para graduar as situações que podem comprometer a segurança da barragem e ocupações a jusante e ativar um processo de emergência na barragem, conforme o artigo 9º, parágrafo 2º, item VI da Resolução Normativa Nº 696 da ANEEL a convenção a ser utilizada é:

- **Normal** - Não ocorrem anomalias ou as anomalias que existem não comprometem a segurança da barragem, mas devem ser monitoradas;
- **Atenção** - Anomalias não comprometem estrutura, mas exigem controle ou reparo;
- **Alerta** - Anomalia representa risco à segurança da barragem, exige providências para manutenção das condições de segurança;
- **Emergência** - Anomalia representa risco de ruptura iminente, exigindo providências para prevenção e mitigação de danos humanos e materiais a jusante.

5 ESTUDO DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM

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

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

5.1 Metodologia

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

O Cenário a ser simulado é determinado por informações lançadas no programa de forma a identificar 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.

5.1.1 Geografia da Região e Geometria do Rio

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

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

Os mapas de cheia possuem um erro equivalente à metade da distância das curvas de níveis obtidas, ou seja, no caso da simulação para a UHE Monjolinho o erro considerado é de 5,0 m devido aos desenhos que reproduzem a topografia local possuírem curvas de nível do terreno com linhas equidistantes de 10 m em 10 m.

5.1.2 Tipo e Geometria da Barragem

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

5.1.3 Causas de Rompimento

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

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

5.1.3.1 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 onde o dispositivo extravasador (vertedouro) não possui capacidade de vazão compatível, por problemas que impedem o dispositivo extravasador de operar normalmente ou pela formação de uma onda dentro do reservatório, de origem sísmica ou provocada pelo deslizamento de uma grande quantidade de terra das encostas.

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

A Figura 17 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.

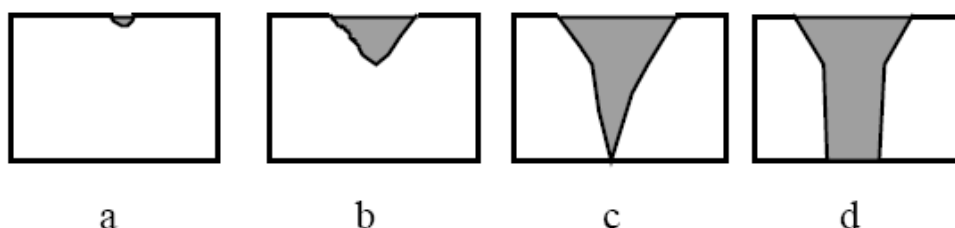


Figura 17 – Formação de brecha por galgamento

Fonte: COLLISCHONN, 1997, p. 32

5.1.3.2 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 18 mostra a formação de uma brecha por entubamento ou infiltração, típica de barragens de terra, que ocorre conforme a sequência abaixo.

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

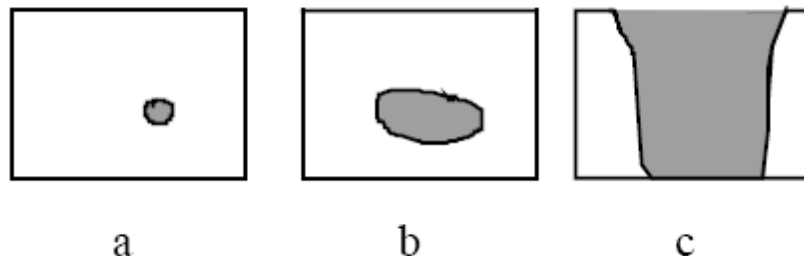


Figura 18 – Formação da brecha por infiltração

Fonte: COLLISCHONN, 1997, p. 32

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

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

A Figura 19 apresenta o comportamento de um rompimento resultante de uma falha nas fundações ou de estruturas, onde ocorre a formação de uma brecha que apresenta características parecidas seja a barragem de terra ou de concreto em gravidade (a), ou barragens de concreto em arco (b).

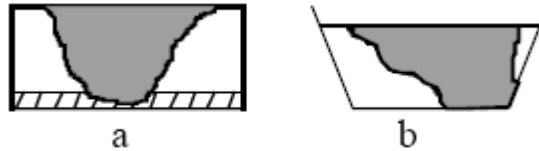


Figura 19 – Brechas resultantes de falhas nas fundações

Fonte: COLLISCHONN, 1997, p. 33

5.1.3.4 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.

5.1.3.5 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 associado ao galgamento foram responsáveis por cerca de 42% do número total de rupturas em barragens. Por sua vez as relacionadas com as fundações (percolação, erosão interna), com as erosões localizadas e com o deficiente comportamento estrutural foram responsáveis por cerca de 23%.

5.1.4 Formação da Brecha

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

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

Todos estes parâmetros são fortemente influenciados pela causa do rompimento e pelo tipo de barragem. Eles influenciam diretamente na vazão e na altura da onda de enchente decorrente do rompimento. Uma brecha maior ou rompimento catastrófico e com tempo de formação mais rápido gera uma onda de enchente de maior volume e o esvaziamento mais rápido do reservatório, enquanto uma brecha menor e com tempo de formação mais lento geram uma onda de enchente menor e com esvaziamento lento do reservatório.

O manual Using HEC-RAS for Dam Break Studies (Agosto de 2004), indica de acordo com referências internacionais valores para formação da brecha, tabela abaixo.

Table 3. Ranges of Possible Values for Breach Characteristics

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

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

Figura 20 – Tamanhos e tempo para formação da brecha

Fonte: Using HEC-RAS for Dam Break Studies (agosto/2004)

5.1.4.1 Tamanho

Barragens de concreto em arco apresentam ruptura total e praticamente instantânea com a brecha ao longo de todo o comprimento da barragem (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 do reservatório corresponde a uma redução significativa das solicitações

para os blocos que não rompem evitando os rompimentos de novos blocos nas laterais do primeiro rompimento.

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

5.1.4.2 Tempo de rompimento

Para as barragens de concreto em arco que são simuladas através da ruptura total da estrutura, o tempo de rompimento é instantâneo, 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 e depende da altura da barragem, do material utilizado na construção, do grau de compactação e da magnitude e duração da vazão de galgamento. O tempo de formação da brecha é maior em casos de infiltração que em casos de galgamento. Na Figura 21 observa-se a probabilidade de o tempo de ruptura da brecha ser menor que um dado valor constante.

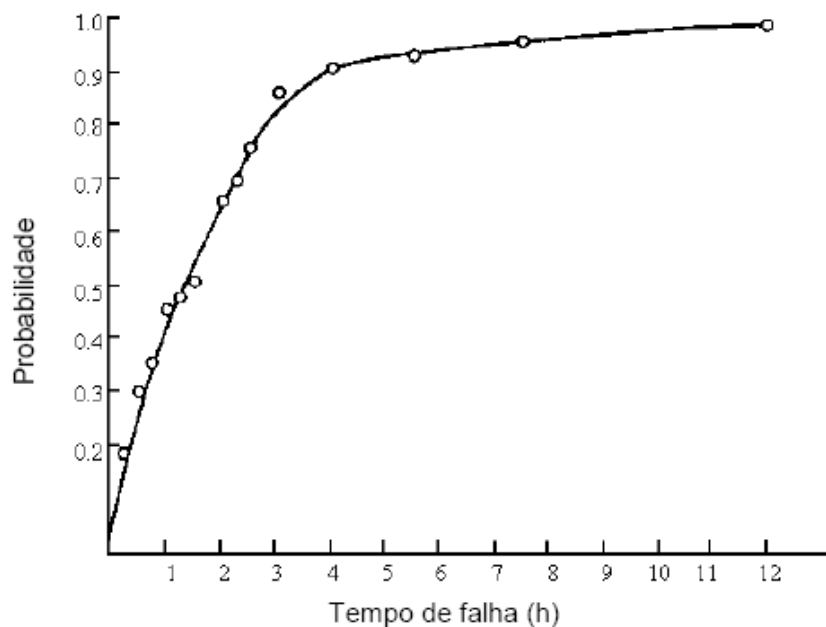


Figura 21 – Tempo de formação da brecha

Fonte: MARTINS; VISEU, 2007, p. 9

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

De acordo com a Figura 20 para Barragens de terra o tempo de formação da brecha é entre 6 minutos a 4 horas e Barragens de Concreto de 6 minutos a 1 hora.

5.1.5 Trecho do Cálculo

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

5.1.6 Modelagem Matemática

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

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

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

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

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

- Equação da continuidade:

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

- Equação da dinâmica

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

Onde:

Q = vazão;

A = seção transversal;

t = tempo;

x = distância medida na direção do escoamento;

qL = contribuição lateral

V = velocidade de escoamento;

g = aceleração da gravidade;

h = profundidade do escoamento;

S0 = declividade do leito;

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 são utilizadas para se avaliar os impactos do rompimento de uma barragem.

5.1.7 Identificação das áreas atingidas

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

Todas as pessoas localizadas na zona atingida devem ser evacuadas.

5.1.8 Apresentação dos valores de altura ao longo do tempo

Os valores de altura da onda ao longo do tempo são utilizados para a identificação da profundidade da onda de enchente ao longo do trecho de jusante atingido. O tempo de chegada da onda em cada ponto é importante para o plano de evacuação e para o alerta da população sob risco na zona inundada ser afastada 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.

5.1.9 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 realizado 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 através da análise dos resultados obtidos nas simulações.

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 Departmento the Interior* estabelece gráficos para determinação das zonas de perigo. São apresentados aqui os gráficos de uso neste trabalho.

A Figura 22 apresenta o nível de perigo relacionado a residências.

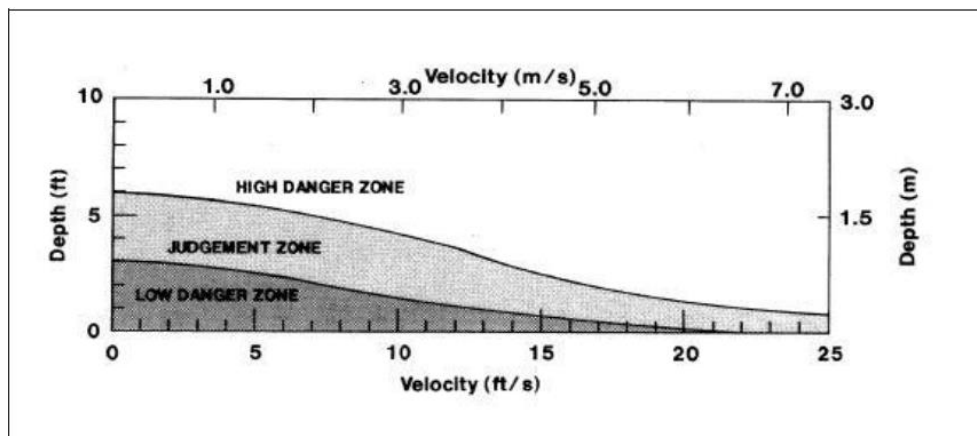


Figura 22 – Nível de perigo relacionado a residências

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

A Figura 23 apresenta o nível de perigo relacionado a veículos de passageiros.

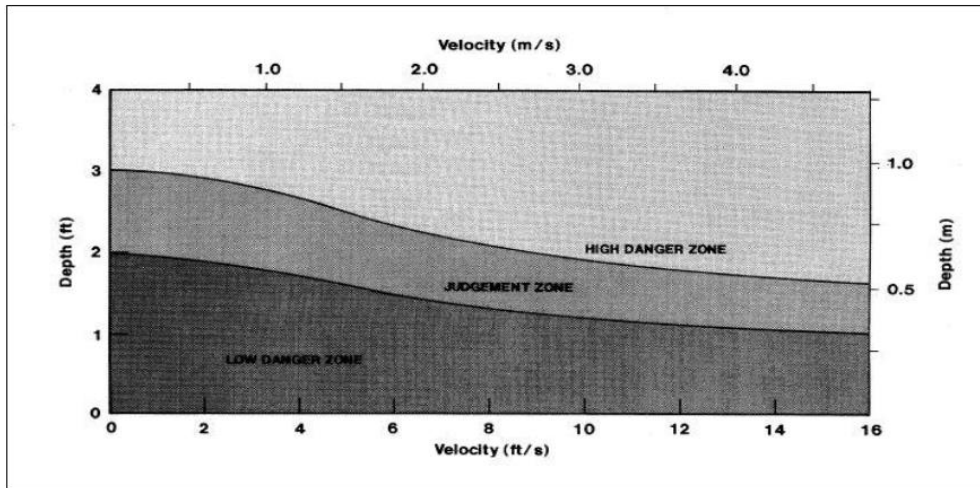


Figura 23 – Nível de perigo relacionado a veículos de passageiros

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

A Figura 24 apresenta o nível de perigo relacionado a pessoas adultas.

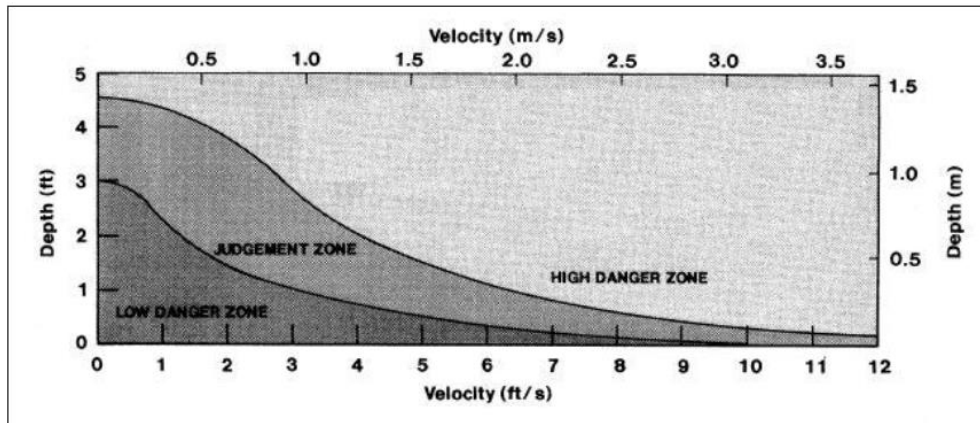


Figura 24 – Nível de perigo relacionado a adultos

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

A Figura 25 apresenta o nível de perigo relacionado a crianças.

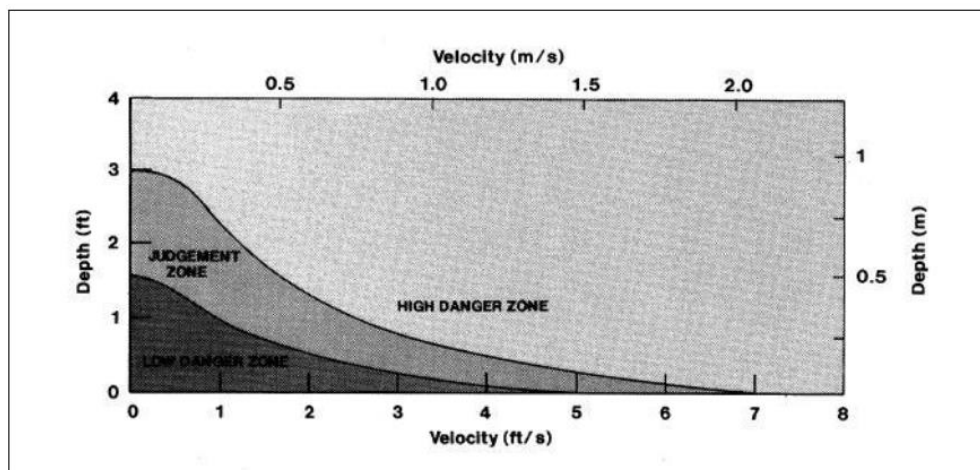


Figura 25 – Nível de perigo relacionado a crianças

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

5.2 Dados de entrada utilizados

5.2.1 Trecho da análise

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) estabelece o trecho de análise da simulação do rompimento da Barragem deverá ser estendido até Barragem de jusante com capacidade de amortecimento da onda. Já a Agência Nacional de Águas – ANA no Volume IV - Guia de Orientação e Formulários dos Planos de Ação de Emergência – PAE, item 5.2.3 Extensão de Cálculo, da Agência Nacional das águas (ANA) que estabelece conforme descrito item 5.1.5, que resumidamente descreve:

- Fronteiras físicas, ou seja, a foz do rio no oceano, a seção de confluência com outro rio de maior dimensão ou um reservatório a jusante;
- População que se encontram com mais de três horas após rompimento não são consideradas áreas de risco;
- Volume Reservatório entre 50 - 200 hm³ - trecho entre 25<L<100 km a jusante.

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

Para o estudo na UHE Monjolinho como o volume do reservatório está entre 50 – 200 hm³ a extensão do trecho de modelagem foi considerada de 37,00 km.

Assim o trecho definido para o estudo foi de cerca de 68,00 km ao longo do eixo do rio Passo Fundo, incluindo o trecho do reservatório com 31 km a montante e o trecho a jusante do barramento com 37 km, passando pelos ribeirinhos de jusante até encontro com Rio Uruguai e encontro com reservatório da UHE Foz do Chapecó (jusante) atendendo todas as recomendações nacionais (ANEEL e ANA) e internacionais.

As características da Usina com barragem de alta altura (74,00 m), volume do reservatório alto (150,48 hm³) e vale de jusante aberto dissipando a onda em menor tempo indicam que o critério e o trecho de análise estão de acordo com a bibliografia.

5.2.2 Geografia da região e geometria do rio

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

Os desenhos 3 a 11, MON-C-SRE-003-00-18 – Seções na Restituição – Folha 01 a 09 presente no Volume II apresentam a localização das seções transversais obtidas pela restituição e utilizadas no modelo.

5.2.2.1 Cartografia

A restituição utilizada com DATUM Sirgas 2000 (Anexo I – Dados), está dividida em 3 partes:

- Reservatório – curvas de 5 em 5 m dos dados Meio Ambiente - UHE Monjolinho;
- Região Jusante – curvas de 10 em 10 m do doc. 1003-08-3H-RT-0002-A – Plano de Ação de Emergências - Flow Engenharia;
- Trecho Uruguai – curvas de 20 em 20 m da EPAGRI (Caxambú do Sul, Chapecó, Erval Grande e Nonoai).

A reprodução da topografia completa do trecho foi obtida de acordo com desenhos de restituição existentes acima, ajustadas com curvas do EPAGRI nos trechos sem informações com uso de plataforma de desenho digital CAD em Sirgas 2000, resultando em um arquivo com a topografia das margens do trecho do Rio Passo Fundo desde a montante do lago da UHE Monjolinho até a Reservatório da UHE Foz do Chapecó (Usina de jusante) em curvas equidistantes variáveis em cota conforme informado.

Para o lançamento de dados no software foram utilizadas as referências dos desenhos e documentos da Tabela a seguir:

Tabela 3 – Fontes da geometria do rio (Anexo I – Dados)

Item	Nº Documento	Elaboração	Descrição/Legenda
1	s/n	Statkraft	UHE Monjolinho
2	1003-08-3H-RT-0002-A	Flow Engenharia	Altimetria 10 m - Monjolinho
3	2886-1	Carta EPAGRI	CAXAMBU DO SUL (Esc. 1:50:000)
4	2886-2	Carta EPAGRI	CHAPECÓ (Esc. 1:50:000)
5	2886-3	Carta EPAGRI	NONOAI (Esc. 1:50:000)
6	2886-4	Carta EPAGRI	ERVAL GRANDE (Esc. 1:50:000)

5.2.2.2 Topografia

Os dados topográficos foram utilizados para calibração do fundo do rio no trecho estudado, variando o coeficiente de manning fundo e nas margens do rio. Estes levantamentos topográficos foram realizados em 1999, 2003 e 2018 conforme descrito abaixo:

- 1999 – 15 seções topobatimétricas juntamente com 15 níveis de água;
- 2003 – 7 seções topobatimétricas;
- 2018 – Perfil simultâneo com 7 níveis de água e 2 cotas de pontes.

Todos estes dados estão apresentados no Anexo I – Dados.

5.2.3 Geometria da barragem

A barragem de enrocamento com face de concreto, com altura máxima de 74 m, tem comprimento total de 420 m. O vertedouro 1 de soleira livre possui 210 m de comprimento e crista na El. 328,50 m.

Para o lançamento de dados no software foram utilizadas as referências dos desenhos da Tabela a seguir:

Tabela 4 – Fontes da geometria da Barragem (Anexo I - Dados)

Código	Revisão	Título	Ano
8781-BP-3G-MC-5001	0	Análise da Estabilidade dos Paramentos de Montante e Jusante da Barragem	2008
8781-BP-3G-DE-0001	3	Barragem Arranjo Geral Planta e Seções	2009
8781-BP-3G-DE-0002	3	Barragem Arranjo Geral	2009
8781-VT-30-DE-2001	2	Vertedouros 1 e 2 Arranjo Geral	2009
8781-VT-30-DE-2002	1	Vertedouros 1 e 2 Arranjo Geral	2009

5.2.4 Definição do Hidrograma de Cheias

Este item tem por finalidade apresentar os estudos hidrológicos realizados para a obtenção do Hidrograma de Cheias para os diferentes tempos de recorrência calculados em relação a área da bacia hidrográfica obtida no eixo do barramento da UHE Monjolinho, localizada no Rio Passo Fundo e apresentar o resultado da atualização da vazão máxima e capacidade de vazão do vertedouro para as novas vazões definidas na Revisão Periódica de Segurança.

5.2.4.1 Cálculo da Vazão Máxima Anual

5.2.4.1.1 Dados de Operação Disponíveis

Em pesquisa com equipe de operação da UHE Monjolinho foram disponibilizados dados de vazão máxima do sistema supervisorio da usina a partir de junho de 2009. Foram selecionadas as 20 maiores vazões máximas mensais ao longo do período disponível e comparadas com os dados obtidos dos estudos hidrológicos. Na Tabela 5 abaixo estão indicados os dados de vazão selecionadas. A máxima vazão observada corresponde a uma cheia com tempo de recorrência de 21,3 anos.

Tabela 5 – Vazões Máximas Anuais obtidas da equipe de Operação

UHE Monjolinho - Dados Operação			UHE Monjolinho - Dados Operação		
Ano	Vazão (m³/s)	TR (anos)	Ano	Vazão (m³/s)	TR (anos)
27/06/14	2.185,42	21,3	01/10/14	571,26	0,9
15/12/15	1.943,10	13,3	01/07/14	554,80	0,9
31/05/17	1.497,22	5,6	23/06/11	548,96	0,9
05/06/17	1.134,64	2,8	31/08/11	537,00	0,9
21/07/11	1.123,05	2,7	02/01/15	530,03	0,9
01/02/16	771,15	1,4	23/10/15	518,53	0,8
15/07/15	738,60	1,3	29/09/09	513,69	0,8
23/11/09	667,72	1,1	26/04/10	475,57	0,8
19/05/10	611,71	1,0	26/08/13	469,73	0,8
31/01/16	589,26	1,0	31/03/11	448,59	0,7

5.2.4.1.2 Vazões na UHE Monjolinho – Dados Estatísticos

Na Revisão Periódica de Segurança foram revisados os estudos hidrológicos da bacia hidrográfica do rio Passo Fundo no local da barragem da UHE Monjolinho. Desses estudos foram atualizadas as vazões máximas de cheia nos diversos tempos de recorrência bem como as vazões médias diárias para o período de junho 1940 até novembro de 2018.

Com esses dados foi possível obter a vazão máxima diária em cada mês do período de dados conforme indica a Tabela 6 abaixo.

Tabela 6 – Vazões Máximas Mensais

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Máxima
1940						303	419	145	68	273	357	164	419
1941	64	86	170	698	992	617	352	1.144	470	543	267	138	1.144
1942	89	29	504	288	735	145	67	77	87	161	54	20	735
1943	26	26	24	11	672	675	434	1.817	687	168	53	82	1.817
1944	259	215	104	37	23	436	337	21	60	219	188	19	436
1945	80	44	25	28	92	72	420	536	404	156	60	127	536
1946	1.196	213	37	39	562	459	259	63	49	92	75	196	1.196
1947	265	30	18	15	265	295	93	60	267	77	23	145	295
1948	18	76	40	78	378	352	423	698	210	687	240	33	698
1949	58	10	24	53	54	244	145	150	251	185	28	19	251
1950	18	11	148	99	210	111	125	216	226	2.146	223	268	2.146
1951	161	286	302	49	128	62	87	19	37	1.056	1.074	40	1.074
1952	27	54	18	23	23	237	490	54	117	510	69	23	510
1953	63	139	33	80	121	197	109	303	413	1.359	413	58	1.359
1954	772	57	93	510	203	772	1.196	88	2.315	1.276	104	311	2.315
1955	54	67	51	303	772	663	617	137	134	552	30	19	772
1956	164	49	12	359	237	67	61	156	432	66	23	28	432
1957	60	117	14	21	42	179	129	747	1.641	88	108	42	1.641
1958	37	16	52	141	24	115	218	216	180	527	314	288	527
1959	40	251	352	556	432	451	82	455	292	311	58	99	556
1960	23	54	13	15	21	436	42	277	1.309	378	108	32	1.309
1961	117	24	417	161	327	311	185	77	1.479	972	109	66	1.479
1962	35	13	13	31	461	36	119	37	203	67	68	27	461
1963	148	192	99	29	191	210	130	314	958	327	1.150	150	1.150
1964	31	29	46	876	451	20	37	229	288	157	44	27	876
1965	21	39	21	149	308	41	327	1.104	1.045	343	107	584	1.104
1966	121	687	413	71	21	790	369	972	863	443	94	130	972
1967	72	50	125	18	69	65	569	3.058	461	324	58	115	3.058
1968	28	31	27	200	85	42	240	14	127	202	151	244	244
1969	903	486	134	69	230	565	47	47	58	108	631	73	903
1970	67	93	28	32	357	567	510	182	125	254	60	411	567
1971	505	218	120	405	418	271	527	203	130	46	12	90	527
1972	66	228	152	233	105	1.224	425	830	810	517	173	398	1.224
1973	411	140	233	141	482	537	898	652	375	244	202	158	898
1974	137	141	126	84	274	296	103	127	148	283	199	505	505
1975	134	78	79	59	42	281	97	294	217	458	200	556	556
1976	458	137	52	51	206	78	220	233	290	188	482	405	482
1977	200	91	146	87	95	436	383	525	269	100	507	199	525
1978	113	86	130	71	50	44	172	48	69	111	393	60	393
1979	69	62	138	150	409	44	193	222	134	574	340	544	574
1980	334	83	60	89	206	130	200	299	228	225	185	153	334
1981	82	55	81	85	74	148	84	101	150	84	194	241	241
1982	63	63	53	39	60	228	217	229	185	1.490	498	148	1.490

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Máxima
1983	269	813	447	728	1.099	655	2.474	824	600	381	191	48	2.474
1984	43	52	76	59	391	859	605	2.106	773	836	542	78	2.106
1985	46	244	56	241	859	146	233	203	153	112	115	99	859
1986	109	58	211	269	238	122	86	292	266	285	120	78	292
1987	129	40	43	402	468	211	883	212	251	355	120	186	883
1988	97	99	65	347	321	67	74	72	88	65	84	79	347
1989	112	89	35	40	197	115	186	380	647	334	120	79	647
1990	269	71	112	286	2.728	2.038	179	118	869	1.215	429	88	2.728
1991	91	75	68	71	109	357	165	91	40	127	33	257	357
1992	121	257	254	172	2.799	698	233	525	562	256	382	371	2.799
1993	110	93	212	100	187	274	1.626	125	155	321	135	231	1.626
1994	101	209	105	248	359	306	687	242	201	724	610	347	724
1995	381	192	116	119	129	132	84	149	281	456	132	84	456
1996	353	194	132	185	101	273	342	275	411	331	168	123	411
1997	58	179	62	54	89	480	449	612	286	1.576	1.124	565	1.576
1998	376	989	587	1.021	1.160	203	148	736	691	285	153	125	1.160
1999	94	90	66	268	76	90	887	84	124	124	85	136	887
2000	140	165	157	89	52	180	253	96	265	430	97	93	430
2001	133	196	118	404	301	153	481	113	426	433	152	143	481
2002	151	77	99	103	311	381	138	418	605	566	357	734	734
2003	375	288	131	141	258	210	188	104	107	197	191	316	375
2004	204	81	86	86	160	73	203	74	212	176	187	67	212
2005	75	102	117	296	577	728	253	194	245	703	212	117	728
2006	110	125	113	132	93	106	182	821	119	112	601	152	821
2007	76	117	114	322	483	102	1.078	338	358	795	763	97	1.078
2008	95	30	49	373	189	450	173	165	89	1.066	530	82	1.066
2009	141	276	104	124	161	101	236	331	512	379	642	332	642
2010	154	77	85	468	584	351	244	230	433	163	118	419	584
2011	108	142	428	284	153	520	1.144	533	267	319	118	105	1.144
2012	95	98	93	80	52	108	218	63	112	190	145	110	218
2013	192	120	166	124	91	186	76	455	275	295	262	129	455
2014	327	126	143	205	348	2.108	528	149	516	537	152	127	2.108
2015	512	159	151	121	120	188	714	187	436	486	450	1.468	1.468
2016	702	739	393	224	204	110	240	152	121	254	175	137	739
2017	118	180	150	215	1.473	1.046	124	175	138	292	199	131	1.473
2018	380	96	105	118	96	94	124	142	323	383	235		383
Máxima	1.196	989	587	1.021	2.799	2.108	2.474	3.058	2.315	2.146	1.150	1.468	3.058

Importante observar a grande variação na data de ocorrência de vazões de cheias onde não há um período definido de ocorrência de cheias. A grande parte das cheias ocorrem no período de inverno e primavera (maio a outubro) como indicado na Tabela 7 abaixo.

Tabela 7 – Meses de Ocorrência das Máximas Cheias Anuais

Mês	Eventos	Mês	Eventos	Mês	Eventos
Jan	4	Mai	9	Set	9
Fev	1	Jun	7	Out	12
Mar	0	Jul	11	Nov	5
Abr	3	Ago	12	Dez	6

5.2.4.2 Vazões de Cheia para os Diversos Tempos Recorrência

Definidos os valores das vazões máximas anuais, foi utilizado o programa Qmáximas disponível no site da Eletrobrás e indicado para uso nas diretrizes de projetos básicos de UHE's para a análise estatística dos eventos de cheia e o cálculo das vazões máximas para os diversos tempos de recorrência. A análise estatística dos dados realizada pelo programa demonstrou que a melhor distribuição estatística para os dados disponíveis é a de Gumbel, pois a assimetria dos dados é menor que 1,5. Os valores de cálculo e das cheias obtidos para os tempos de recorrência de 5, 10, 20, 50, 100, 500, 1.000 e 10.000 anos estão indicados na Tabela 8 abaixo.

Tabela 8 – Vazões Máximas para diversos Tempos de Recorrência (TR)

Vazão Máx TR anos	Monjolinho Q (m³/s)
5	1.412
10	1.796
20	2.164
50	2.641
100	2.999
500	3.824
1.000	4.179
10.000	5.358

Distribuição Gumbel	
Média	939,27
Assimetria	1,39
Desvio Padrão	656,22
alfa	511,86
mi	643,93

Área Drenagem (km²)	3.770
---------------------	-------

Para a obtenção da vazão instantânea de pico foi utilizado a equação de Füller onde a correção da vazão máxima se dá pela área da bacia hidrográfica. O coeficiente de Füller obtido para a área da bacia na barragem da UHE Monjolinho foi 1,2249 sendo então as vazões máximas instantâneas obtidas com a utilização da vazão máxima normal multiplicado pelo valor do coeficiente de Füller para todos os tempos de recorrência. Importante observar que aqui o efeito de amortização do reservatório não é considerado. Os dados de vazão máxima instantânea estão apresentados na Tabela 9 abaixo.

Tabela 9 – Vazões Máximas Instantâneas para diferentes TR

Vazão Máx Ins TR anos	Monjolinho Q (m³/s)
5	1.730
10	2.200
20	2.651
50	3.235
100	3.673
500	4.684
1.000	5.119
10.000	6.563

Coef. Fuller	1,2249
--------------	--------

Abaixo no Gráfico 1 em escala logarítmica de tempo tem-se as duas retas de vazão máximas normal e instantânea e os dados de cheias máximas obtidas na operação. No mesmo gráfico também estão indicadas as cheias obtidas pelo sistema supervisorio.

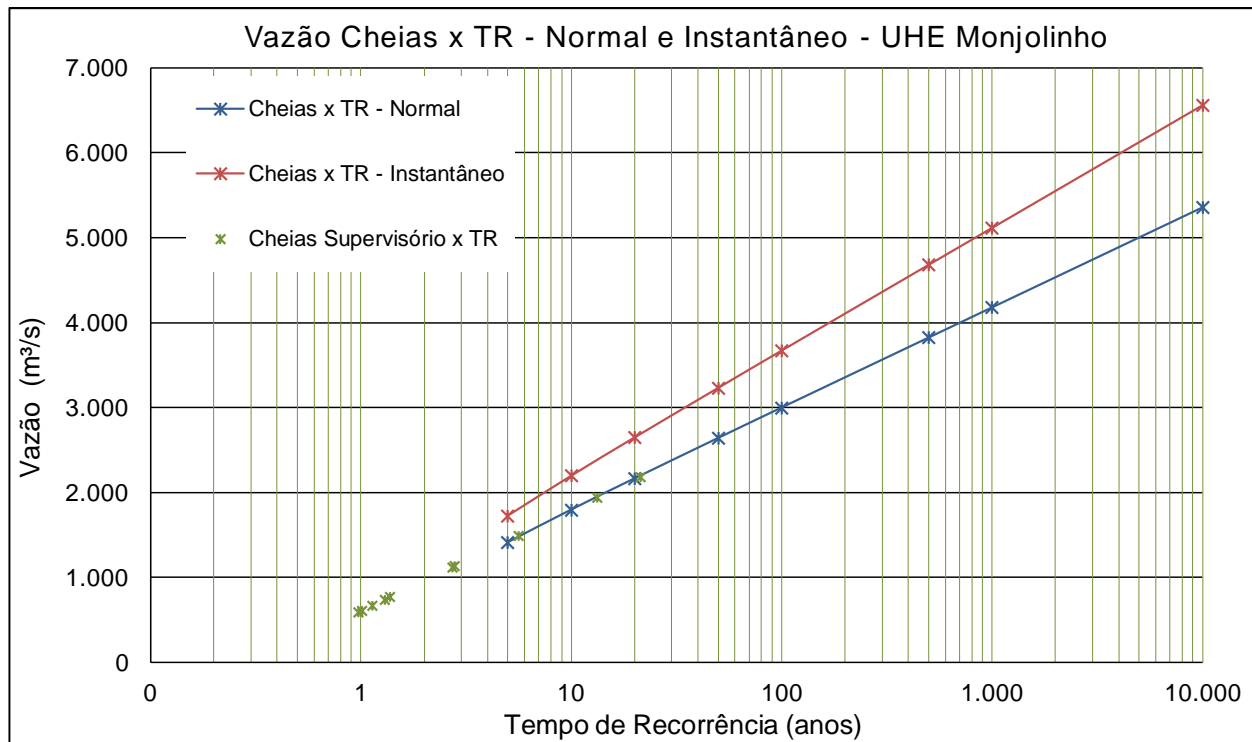


Gráfico 1 – Vazões de Cheia x Tempo de Recorrência

5.2.4.3 Hidrograma de cheias

Para calcular o efeito das cheias e da ruptura da barragem na topografia da área de influência da UHE Monjolinho foi utilizada a metodologia do hidrograma unitário adimensional baseado nas 18 maiores cheias da bacia. Para a bacia do Rio Passo Fundo foi estimado o tempo de concentração da cheia em 120 horas com a dissipação em 192 horas. Assim sendo o período de estudo se inicia em 12 hs e segue de 24 em 24 horas até 324 horas. Na Tabela 10 abaixo tem-se os valores das 18 maiores cheias na bacia do Rio Passo Fundo na UHE Monjolinho e o ano em que a cheia ocorreu, segundo os dados hidrológicos obtidos.

Tabela 10 – 18 maiores cheias no local da UHE Monjolinho

Ano	Q (m³/s)	Ano	Q (m³/s)	Ano	Q (m³/s)
1967	3.058	2014	2.108	1982	1.490
1992	2.799	1984	2.106	1961	1.479
1990	2.728	1943	1.817	2017	1.473
1983	2.474	1957	1.641	2015	1.468
1954	2.315	1993	1.626	1953	1.359
1950	2.146	1997	1.576	1960	1.309

O processo de obtenção do hidrograma consiste em selecionar as 18 maiores cheias, selecionar os dados considerando o pico da cheia em 132 hs e utilizando os dados de vazão diária recuar até o momento 12 horas e avançar até o momento 324 horas lançando os valores de vazão de 24 em 24 horas. Na Tabela 11 abaixo estão os valores obtidos da série de vazão média diária.

Tabela 11 – Desenvolvimento das vazões ao longo do período do hidrograma

Horas	12	36	60	84	108	132	156	180	204	228	252	276	300	324
Q (m³/s)	73	150	497	1.049	1.693	3.058	1.637	1.151	760	477	261	134	119	109
	100	115	127	292	592	2.799	100	115	127	292	592	698	554	618
	79	50	56	185	692	2.728	1.926	1.377	753	684	1.271	2.038	1.594	1.200
	142	139	292	1.364	1.695	2.474	2.017	1.313	1.191	874	636	937	767	703
	81	187	270	973	1.449	2.315	1.964	1.358	880	556	341	304	124	288
	106	179	496	769	1.324	2.146	1.549	1.152	826	533	203	137	93	77
	67	157	300	1.079	1.755	2.108	1.568	783	630	528	425	478	438	306
	228	244	179	292	1.399	2.106	767	458	330	274	234	194	173	150
	53	51	140	386	720	1.817	984	529	335	251	206	170	150	140
	40	63	105	343	966	1.641	1.059	653	244	134	114	145	179	223
	101	177	453	1.175	1.592	1.626	1.085	678	413	308	532	352	291	331
	256	230	208	225	1.130	1.576	1.404	1.124	1.069	927	546	420	894	896
	156	111	103	97	958	1.490	1.067	475	338	334	278	271	173	177
	119	100	203	640	1.196	1.479	1.375	972	386	240	210	178	150	129
	441	460	538	529	752	1.473	773	757	659	918	1.007	928	803	1.046
	611	385	211	112	322	1.468	831	514	425	681	375	229	562	554
	80	77	74	75	203	1.359	903	687	531	413	500	413	265	213
	105	70	61	114	651	1.309	944	441	223	148	113	109	111	103

Os valores da vazão do momento entre 12 e 324 horas são divididos pelo valor da cheia correspondente ao pico, que está em 132 horas e lançados na tabela dos valores de cheia adimensional onde o valor do pico corresponde ao coeficiente de Füller. A Tabela 12 abaixo apresenta os valores da distribuição adimensional para as 18 maiores cheias na bacia e a média das distribuições para um mesmo período de horas.

Tabela 12 – Distribuição adimensional de vazões

Horas	12	36	60	84	108	132	156	180	204	228	252	276	300	324
Q ADM	0,024	0,049	0,163	0,343	0,554	1,225	0,535	0,376	0,249	0,156	0,085	0,044	0,039	0,036
	0,036	0,041	0,045	0,104	0,212	1,225	0,036	0,041	0,045	0,104	0,212	0,249	0,198	0,221
	0,029	0,018	0,021	0,068	0,254	1,225	0,706	0,505	0,276	0,251	0,466	0,747	0,584	0,440
	0,057	0,056	0,118	0,551	0,685	1,225	0,815	0,531	0,481	0,353	0,257	0,379	0,310	0,284
	0,035	0,081	0,117	0,420	0,626	1,225	0,848	0,587	0,380	0,240	0,147	0,131	0,054	0,124
	0,049	0,084	0,231	0,358	0,617	1,225	0,722	0,537	0,385	0,248	0,095	0,064	0,043	0,036
	0,032	0,074	0,142	0,512	0,833	1,225	0,744	0,371	0,299	0,251	0,202	0,227	0,208	0,145
	0,108	0,116	0,085	0,139	0,665	1,225	0,364	0,218	0,157	0,130	0,111	0,092	0,082	0,071
	0,029	0,028	0,077	0,213	0,396	1,225	0,541	0,291	0,184	0,138	0,113	0,094	0,083	0,077
	0,025	0,038	0,064	0,209	0,589	1,225	0,646	0,398	0,149	0,082	0,070	0,088	0,109	0,136
	0,062	0,109	0,278	0,723	0,979	1,225	0,667	0,417	0,254	0,190	0,327	0,216	0,179	0,203
	0,029	0,028	0,077	0,213	0,396	1,225	0,541	0,291	0,184	0,138	0,113	0,094	0,083	0,077
	0,025	0,038	0,064	0,209	0,589	1,225	0,646	0,398	0,149	0,082	0,070	0,088	0,109	0,136
	0,062	0,109	0,278	0,723	0,979	1,225	0,667	0,417	0,254	0,190	0,327	0,216	0,179	0,203
	0,280	0,292	0,341	0,336	0,477	1,225	0,491	0,480	0,418	0,582	0,639	0,589	0,510	0,664
	0,410	0,258	0,142	0,075	0,216	1,225	0,558	0,345	0,285	0,457	0,252	0,154	0,377	0,372
	0,054	0,052	0,050	0,051	0,138	1,225	0,611	0,464	0,359	0,280	0,338	0,280	0,179	0,144
	0,071	0,048	0,041	0,078	0,442	1,225	0,641	0,300	0,152	0,100	0,077	0,074	0,076	0,070
Horas	12	36	60	84	108	132	156	180	204	228	252	276	300	324
Média	0,079	0,084	0,130	0,296	0,536	1,225	0,599	0,387	0,259	0,221	0,217	0,213	0,189	0,191

O Gráfico 2 mostra a distribuição adimensional das vazões ao longo das 324 horas do hidrograma e o hidrograma médio (em preto serrilhado) obtido pelas médias de todos os adimensionais para um mesmo período do hidrograma. A distribuição da média é a mais importante para o cálculo do hidrograma de cheia pois como pode-se observar algumas vazões possuem variação diferente do esperado, isso pode ser explicado por picos de chuva em intervalos variados que fazem com que a vazão também ocorra em picos. Realizando a média das 18 maiores vazões esses picos se distribuem e resultam em um hidrograma mais uniforme.

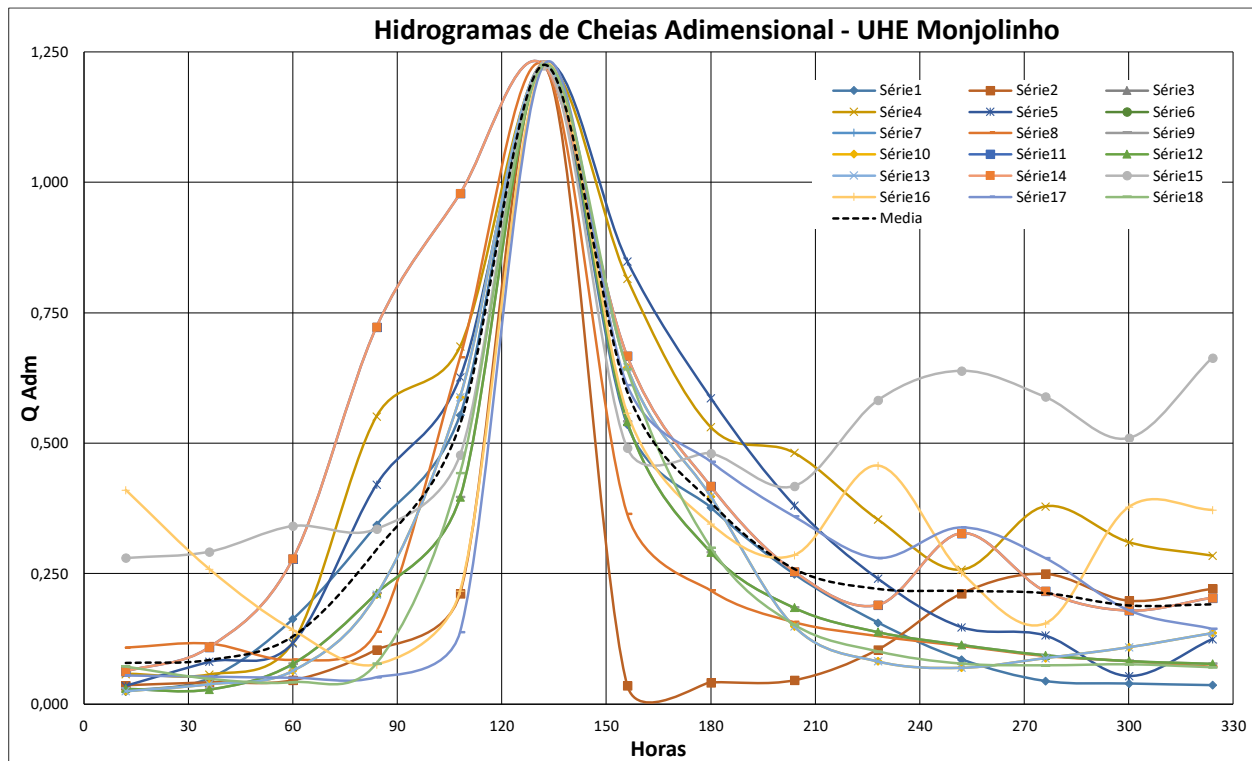


Gráfico 2 – Hidrograma de Cheias adimensionais

Para a obtenção do hidrograma final de cheia nos diferentes tempos de recorrência se utiliza os valores de cheia normal nos seus respectivos tempos de recorrência multiplicado pelo valor do hidrograma médio no correspondente período com interpolação de hora em hora obtendo-se assim as vazões ao longo de todo o período estimado para o hidrograma e para todos os tempos de recorrência determinados. A Tabela 13 apresenta o hidrograma de cheias para o Rio Passo Fundo no local da barragem da UHE Monjolinho para os tempos de recorrência de 5, 10, 20, 50, 100, 500, 1.000 e 10.000 anos.

Tabela 13 – Hidrograma de Cheias UHE Monjolinho

Hidrogramas de Cheias Para Diferentes Tempos de Recorrência - UHE Monjolinho										
Dias	horas	Q. Adm	5	10	20	50	100	500	1.000	10.000
						1.412	1.796	2.164	2.641	2.999
Dia 01	12	0,079	111	141	170	208	236	301	329	422
	13	0,079	112	142	171	209	237	302	330	423
	14	0,079	112	142	171	209	238	303	331	425

Hidrogramas de Cheias Para Diferentes Tempos de Recorrência - UHE Monjolinho											
Dias	horas	Q Adm	5	10	20	50	100	500	1.000	10.000	
			1.412	1.796	2.164	2.641	2.999	3.824	4.179	5.358	
Dias	15	0,079	112	143	172	210	238	304	332	426	
	16	0,080	113	143	172	211	239	305	333	427	
	17	0,080	113	144	173	211	240	306	334	428	
	18	0,080	113	144	174	212	240	307	335	430	
	19	0,080	114	144	174	212	241	308	336	431	
	20	0,081	114	145	175	213	242	308	337	432	
	21	0,081	114	145	175	214	243	309	338	433	
	22	0,081	115	146	176	214	243	310	339	435	
	23	0,081	115	146	176	215	244	311	340	436	
	24	0,082	115	147	177	215	245	312	341	437	
	1	0,082	116	147	177	216	245	313	342	438	
	2	0,082	116	147	178	217	246	314	343	440	
	3	0,082	116	148	178	217	247	315	344	441	
	4	0,083	117	148	179	218	248	316	345	442	
	5	0,083	117	149	179	219	248	317	346	443	
	6	0,083	117	149	180	219	249	317	347	445	
	7	0,083	118	150	180	220	250	318	348	446	
	8	0,083	118	150	181	220	250	319	349	447	
	9	0,084	118	150	181	221	251	320	350	449	
	10	0,084	119	151	182	222	252	321	351	450	
	11	0,084	119	151	182	222	252	322	352	451	
	Dia 02	12	0,084	119	152	183	223	253	323	353	452
		13	0,086	122	155	187	228	259	330	361	462
		14	0,088	125	158	191	233	264	337	369	473
15		0,090	127	162	195	238	270	344	376	483	
16		0,092	130	165	199	243	276	352	384	493	
17		0,094	133	169	203	248	281	359	392	503	
18		0,096	135	172	207	253	287	366	400	513	
19		0,098	138	175	211	258	293	373	408	523	
20		0,100	141	179	215	263	298	381	416	533	
21		0,101	143	182	219	268	304	388	424	543	
22		0,103	146	186	224	273	310	395	432	553	
23		0,105	149	189	228	278	315	402	440	564	
24		0,107	151	192	232	283	321	409	447	574	
1		0,109	154	196	236	288	327	417	455	584	
2		0,111	156	199	240	293	332	424	463	594	
3		0,113	159	202	244	298	338	431	471	604	
4		0,115	162	206	248	303	344	438	479	614	
5		0,116	164	209	252	308	349	445	487	624	
6		0,118	167	213	256	313	355	453	495	634	
7		0,120	170	216	260	318	361	460	503	644	
8	0,122	172	219	264	323	366	467	510	655		
9	0,124	175	223	268	328	372	474	518	665		
10	0,126	178	226	273	333	378	482	526	675		
11	0,128	180	230	277	338	383	489	534	685		
Dia 03	12	0,130	183	233	281	343	389	496	542	695	
	13	0,137	193	245	296	361	410	522	571	732	
	14	0,144	203	258	311	379	430	549	600	769	
	15	0,150	212	270	326	397	451	575	629	806	
	16	0,157	222	283	341	416	472	602	658	843	
	17	0,164	232	295	356	434	493	628	687	880	
	18	0,171	242	308	371	452	514	655	716	917	
	19	0,178	252	320	386	470	534	681	744	955	

Hidrogramas de Cheias Para Diferentes Tempos de Recorrência - UHE Monjolinho											
Dias	horas	Q Adm	5	10	20	50	100	500	1.000	10.000	
			1.412	1.796	2.164	2.641	2.999	3.824	4.179	5.358	
Dias	20	0,185	261	332	400	489	555	708	773	992	
	21	0,192	271	345	415	507	576	734	802	1.029	
	22	0,199	281	357	430	525	597	761	831	1.066	
	23	0,206	291	370	445	544	617	787	860	1.103	
	24	0,213	300	382	460	562	638	814	889	1.140	
	1	0,220	310	395	475	580	659	840	918	1.177	
	2	0,227	320	407	490	598	680	867	947	1.214	
	3	0,234	330	419	505	617	700	893	976	1.251	
	4	0,240	339	432	520	635	721	919	1.005	1.288	
	5	0,247	349	444	535	653	742	946	1.034	1.325	
	6	0,254	359	457	550	672	763	972	1.063	1.362	
Dias	7	0,261	369	469	565	690	783	999	1.092	1.400	
	8	0,268	379	482	580	708	804	1.025	1.120	1.437	
	9	0,275	388	494	595	726	825	1.052	1.149	1.474	
	10	0,282	398	506	610	745	846	1.078	1.178	1.511	
	11	0,289	408	519	625	763	866	1.105	1.207	1.548	
	Dia 04	12	0,296	418	531	640	781	887	1.131	1.236	1.585
		13	0,306	432	549	662	808	917	1.169	1.278	1.639
		14	0,316	446	567	683	834	947	1.208	1.320	1.692
		15	0,326	460	585	705	860	977	1.246	1.362	1.746
		16	0,336	474	603	727	887	1.007	1.284	1.403	1.799
		17	0,346	488	621	748	913	1.037	1.322	1.445	1.853
18		0,356	502	639	770	940	1.067	1.361	1.487	1.906	
19		0,366	517	657	792	966	1.097	1.399	1.529	1.960	
20		0,376	531	675	813	993	1.127	1.437	1.571	2.014	
21		0,386	545	693	835	1.019	1.157	1.475	1.612	2.067	
22		0,396	559	711	857	1.045	1.187	1.514	1.654	2.121	
Dia 04	23	0,406	573	729	878	1.072	1.217	1.552	1.696	2.174	
	24	0,416	587	747	900	1.098	1.247	1.590	1.738	2.228	
	1	0,426	601	765	921	1.125	1.277	1.628	1.780	2.282	
	2	0,436	615	783	943	1.151	1.307	1.667	1.821	2.335	
	3	0,446	630	801	965	1.177	1.337	1.705	1.863	2.389	
	4	0,456	644	819	986	1.204	1.367	1.743	1.905	2.442	
	5	0,466	658	837	1.008	1.230	1.397	1.781	1.947	2.496	
	6	0,476	672	855	1.030	1.257	1.427	1.820	1.989	2.550	
	7	0,486	686	873	1.051	1.283	1.457	1.858	2.030	2.603	
	8	0,496	700	891	1.073	1.310	1.487	1.896	2.072	2.657	
	9	0,506	714	908	1.095	1.336	1.517	1.934	2.114	2.710	
Dia 05	10	0,516	728	926	1.116	1.362	1.547	1.973	2.156	2.764	
	11	0,526	742	944	1.138	1.389	1.577	2.011	2.198	2.817	
	12	0,536	757	962	1.160	1.415	1.607	2.049	2.239	2.871	
	13	0,565	797	1.014	1.222	1.491	1.693	2.159	2.359	3.025	
	14	0,593	838	1.066	1.284	1.567	1.779	2.269	2.479	3.179	
	15	0,622	878	1.117	1.346	1.643	1.865	2.378	2.599	3.333	
	16	0,651	919	1.169	1.408	1.718	1.951	2.488	2.719	3.486	
	17	0,679	959	1.220	1.470	1.794	2.038	2.598	2.839	3.640	
	18	0,708	1.000	1.272	1.532	1.870	2.124	2.708	2.959	3.794	
	19	0,737	1.040	1.323	1.594	1.946	2.210	2.818	3.079	3.948	
	20	0,766	1.081	1.375	1.657	2.022	2.296	2.927	3.199	4.102	
Dia 05	21	0,794	1.121	1.426	1.719	2.098	2.382	3.037	3.319	4.256	
	22	0,823	1.162	1.478	1.781	2.173	2.468	3.147	3.439	4.409	
	23	0,852	1.203	1.530	1.843	2.249	2.554	3.257	3.559	4.563	
	24	0,880	1.243	1.581	1.905	2.325	2.640	3.367	3.679	4.717	

Hidrogramas de Cheias Para Diferentes Tempos de Recorrência - UHE Monjolinho										
Dias	horas	Q Adm	5	10	20	50	100	500	1.000	10.000
			1.412	1.796	2.164	2.641	2.999	3.824	4.179	5.358
Dias	1	0,909	1.284	1.633	1.967	2.401	2.726	3.476	3.799	4.871
	2	0,938	1.324	1.684	2.029	2.477	2.812	3.586	3.919	5.025
	3	0,967	1.365	1.736	2.092	2.553	2.899	3.696	4.039	5.179
	4	0,995	1.405	1.787	2.154	2.628	2.985	3.806	4.159	5.332
	5	1,024	1.446	1.839	2.216	2.704	3.071	3.915	4.279	5.486
	6	1,053	1.486	1.891	2.278	2.780	3.157	4.025	4.399	5.640
	7	1,081	1.527	1.942	2.340	2.856	3.243	4.135	4.519	5.794
	8	1,110	1.567	1.994	2.402	2.932	3.329	4.245	4.639	5.948
	9	1,139	1.608	2.045	2.464	3.007	3.415	4.355	4.759	6.101
	10	1,167	1.648	2.097	2.526	3.083	3.501	4.464	4.879	6.255
	11	1,196	1.689	2.148	2.589	3.159	3.587	4.574	4.999	6.409
Dia 06	12	1,225	1.730	2.200	2.651	3.235	3.673	4.684	5.119	6.563
	13	1,199	1.693	2.153	2.594	3.166	3.595	4.584	5.010	6.423
	14	1,173	1.656	2.106	2.538	3.097	3.517	4.485	4.901	6.283
	15	1,147	1.619	2.059	2.481	3.028	3.439	4.385	4.792	6.144
	16	1,121	1.582	2.013	2.425	2.959	3.361	4.285	4.683	6.004
	17	1,094	1.545	1.966	2.368	2.890	3.282	4.185	4.574	5.864
	18	1,068	1.509	1.919	2.312	2.822	3.204	4.086	4.465	5.724
	19	1,042	1.472	1.872	2.256	2.753	3.126	3.986	4.356	5.585
	20	1,016	1.435	1.825	2.199	2.684	3.048	3.886	4.247	5.445
	21	0,990	1.398	1.778	2.143	2.615	2.969	3.786	4.138	5.305
	22	0,964	1.361	1.731	2.086	2.546	2.891	3.687	4.029	5.165
	23	0,938	1.324	1.685	2.030	2.477	2.813	3.587	3.920	5.026
	24	0,912	1.288	1.638	1.973	2.408	2.735	3.487	3.811	4.886
	1	0,886	1.251	1.591	1.917	2.339	2.656	3.387	3.702	4.746
	2	0,860	1.214	1.544	1.860	2.270	2.578	3.288	3.593	4.606
	3	0,834	1.177	1.497	1.804	2.202	2.500	3.188	3.484	4.467
	4	0,808	1.140	1.450	1.748	2.133	2.422	3.088	3.375	4.327
	5	0,781	1.103	1.403	1.691	2.064	2.344	2.988	3.266	4.187
	6	0,755	1.067	1.357	1.635	1.995	2.265	2.889	3.157	4.047
	7	0,729	1.030	1.310	1.578	1.926	2.187	2.789	3.048	3.908
	8	0,703	993	1.263	1.522	1.857	2.109	2.689	2.939	3.768
	9	0,677	956	1.216	1.465	1.788	2.031	2.589	2.830	3.628
	10	0,651	919	1.169	1.409	1.719	1.952	2.490	2.721	3.488
	11	0,625	882	1.122	1.352	1.650	1.874	2.390	2.612	3.348
Dia 07	12	0,599	846	1.076	1.296	1.582	1.796	2.290	2.503	3.209
	13	0,590	833	1.060	1.277	1.558	1.770	2.256	2.466	3.161
	14	0,581	821	1.044	1.258	1.535	1.743	2.223	2.429	3.114
	15	0,572	808	1.028	1.239	1.512	1.717	2.189	2.392	3.067
	16	0,564	796	1.012	1.220	1.488	1.690	2.155	2.355	3.020
	17	0,555	783	996	1.200	1.465	1.664	2.121	2.318	2.972
	18	0,546	771	980	1.181	1.442	1.637	2.088	2.281	2.925
	19	0,537	758	965	1.162	1.418	1.611	2.054	2.244	2.878
	20	0,528	746	949	1.143	1.395	1.584	2.020	2.208	2.830
	21	0,519	733	933	1.124	1.372	1.558	1.986	2.171	2.783
	22	0,511	721	917	1.105	1.349	1.531	1.953	2.134	2.736
	23	0,502	709	901	1.086	1.325	1.505	1.919	2.097	2.689
	24	0,493	696	885	1.067	1.302	1.478	1.885	2.060	2.641
	1	0,484	684	870	1.048	1.279	1.452	1.851	2.023	2.594
	2	0,475	671	854	1.029	1.255	1.425	1.818	1.986	2.547
	3	0,466	659	838	1.009	1.232	1.399	1.784	1.949	2.499
	4	0,458	646	822	990	1.209	1.373	1.750	1.913	2.452
5	0,449	634	806	971	1.185	1.346	1.716	1.876	2.405	

Hidrogramas de Cheias Para Diferentes Tempos de Recorrência - UHE Monjolinho										
Dias	horas	Q Adm	5	10	20	50	100	500	1.000	10.000
			1.412	1.796	2.164	2.641	2.999	3.824	4.179	5.358
Dias	6	0,440	621	790	952	1.162	1.320	1.683	1.839	2.358
	7	0,431	609	774	933	1.139	1.293	1.649	1.802	2.310
	8	0,422	596	759	914	1.115	1.267	1.615	1.765	2.263
	9	0,414	584	743	895	1.092	1.240	1.581	1.728	2.216
	10	0,405	571	727	876	1.069	1.214	1.548	1.691	2.168
	11	0,396	559	711	857	1.046	1.187	1.514	1.654	2.121
	12	0,387	547	695	838	1.022	1.161	1.480	1.618	2.074
Dia 08	13	0,382	539	686	826	1.008	1.145	1.460	1.595	2.045
	14	0,376	531	676	814	994	1.129	1.439	1.573	2.017
	15	0,371	524	666	803	980	1.113	1.419	1.551	1.988
	16	0,366	516	657	791	966	1.097	1.398	1.528	1.959
	17	0,360	509	647	780	952	1.081	1.378	1.506	1.931
	18	0,355	501	638	768	938	1.065	1.358	1.484	1.902
	19	0,350	494	628	757	923	1.049	1.337	1.461	1.873
	20	0,344	486	618	745	909	1.033	1.317	1.439	1.845
	21	0,339	479	609	734	895	1.017	1.296	1.417	1.816
	22	0,334	471	599	722	881	1.001	1.276	1.394	1.788
	23	0,328	464	590	710	867	985	1.255	1.372	1.759
	24	0,323	456	580	699	853	969	1.235	1.350	1.730
	1	0,318	448	570	687	839	953	1.215	1.327	1.702
	2	0,312	441	561	676	825	937	1.194	1.305	1.673
	3	0,307	433	551	664	811	920	1.174	1.283	1.645
	4	0,302	426	542	653	796	904	1.153	1.260	1.616
	5	0,296	418	532	641	782	888	1.133	1.238	1.587
	6	0,291	411	522	630	768	872	1.112	1.216	1.559
	7	0,286	403	513	618	754	856	1.092	1.193	1.530
	8	0,280	396	503	606	740	840	1.072	1.171	1.501
	9	0,275	388	494	595	726	824	1.051	1.149	1.473
10	0,270	381	484	583	712	808	1.031	1.126	1.444	
11	0,264	373	474	572	698	792	1.010	1.104	1.416	
Dia 09	12	0,259	365	465	560	684	776	990	1.082	1.387
	13	0,257	363	462	557	679	772	984	1.075	1.378
	14	0,256	361	459	553	675	767	978	1.068	1.370
	15	0,254	359	456	550	671	762	972	1.062	1.361
	16	0,252	357	453	546	667	757	965	1.055	1.353
	17	0,251	354	451	543	663	752	959	1.048	1.344
	18	0,249	352	448	539	658	748	953	1.042	1.336
	19	0,248	350	445	536	654	743	947	1.035	1.327
	20	0,246	348	442	533	650	738	941	1.029	1.319
	21	0,245	345	439	529	646	733	935	1.022	1.310
	22	0,243	343	436	526	642	729	929	1.015	1.302
	23	0,241	341	433	522	637	724	923	1.009	1.293
	24	0,240	339	431	519	633	719	917	1.002	1.285
	1	0,238	336	428	515	629	714	911	995	1.276
	2	0,237	334	425	512	625	709	905	989	1.268
	3	0,235	332	422	508	621	705	899	982	1.259
	4	0,233	330	419	505	616	700	892	975	1.250
	5	0,232	327	416	502	612	695	886	969	1.242
	6	0,230	325	413	498	608	690	880	962	1.233
	7	0,229	323	411	495	604	686	874	955	1.225
	8	0,227	321	408	491	600	681	868	949	1.216
9	0,225	318	405	488	595	676	862	942	1.208	
10	0,224	316	402	484	591	671	856	935	1.199	

Hidrogramas de Cheias Para Diferentes Tempos de Recorrência - UHE Monjolinho										
Dias	horas	Q Adm	5	10	20	50	100	500	1.000	10.000
			1.412	1.796	2.164	2.641	2.999	3.824	4.179	5.358
	11	0,222	314	399	481	587	666	850	929	1.191
Dia 10	12	0,221	312	396	477	583	662	844	922	1.182
	13	0,220	311	396	477	582	661	843	921	1.181
	14	0,220	311	396	477	582	661	842	921	1.180
	15	0,220	311	395	476	581	660	842	920	1.180
	16	0,220	311	395	476	581	660	841	919	1.179
	17	0,220	310	395	476	581	659	841	919	1.178
	18	0,220	310	395	475	580	659	840	918	1.177
	19	0,220	310	394	475	580	658	839	917	1.176
	20	0,219	310	394	475	579	658	839	917	1.175
	21	0,219	309	394	474	579	657	838	916	1.174
	22	0,219	309	393	474	578	657	838	915	1.173
	23	0,219	309	393	474	578	656	837	915	1.173
	24	0,219	309	393	473	578	656	836	914	1.172
	1	0,219	309	392	473	577	655	836	913	1.171
	2	0,218	308	392	473	577	655	835	913	1.170
	3	0,218	308	392	472	576	654	834	912	1.169
	4	0,218	308	392	472	576	654	834	911	1.168
	5	0,218	308	391	471	575	653	833	911	1.167
	6	0,218	307	391	471	575	653	833	910	1.167
	7	0,218	307	391	471	575	652	832	909	1.166
8	0,217	307	390	470	574	652	831	908	1.165	
9	0,217	307	390	470	574	651	831	908	1.164	
10	0,217	306	390	470	573	651	830	907	1.163	
11	0,217	306	390	469	573	650	829	906	1.162	
Dia 11	12	0,217	306	389	469	572	650	829	906	1.161
	13	0,217	306	389	469	572	649	828	905	1.160
	14	0,216	306	389	468	571	649	827	904	1.159
	15	0,216	305	388	468	571	648	827	904	1.158
	16	0,216	305	388	468	571	648	826	903	1.158
	17	0,216	305	388	467	570	647	825	902	1.157
	18	0,216	305	387	467	570	647	825	901	1.156
	19	0,216	304	387	466	569	646	824	901	1.155
	20	0,215	304	387	466	569	646	823	900	1.154
	21	0,215	304	386	466	568	645	823	899	1.153
	22	0,215	304	386	465	568	645	822	898	1.152
	23	0,215	303	386	465	567	644	821	898	1.151
	24	0,215	303	385	464	567	644	821	897	1.150
	1	0,214	303	385	464	566	643	820	896	1.149
	2	0,214	303	385	464	566	643	819	896	1.148
	3	0,214	302	385	463	565	642	819	895	1.147
	4	0,214	302	384	463	565	642	818	894	1.146
	5	0,214	302	384	463	565	641	817	893	1.145
	6	0,214	302	384	462	564	641	817	893	1.144
	7	0,213	301	383	462	564	640	816	892	1.143
8	0,213	301	383	461	563	640	815	891	1.143	
9	0,213	301	383	461	563	639	815	890	1.142	
10	0,213	301	382	461	562	638	814	890	1.141	
11	0,213	300	382	460	562	638	813	889	1.140	
Dia 12	12	0,213	300	382	460	561	637	813	888	1.139
	13	0,212	299	380	458	559	634	809	884	1.134
	14	0,211	297	378	456	556	632	805	880	1.128
	15	0,210	296	376	454	554	629	801	876	1.123

Hidrogramas de Cheias Para Diferentes Tempos de Recorrência - UHE Monjolinho											
Dias	horas	Q Adm	5	10	20	50	100	500	1.000	10.000	
			1.412	1.796	2.164	2.641	2.999	3.824	4.179	5.358	
Dias	16	0,209	295	375	451	551	626	798	872	1.118	
	17	0,208	293	373	449	548	623	794	868	1.112	
	18	0,207	292	371	447	546	620	790	864	1.107	
	19	0,206	290	369	445	543	617	786	859	1.102	
	20	0,205	289	368	443	541	614	783	855	1.097	
	21	0,204	288	366	441	538	611	779	851	1.091	
	22	0,203	286	364	439	535	608	775	847	1.086	
	23	0,202	285	362	437	533	605	771	843	1.081	
	24	0,201	283	361	434	530	602	768	839	1.076	
	1	0,200	282	359	432	528	599	764	835	1.070	
	2	0,199	281	357	430	525	596	760	831	1.065	
	3	0,198	279	355	428	522	593	756	827	1.060	
	4	0,197	278	353	426	520	590	753	822	1.054	
	5	0,196	277	352	424	517	587	749	818	1.049	
	6	0,195	275	350	422	515	584	745	814	1.044	
	7	0,194	274	348	420	512	581	741	810	1.039	
	8	0,193	272	346	417	509	578	738	806	1.033	
	9	0,192	271	345	415	507	575	734	802	1.028	
	10	0,191	270	343	413	504	573	730	798	1.023	
	11	0,190	268	341	411	502	570	726	794	1.018	
	Dia 13	12	0,189	267	339	409	499	567	723	790	1.012
		13	0,189	267	340	409	499	567	723	790	1.013
		14	0,189	267	340	409	499	567	723	790	1.013
		15	0,189	267	340	409	500	567	724	791	1.014
16		0,189	267	340	410	500	568	724	791	1.014	
17		0,189	267	340	410	500	568	724	791	1.015	
18		0,189	268	340	410	500	568	725	792	1.015	
19		0,190	268	340	410	501	569	725	792	1.016	
20		0,190	268	341	410	501	569	725	793	1.016	
21		0,190	268	341	411	501	569	726	793	1.017	
22		0,190	268	341	411	501	569	726	793	1.017	
23		0,190	268	341	411	502	570	726	794	1.018	
24		0,190	268	341	411	502	570	727	794	1.018	
1		0,190	268	341	411	502	570	727	794	1.019	
2		0,190	269	342	412	502	570	727	795	1.019	
3		0,190	269	342	412	503	571	728	795	1.020	
4		0,190	269	342	412	503	571	728	796	1.020	
5		0,190	269	342	412	503	571	728	796	1.021	
6		0,191	269	342	412	503	571	729	796	1.021	
7		0,191	269	342	413	504	572	729	797	1.021	
8	0,191	269	343	413	504	572	729	797	1.022		
9	0,191	269	343	413	504	572	730	797	1.022		
10	0,191	270	343	413	504	573	730	798	1.023		
11	0,191	270	343	413	504	573	730	798	1.023		
Dia 14	12	0,191	270	343	414	505	573	731	799	1.024	

No Gráfico 3 apresenta-se os hidrogramas de cheia para os diferentes tempos de recorrência ao longo do período determinado.

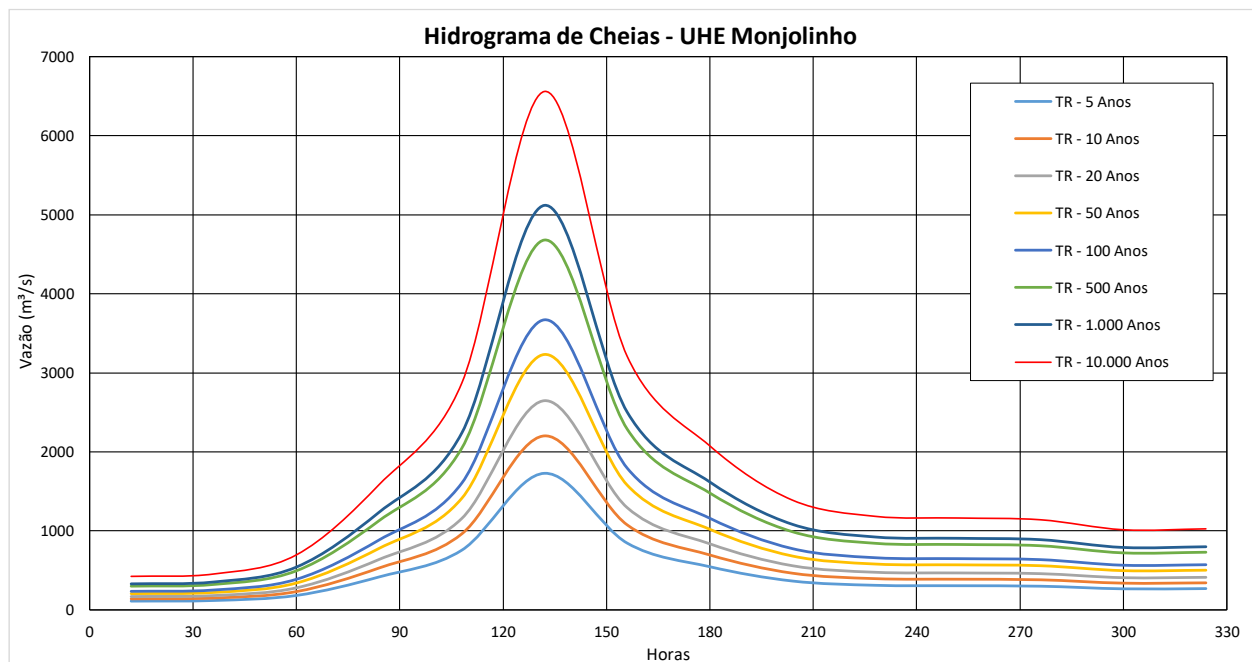


Gráfico 3 – Hidrograma de Cheias UHE Monjolinho para diversos Tempos de Recorrência

As curvas do hidrograma de cheias obtidas indicam que os dados obtidos possuem consistência e distribuição adequados sendo então considerados corretos e suficientes para o estudo de cheias e rompimento no reservatório da UHE Monjolinho.

5.2.4.4 Capacidade de descarga do vertedouro

O projeto como construído da UHE Monjolinho apresenta o vertedouro de soleira livre com comprimento útil de 290,00 m. A cota da soleira vertente se encontra na elevação 328,50 m. A mureta de proteção da barragem e da tomada de água se encontram na elevação 334,00 m. Assim a máxima carga no vertedouro antes de ocorrer o galgamento é de 5,50 m.

Conforme a Revisão Periódica de Segurança da UHE Monjolinho a atualização das vazões de cheia para o local da barragem indicaram a cheia máxima para pico instantâneo de 6.563 m³/s para TR de 10.000 anos onde a cota do reservatório chega na elevação 333,04 m resultando em 4,54 m de carga na crista do vertedouro indicando a capacidade de escoamento para cheia com recorrência de 10.000 anos.

No Gráfico 4 estão indicadas as curvas de descarga do manual de operação (mesma do supervisor) e a curva de descarga do vertedouro baseada nos dados da RPS 2018. No mesmo gráfico está indicada a elevação da crista da barragem sendo esse o limite de capacidade de vazão do vertedouro em condições de emergência. Antes de ocorrer o galgamento o vertedouro da UHE Monjolinho possui capacidade de escoar 8.808 m³/s, bastante acima dos valores de cheias extremas calculadas no RPS indicando segurança na estrutura quanto à capacidade de escoamento.

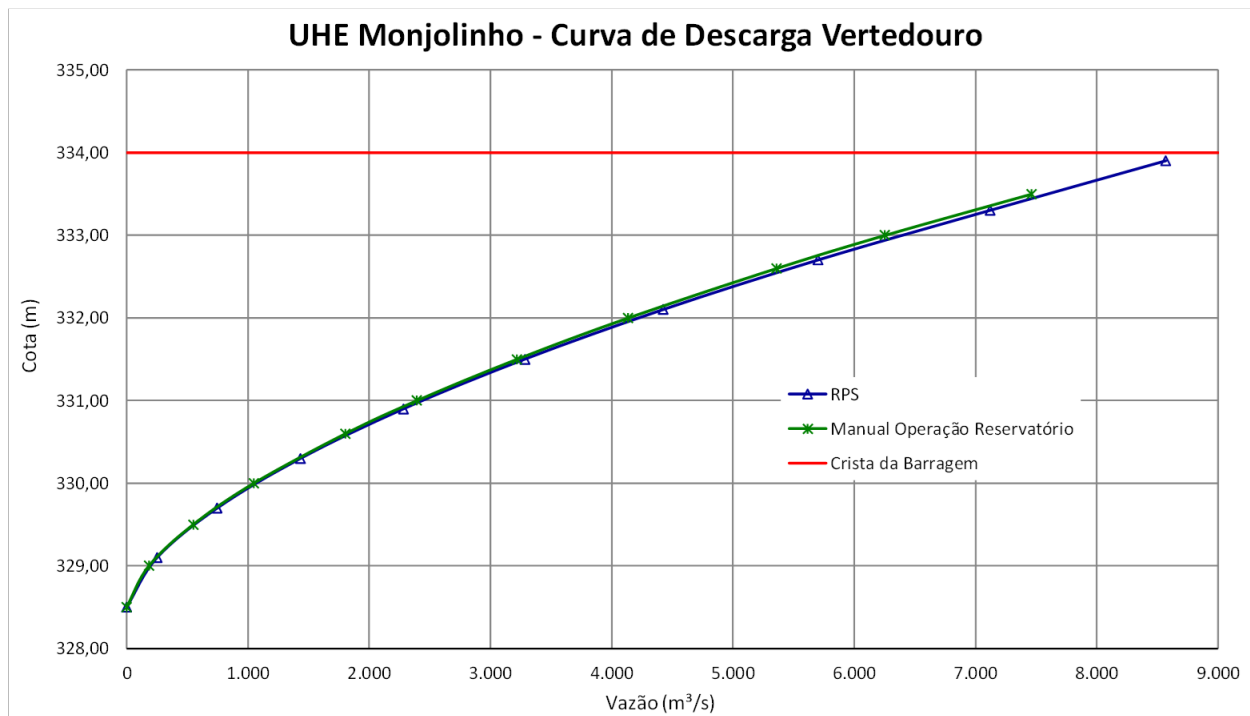


Gráfico 4 – Curva de Descarga Vertedouro – UHE Monjolinho

Concluindo pode-se afirmar que o sistema extravasor da UHE Monjolinho opera com condições de segurança e com capacidade de vazão de acordo com a atualização das vazões máximas de cheia, inclusive a vazão de cheia decamilenar.

5.2.5 Calibração do modelo matemático

Com os dados da restituição - curvas de níveis, seções topobatimétricas e níveis de água (dados do item 5.2.2), foi calibrado o fluxo de água na calha do Rio Passo Fundo no trecho estudado com a utilização do programa Hec-Ras.

A Figura 26 apresenta as 347 seções lançadas no programa também indicadas nos desenhos 3 a 11, MON-C-SRE-003-00-18 – Seções na Restituição – Folhas 01 a 09, no Volume II, apresentam a localização das seções.

A Figura 27 apresenta o perfil do rio com os níveis de água obtidos para a calibração do modelo com dados topográficos de 2018.

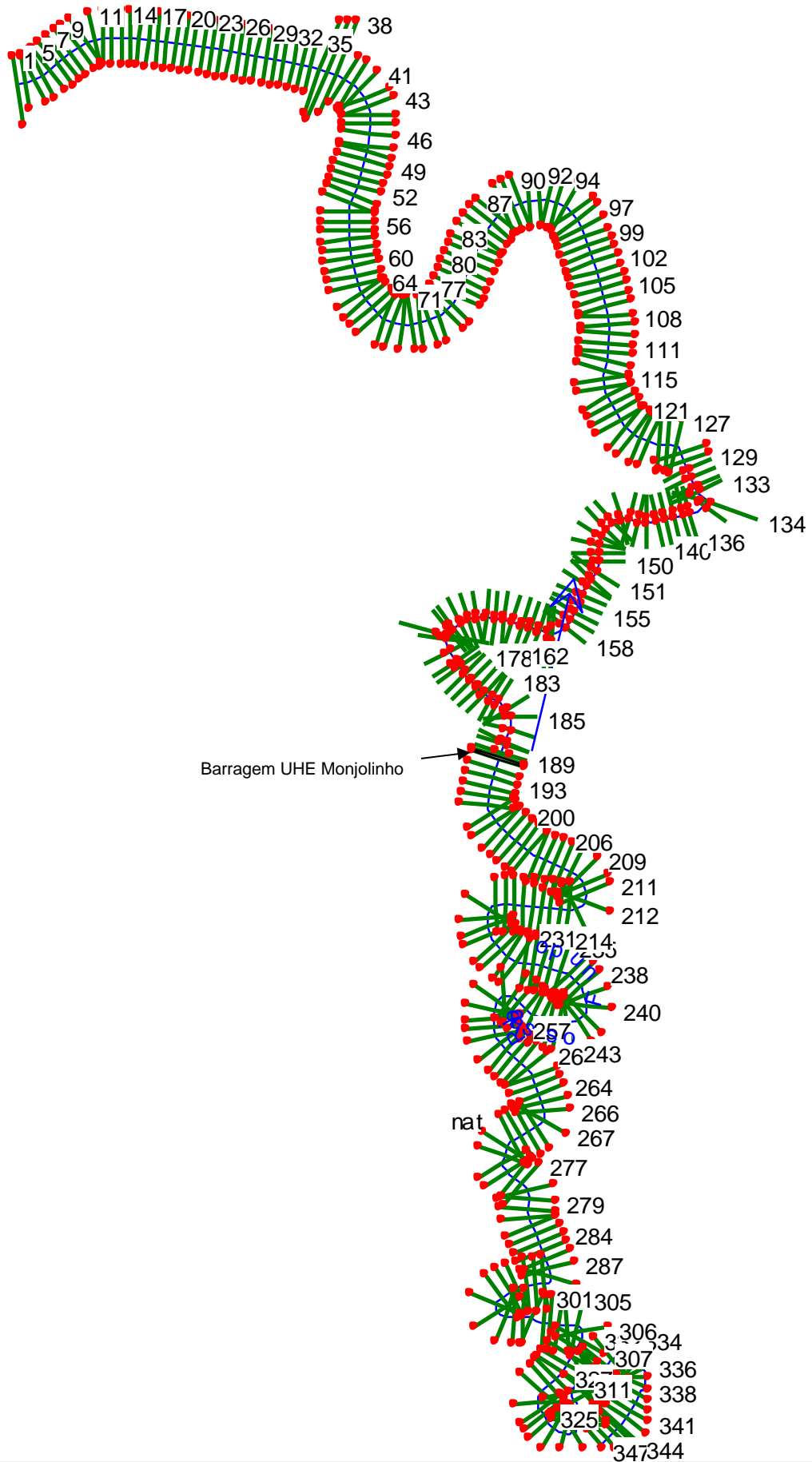


Figura 26 – Seções lançadas no Hec-Ras

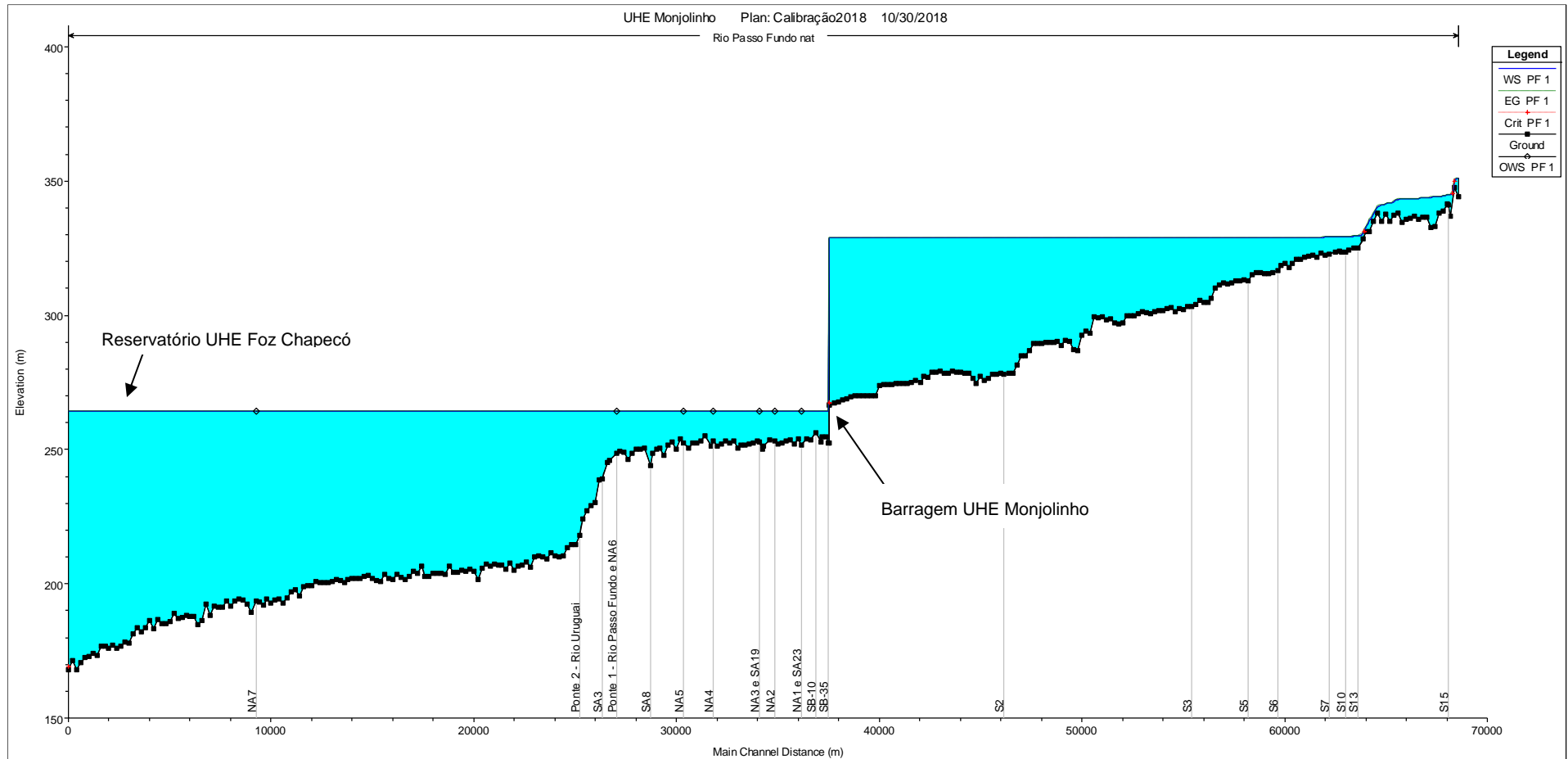


Figura 27 – Perfil do Rio Passo Fundo com Barramento

5.3 Causa considerada para o rompimento

Para as simulações das cheias naturais sem o rompimento da barragem verifica-se que não há galgamento em nenhuma parte da seção da barragem, conforme a Tabela 15.

Para a simulação de rompimento, devido às características da barragem onde o trecho com maior altura sobre a fundação é de concreto, a hipótese considerada foi de grande vazamento originário de piping (trecho mais profundo). O grande acúmulo de água em decorrência do elevado índice pluviométrico (recorrência) e os danos causados por erosão pluvial, correspondendo à **vazamento (piping) no ponto mais baixo do barramento de enrocamento com face de concreto**.

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

5.3.1 Dados utilizados para formação da brecha

Para a simulação de rompimento da Barragem Principal, maior altura, foi adotada uma brecha com geometria trapezoidal, localizada no ponto mais profundo da seção, com altura de 74 metros e largura de 40,00 m, dentro do limite de $0,5H < B < 3H$ estabelecido pelos critérios científicos de tamanho da brecha, de forma que a simulação apresente resultados conservativos. A inclinação do talude esquerdo e do talude direito é de 1 H:1 V.

A Figura 28 apresenta a modelagem da barragem no programa de simulação Hec-Ras.

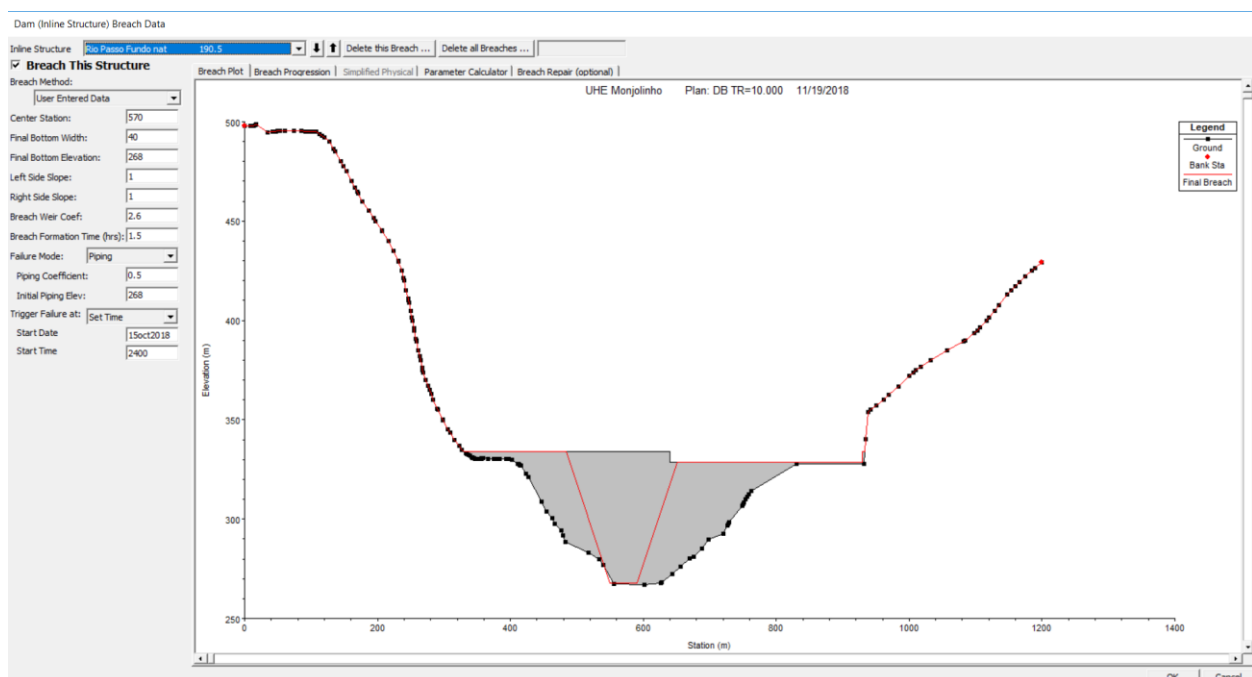


Figura 28 – Dados do Barramento – Hec-Ras

O tempo de formação da brecha adotado foi de 90 minutos de acordo com os critérios científicos de tempo de formação da brecha, conforme descrito e apresentado na Figura 21 e definido no item 5.1.4.2 Tempo de rompimento.

5.4 Simulações Realizadas

Primeiramente simulou-se o Rio Passo Fundo na situação natural para as duas vazões (TR=100 e TR= 10.000 anos), para depois simular o rompimento da barragem (dam break) da UHE Monjolinho.

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

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

Na tabela abaixo estão apresentados os picos de vazão dos hidrogramas de cheias na barragem da UHE Monjolinho.

Tabela 14 – Hidrogramas para UHE Monjolinho

TR (anos)	Pico Máximo do Hidrograma de Cheias (m³/s)
100	3.673
10.000	6.563

5.4.1 Resultados Básicos Simulação 1

A Tabela 15 apresenta os resultados dos níveis de água obtidos na Barragem, Casa de Força e Pontes de jusante somente com a consideração de enchente, sem rompimento da Barragem de Monjolinho nos diferentes tempos de recorrência considerados.

Nas pontes de jusante ocorre o galgamento a partir da enchente de TR=10.000 anos. E na Casa de Força não ocorre inundação em nenhuma das enchentes.

Tabela 15 – Dados dos níveis nas estruturas da UHE Monjolinho sem rompimento da Barragem

Estrutura	Cota de Proteção (m)	NA Máximo com Enchente (m)	
		TR 100	TR 10.000
Barragem Monjolinho	334,00	331,58	333,04
Casa de Força Monjolinho	280,00	272,10	276,61
Ponte 1 - Rio Passo Fundo	271,83	267,52	272,34
Ponte 2 - Rio Uruguai	271,94	267,46	272,24

(*) Destacados em vermelho, ocorre inundação.

5.4.2 Resultados Básicos Simulação 2

Todas as simulações de rompimento foram efetuadas para os tempos de recorrência de 100 e 10.000 anos, com o rompimento ocorrendo no pico máximo do hidrograma de enchentes para cada tempo de recorrência considerado.

A Tabela 16 apresenta os resultados dos níveis de água obtidos na Barragem, Casa de Força e Pontes de jusante com a consideração do rompimento da Barragem de Monjolinho.

As pontes de jusante são galgáveis a partir da enchente de TR=100 anos mais rompimento. E a Casa de Força ocorre inundação com rompimento.

Tabela 16 – Dados dos níveis nas estruturas da UHE Monjolinho com rompimento da Barragem

Estrutura	Cota de Proteção (m)	NA Máximo com Rompimento (m)	
		TR 100	TR 10.000
Barragem Monjolinho	334,00	331,54	332,99
Casa de Força Monjolinho	280,00	292,41	293,71
Ponte 1 - Rio Passo Fundo	271,83	273,95	278,93
Ponte 2 - Rio Uruguai	271,94	272,00	277,23

(*) Destacados, ocorre inundação.

5.5 Altura Máxima da Onda

Foi verificada a cota de proteção da Casa de Força de Monjolinho e as pontes de jusante, para as condições de ocorrência de enchentes naturais e com rompimento da barragem. A Tabela 17 apresenta os níveis com condições de enchentes e rompimento da Barragem na Casa de Força e nas pontes, onde ocorre inundação com rompimento da barragem.

Tabela 17 – Níveis na Casa de Força e Ponte – Natural e com rompimento Barragem Monjolinho

Estrutura	Condição	Cota de Proteção (m)	NA Máximo (m)	
			TR 100	TR 10.000
Casa de Força Monjolinho	Natural	280,00	272,10	276,61
	Rompimento		292,41	293,71
Ponte 1 - Rio Passo Fundo	Natural	271,83	267,52	272,34
	Rompimento		273,95	278,93
Ponte 2 - Rio Uruguai	Natural	271,94	267,46	272,24
	Rompimento		272,00	277,23

(*) Destacados, ocorre inundação.

A Tabela 18 apresenta os níveis máximos obtidos nas simulações, com e sem dam break, e altura máxima da onda (Δ), que é a diferença de nível entre as duas hipóteses para todas as seções da restituição definidas no estudo. Também está apresentado a velocidade e vazão máxima obtida em cada seção. Os pontos dos barramentos a jusante estão selecionados junto com outras seções de interesse que estão definidas nas descrições.

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

Tabela 18 – Resultados Obtidos- natural e com Dam Break - Rompimento da UHE Monjolinho

PERFIL					TR 100 ANOS					TR 10.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s) (*)	Vazão Máx. (m³/s) (*)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
347		200,00	68600,00	344,14	367,84	367,84	0,00	2,50	3673,00	372,92	372,92	0,00	3,07	6563,00
346		200,00	68400,00	347,47	364,19	364,19	0,00	7,42	3666,94	370,15	370,15	0,00	6,78	6561,59
345		120,00	68200,00	336,83	363,26	363,26	0,00	4,91	3666,89	368,93	368,93	0,00	5,59	6560,42
344	S15	80,00	68080,00	341,13	363,75	363,75	0,00	2,60	3670,48	369,53	369,53	0,00	3,31	6559,58
343		200,00	68000,00	341,38	363,41	363,41	0,00	3,31	3666,88	369,14	369,14	0,00	3,94	6558,95
342		200,00	67800,00	338,79	362,77	362,77	0,00	3,75	3666,83	368,17	368,17	0,00	4,76	6552,18
341		200,00	67600,00	338,02	362,10	362,10	0,00	3,93	3666,72	367,38	367,38	0,00	4,79	6552,10
340		200,00	67400,00	333,10	362,25	362,25	0,00	2,33	3666,55	367,58	367,58	0,00	3,16	6551,97
339		200,00	67200,00	332,76	361,73	361,73	0,00	3,30	3666,38	366,74	366,74	0,00	4,35	6551,81
338		200,00	67000,00	336,58	360,81	360,81	0,00	3,81	3666,14	366,00	366,00	0,00	3,97	6551,51
337		200,00	66800,00	336,55	360,35	360,35	0,00	3,33	3665,79	365,26	365,26	0,00	4,19	6551,07
336		200,00	66600,00	335,94	359,56	359,56	0,00	3,85	3665,43	364,45	364,45	0,00	4,50	6550,60
335		200,00	66400,00	337,07	358,44	358,44	0,00	4,34	3662,73	363,38	363,38	0,00	4,86	6550,00
334		200,00	66200,00	336,21	358,62	358,62	0,00	2,00	3662,63	363,75	363,75	0,00	2,41	6549,08
333		200,00	66000,00	335,69	358,48	358,48	0,00	1,96	3662,52	363,57	363,57	0,00	2,45	6548,02
332		200,00	65800,00	334,48	358,15	358,15	0,00	2,58	3662,42	363,03	363,03	0,00	3,45	6547,21
331		200,00	65600,00	337,93	357,47	357,47	0,00	3,52	3662,33	362,19	362,19	0,00	4,31	6544,74
330		200,00	65400,00	337,24	355,38	355,38	0,00	5,56	3662,22	359,87	359,88	0,00	6,38	6544,66
329		200,00	65200,00	335,17	355,18	355,18	0,00	3,44	3662,04	359,95	359,95	0,00	4,10	6544,48
328		200,00	65000,00	337,83	354,69	354,69	0,00	3,13	3661,78	359,63	359,63	0,00	3,53	6544,24
327		200,00	64800,00	334,83	352,54	352,54	0,00	5,65	3661,56	356,90	356,90	0,00	6,85	6544,00
326		200,00	64600,00	338,07	350,10	350,10	0,00	6,27	3660,39	355,24	355,24	0,00	6,48	6540,02
325		200,00	64400,00	334,90	349,42	349,42	0,00	4,25	3660,31	354,98	354,98	0,00	4,75	6539,98
324		200,00	64200,00	331,03	348,08	348,08	0,00	4,84	3660,17	353,80	353,80	0,00	5,33	6539,90
323		120,00	64000,00	331,03	347,18	347,18	0,00	4,32	3659,96	353,11	353,11	0,00	4,86	6539,73
322	S14	252,58	63880,00	328,45	346,76	346,76	0,00	4,11	3657,74	352,77	352,77	0,00	4,61	6539,60

PERFIL					TR 100 ANOS					TR 10.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s) (*)	Vazão Máx. (m³/s) (*)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
321	S13	187,42	63627,42	325,11	346,35	346,35	0,00	3,18	3657,70	352,45	352,45	0,00	3,70	6539,26
320	S12	260,00	63440,00	325,02	346,03	346,03	0,00	2,98	3657,64	352,11	352,11	0,00	3,59	6538,98
319	S11	180,00	63180,00	324,24	345,43	345,43	0,00	3,30	3657,54	351,47	351,47	0,00	3,89	6538,55
318	S10	200,00	63000,00	323,73	345,20	345,20	0,00	2,89	3657,45	351,25	351,25	0,00	3,50	6538,22
317		119,07	62800,00	323,71	344,74	344,74	0,00	3,23	3657,34	350,64	350,64	0,00	4,00	6537,87
316	S9	160,93	62680,93	324,01	344,33	344,33	0,00	3,64	3657,28	350,11	350,11	0,00	4,51	6537,67
315	S8	300,00	62520,00	323,65	344,00	344,00	0,00	3,48	3657,18	349,76	349,76	0,00	4,30	6534,83
314	S7	220,00	62220,00	322,82	343,46	343,46	0,00	3,26	3656,98	349,12	349,12	0,00	4,06	6534,79
313		200,00	62000,00	322,21	342,81	342,81	0,00	3,64	3656,81	348,38	348,38	0,00	4,43	6534,73
312		200,00	61800,00	323,31	342,17	342,17	0,00	3,73	3656,65	347,61	347,61	0,00	4,63	6534,64
311		200,00	61600,00	321,66	341,47	341,47	0,00	3,84	3656,49	346,97	346,97	0,00	4,18	6534,47
310		200,00	61400,00	322,41	340,47	340,46	0,00	3,94	3656,31	345,69	345,69	0,00	4,72	6534,24
309		200,00	61200,00	322,00	339,93	339,92	0,00	3,66	3656,11	345,09	345,09	0,00	4,47	6534,00
308		200,00	61000,00	321,74	339,15	339,14	0,00	3,95	3655,91	344,26	344,26	0,00	4,74	6533,73
307		200,00	60800,00	320,93	338,33	338,33	0,00	4,08	3655,72	343,35	343,35	0,00	4,94	6533,42
306		200,00	60600,00	320,69	337,74	337,74	0,00	3,80	3655,55	342,78	342,78	0,00	4,57	6533,06
305		200,00	60400,00	319,31	337,74	337,73	0,00	2,48	3655,36	342,92	342,92	0,00	2,97	6532,61
304		200,00	60200,00	317,67	337,31	337,30	0,00	2,93	3655,17	342,32	342,31	0,00	3,68	6532,11
303		200,00	60000,00	319,45	336,48	336,47	0,00	3,82	3655,08	341,27	341,26	0,00	4,75	6531,73
302		107,73	59800,00	318,48	336,23	336,21	-0,02	3,13	3651,13	341,02	341,01	-0,01	3,96	6531,35
301	S6	292,27	59692,27	316,71	336,12	336,10	-0,02	2,89	3650,89	340,84	340,83	-0,01	3,83	6531,15
300		200,00	59400,00	315,92	335,82	335,80	-0,02	2,58	3650,26	340,45	340,44	-0,01	3,45	6530,61
299		200,00	59200,00	315,52	335,47	335,45	-0,02	2,81	3649,86	339,96	339,94	-0,02	3,73	6530,28
298		200,00	59000,00	315,52	335,31	335,29	-0,02	2,12	3649,46	339,86	339,84	-0,02	2,72	6529,94
297		200,00	58800,00	316,02	334,97	334,95	-0,02	2,47	3649,00	339,41	339,39	-0,02	3,14	6529,55
296		200,00	58600,00	315,97	334,00	333,97	-0,03	3,87	3648,81	337,88	337,86	-0,02	5,03	6521,58
295		200,00	58400,00	315,00	333,98	333,96	-0,02	2,56	3648,76	337,96	337,93	-0,03	3,41	6520,94
294	S5	200,00	58200,00	312,70	334,06	334,03	-0,03	1,27	3648,69	338,15	338,12	-0,03	1,65	6519,95

PERFIL					TR 100 ANOS					TR 10.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s) (*)	Vazão Máx. (m³/s) (*)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
293		200,00	58000,00	313,28	333,85	333,82	-0,03	1,87	3639,68	337,81	337,78	-0,03	2,52	6518,75
292		200,00	57800,00	312,75	333,64	333,61	-0,03	2,18	3639,12	337,39	337,36	-0,03	3,14	6518,09
291		200,00	57600,00	313,03	333,44	333,41	-0,03	2,37	3638,68	337,04	337,01	-0,03	3,35	6517,58
290		200,00	57400,00	311,90	333,28	333,25	-0,03	2,29	3638,28	336,75	336,72	-0,03	3,33	6517,16
289		200,00	57200,00	311,86	333,26	333,23	-0,03	1,76	3637,88	336,75	336,72	-0,03	2,55	6516,75
288		200,00	57000,00	311,90	333,08	333,05	-0,03	2,02	3637,46	336,44	336,40	-0,04	2,91	6516,36
287		200,00	56800,00	311,21	332,89	332,86	-0,03	2,22	3637,15	336,09	336,05	-0,04	3,23	6516,12
286		200,00	56600,00	310,00	332,67	332,64	-0,03	2,41	3636,95	335,65	335,61	-0,04	3,54	6501,16
285		200,00	56400,00	306,47	332,54	332,51	-0,03	2,26	3636,82	335,37	335,33	-0,04	3,43	6500,53
284		200,00	56200,00	304,66	332,50	332,46	-0,04	1,92	3636,74	335,27	335,23	-0,04	2,96	6499,95
283		200,00	56000,00	304,66	332,43	332,39	-0,04	1,80	3636,69	335,13	335,09	-0,04	2,78	6499,38
282		200,00	55800,00	305,60	332,32	332,29	-0,03	1,88	3625,96	334,89	334,85	-0,04	2,94	6498,84
281	S4	200,00	55600,00	304,14	332,39	332,35	-0,04	0,49	3625,06	335,06	335,02	-0,04	0,72	6497,72
280	S3	200,00	55400,00	303,30	332,30	332,26	-0,04	1,33	3624,13	334,84	334,80	-0,04	2,13	6496,58
279		200,00	55200,00	303,16	332,30	332,27	-0,03	0,87	3623,55	334,87	334,83	-0,04	1,33	6495,94
278		200,00	55000,00	302,07	332,22	332,19	-0,03	1,27	3622,95	334,68	334,64	-0,04	2,03	6495,31
277		200,00	54800,00	302,41	332,20	332,17	-0,03	1,19	3622,46	334,63	334,59	-0,04	1,89	6494,85
276		200,00	54600,00	301,21	332,15	332,12	-0,03	1,34	3621,99	334,50	334,46	-0,04	2,13	6494,44
275		200,00	54400,00	303,02	332,11	332,08	-0,03	1,32	3621,56	334,41	334,37	-0,04	2,11	6494,12
274		200,00	54200,00	302,41	332,05	332,02	-0,03	1,45	3621,16	334,27	334,22	-0,05	2,32	6493,88
273		200,00	54000,00	301,81	332,04	332,00	-0,04	1,24	3620,78	334,24	334,19	-0,05	2,00	6493,71
272		200,00	53800,00	301,68	331,99	331,96	-0,03	1,30	3620,39	334,13	334,08	-0,05	2,08	6493,59
271		200,00	53600,00	301,21	331,98	331,94	-0,04	1,12	3619,99	334,09	334,05	-0,04	1,81	6493,54
270		200,00	53400,00	300,60	331,96	331,93	-0,03	1,03	3619,59	334,06	334,01	-0,05	1,67	6471,55
269		200,00	53200,00	300,82	331,92	331,89	-0,03	1,15	3619,22	333,97	333,92	-0,05	1,85	6470,71
268		200,00	53000,00	301,43	331,89	331,86	-0,03	1,17	3618,89	333,89	333,84	-0,05	1,91	6469,96
267		200,00	52800,00	300,52	331,89	331,85	-0,04	0,98	3618,56	333,88	333,84	-0,04	1,60	6469,19
266		200,00	52600,00	300,00	331,88	331,85	-0,03	0,86	3618,21	333,86	333,82	-0,04	1,41	6468,34

PERFIL					TR 100 ANOS					TR 10.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s) (*)	Vazão Máx. (m³/s) (*)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
265		200,00	52400,00	300,00	331,85	331,82	-0,03	0,99	3617,89	333,79	333,74	-0,05	1,62	6467,58
264		200,00	52200,00	300,00	331,83	331,79	-0,04	1,03	3617,63	333,73	333,68	-0,05	1,70	6466,91
263		200,00	52000,00	297,11	331,83	331,79	-0,04	0,89	3617,38	333,72	333,67	-0,05	1,48	6466,25
262		200,00	51800,00	296,97	331,81	331,77	-0,04	0,94	3617,15	333,67	333,62	-0,05	1,56	6465,64
261		200,00	51600,00	297,00	331,80	331,76	-0,04	0,91	3616,95	333,63	333,59	-0,04	1,52	6465,07
260		200,00	51400,00	298,53	331,78	331,75	-0,03	0,90	3616,76	333,60	333,55	-0,05	1,49	6464,49
259		200,00	51200,00	298,24	331,77	331,73	-0,04	0,87	3616,57	333,57	333,52	-0,05	1,45	6463,90
258		200,00	51000,00	299,30	331,76	331,72	-0,04	0,90	3616,40	333,53	333,48	-0,05	1,48	6463,32
257		200,00	50800,00	299,21	331,74	331,70	-0,04	0,89	3616,25	333,49	333,44	-0,05	1,48	6462,76
256		200,00	50600,00	299,43	331,73	331,70	-0,03	0,82	3616,12	333,47	333,42	-0,05	1,36	6462,20
255		200,00	50400,00	293,45	331,73	331,69	-0,04	0,79	3616,02	333,45	333,40	-0,05	1,33	6461,70
254		200,00	50200,00	293,97	331,71	331,67	-0,04	0,83	3615,95	333,41	333,36	-0,05	1,38	6461,25
253		200,00	50000,00	292,76	331,72	331,69	-0,03	0,49	3615,86	333,45	333,40	-0,05	0,79	6460,63
252		200,00	49800,00	286,81	331,72	331,68	-0,04	0,55	3615,78	333,42	333,37	-0,05	0,93	6459,96
251		200,00	49600,00	287,24	331,71	331,67	-0,04	0,53	3615,74	333,41	333,36	-0,05	0,90	6459,46
250		200,00	49400,00	290,34	331,70	331,66	-0,04	0,61	3615,72	333,39	333,33	-0,06	1,03	6458,99
249		200,00	49200,00	290,86	331,69	331,65	-0,04	0,66	3598,03	333,36	333,31	-0,05	1,12	6458,59
248		200,00	49000,00	288,62	331,68	331,64	-0,04	0,70	3597,51	333,33	333,28	-0,05	1,18	6458,25
247		200,00	48800,00	290,43	331,67	331,63	-0,04	0,70	3597,00	333,31	333,25	-0,06	1,18	6457,96
246		200,00	48600,00	290,00	331,67	331,63	-0,04	0,67	3596,47	333,29	333,24	-0,05	1,13	6457,68
245		200,00	48400,00	289,87	331,67	331,63	-0,04	0,59	3595,91	333,29	333,23	-0,06	1,00	6457,42
244		200,00	48200,00	289,74	331,66	331,62	-0,04	0,60	3595,34	333,27	333,22	-0,05	1,01	6457,18
243		200,00	48000,00	289,61	331,67	331,63	-0,04	0,43	3594,65	333,28	333,23	-0,05	0,72	6456,90
242		200,00	47800,00	289,49	331,66	331,62	-0,04	0,49	3593,90	333,26	333,21	-0,05	0,83	6456,62
241		200,00	47600,00	289,36	331,66	331,62	-0,04	0,48	3593,22	333,26	333,20	-0,06	0,82	6456,41
240		200,00	47400,00	286,89	331,66	331,62	-0,04	0,32	3592,43	333,27	333,21	-0,06	0,55	6456,19
239		200,00	47200,00	284,92	331,65	331,61	-0,04	0,48	3591,65	333,24	333,19	-0,05	0,82	6456,00
238		200,00	47000,00	284,81	331,65	331,61	-0,04	0,49	3591,05	333,23	333,18	-0,05	0,84	6455,91

PERFIL					TR 100 ANOS					TR 10.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s) (*)	Vazão Máx. (m³/s) (*)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
237		200,00	46800,00	281,38	331,64	331,60	-0,04	0,49	3590,46	333,22	333,17	-0,05	0,84	6455,85
236		200,00	46600,00	278,25	331,64	331,60	-0,04	0,50	3589,92	333,21	333,15	-0,06	0,86	6455,83
235		240,00	46400,00	278,36	331,64	331,60	-0,04	0,45	3589,35	333,21	333,15	-0,06	0,76	6424,00
234	S2	160,00	46160,00	278,17	331,64	331,60	-0,04	0,43	3588,67	333,20	333,14	-0,06	0,74	6422,96
233		200,00	46000,00	278,36	331,63	331,60	-0,03	0,41	3588,15	333,19	333,14	-0,05	0,70	6422,18
232		200,00	45800,00	277,88	331,63	331,59	-0,04	0,39	3587,49	333,19	333,13	-0,06	0,67	6421,17
231		200,00	45600,00	278,15	331,63	331,59	-0,04	0,42	3586,84	333,18	333,12	-0,06	0,72	6420,20
230		200,00	45400,00	276,55	331,63	331,59	-0,04	0,42	3586,22	333,17	333,12	-0,05	0,71	6419,25
229		200,00	45200,00	275,95	331,62	331,58	-0,04	0,40	3585,57	333,16	333,11	-0,05	0,68	6418,27
228		200,00	45000,00	277,16	331,62	331,58	-0,04	0,40	3584,94	333,16	333,10	-0,06	0,68	6417,31
227		200,00	44800,00	274,74	331,62	331,58	-0,04	0,40	3584,32	333,15	333,10	-0,05	0,68	6416,39
226		200,00	44600,00	276,56	331,62	331,58	-0,04	0,39	3583,70	333,14	333,09	-0,05	0,67	6415,47
225		200,00	44400,00	278,62	331,62	331,58	-0,04	0,33	3583,02	333,14	333,09	-0,05	0,57	6414,45
224		200,00	44200,00	278,45	331,62	331,58	-0,04	0,36	3582,31	333,14	333,08	-0,06	0,62	6413,39
223		200,00	44000,00	278,88	331,62	331,58	-0,04	0,31	3581,57	333,14	333,08	-0,06	0,54	6412,30
222		200,00	43800,00	278,97	331,61	331,57	-0,04	0,32	3580,79	333,13	333,08	-0,05	0,55	6411,14
221		200,00	43600,00	279,07	331,61	331,57	-0,04	0,39	3580,11	333,12	333,07	-0,05	0,67	6410,13
220		200,00	43400,00	278,36	331,61	331,57	-0,04	0,39	3579,49	333,12	333,06	-0,06	0,67	6409,21
219		200,00	43200,00	278,50	331,61	331,57	-0,04	0,40	3578,88	333,11	333,05	-0,06	0,69	6408,31
218		200,00	43000,00	279,15	331,60	331,56	-0,04	0,40	3578,26	333,10	333,05	-0,05	0,68	6407,40
217		200,00	42800,00	278,79	331,60	331,56	-0,04	0,41	3577,64	333,09	333,04	-0,05	0,70	6406,48
216		200,00	42600,00	278,96	331,60	331,56	-0,04	0,39	3577,02	333,09	333,04	-0,05	0,67	6405,58
215		200,00	42400,00	276,90	331,60	331,56	-0,04	0,38	3576,40	333,09	333,03	-0,06	0,65	6404,65
214		140,00	42200,00	277,41	331,60	331,56	-0,04	0,36	3575,76	333,08	333,03	-0,05	0,62	6403,71
213		260,00	42060,00	275,00	331,60	331,56	-0,04	0,13	3574,96	333,10	333,04	-0,06	0,22	6402,54
212		200,00	41800,00	275,72	331,60	331,56	-0,04	0,28	3573,49	333,08	333,03	-0,05	0,49	6400,38
211		200,00	41600,00	274,90	331,60	331,56	-0,04	0,16	3572,43	333,09	333,04	-0,05	0,28	6398,83
210		200,00	41400,00	274,79	331,60	331,56	-0,04	0,23	3571,33	333,08	333,03	-0,05	0,40	6397,20

PERFIL					TR 100 ANOS					TR 10.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s) (*)	Vazão Máx. (m³/s) (*)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
209		200,00	41200,00	274,68	331,60	331,56	-0,04	0,26	3570,45	333,08	333,03	-0,05	0,44	6395,91
208		200,00	41000,00	274,57	331,60	331,55	-0,05	0,29	3569,64	333,08	333,02	-0,06	0,49	6394,73
207		200,00	40800,00	274,47	331,59	331,55	-0,04	0,30	3568,88	333,07	333,02	-0,05	0,51	6393,62
206		200,00	40600,00	274,36	331,59	331,55	-0,04	0,29	3568,13	333,07	333,01	-0,06	0,50	6392,51
205		200,00	40400,00	274,26	331,59	331,55	-0,04	0,26	3567,33	333,07	333,01	-0,06	0,45	6391,35
204		200,00	40200,00	274,16	331,59	331,55	-0,04	0,25	3566,48	333,07	333,01	-0,06	0,43	6390,10
203		200,00	40000,00	274,04	331,59	331,55	-0,04	0,26	3565,63	333,06	333,01	-0,05	0,45	6388,86
202		200,00	39800,00	270,00	331,59	331,55	-0,04	0,24	3564,79	333,06	333,01	-0,05	0,42	6387,64
201		200,00	39600,00	269,96	331,59	331,55	-0,04	0,24	3563,94	333,06	333,01	-0,05	0,41	6386,41
200		200,00	39400,00	269,94	331,59	331,55	-0,04	0,24	3563,07	333,06	333,00	-0,06	0,42	6385,15
199		200,00	39200,00	269,92	331,59	331,55	-0,04	0,22	3562,18	333,06	333,00	-0,06	0,39	6383,85
198		200,00	39000,00	269,89	331,59	331,55	-0,04	0,19	3561,17	333,06	333,00	-0,06	0,32	6382,39
197		200,00	38800,00	269,87	331,59	331,55	-0,04	0,20	3560,10	333,05	333,00	-0,05	0,35	6380,83
196		200,00	38600,00	269,49	331,59	331,55	-0,04	0,21	3559,12	333,05	333,00	-0,05	0,37	6379,40
195		200,00	38400,00	268,96	331,59	331,55	-0,04	0,21	3558,18	333,05	332,99	-0,06	0,37	6378,04
194		200,00	38200,00	268,43	331,59	331,55	-0,04	0,21	3557,25	333,05	332,99	-0,06	0,36	6376,68
193		200,00	38000,00	267,90	331,59	331,54	-0,05	0,20	3556,31	333,05	332,99	-0,06	0,35	6375,31
192		252,07	37800,00	267,37	331,58	331,54	-0,04	0,20	3555,33	333,05	332,99	-0,06	0,35	6373,88
191	Barragem Monjolinho	47,93	37547,93	266,80	331,58	331,54	-0,04	0,21	3554,13	333,04	332,99	-0,05	0,36	6372,13
Barragem UHE Monjolinho														
190	SB-35	100,00	37500,00	252,50	272,05	291,47	19,42	5,65	34134,18	276,50	292,78	16,28	5,67	36017,84
189	Casa de Força Monjolinho	200,00	37400,00	254,62	272,10	292,41	20,31	3,05	34089,18	276,61	293,71	17,10	3,08	35978,17
188		60,00	37200,00	254,83	272,02	291,82	19,80	4,40	33996,21	276,49	293,13	16,64	4,42	35896,76
187	SB-20 e S1	260,41	37140,00	252,76	272,01	291,43	19,42	5,23	33969,63	276,45	292,73	16,28	5,25	35873,73
186	SB-10	279,59	36879,59	256,28	271,89	291,17	19,28	5,06	33858,73	276,31	292,49	16,18	5,04	35781,11
185		200,00	36600,00	253,66	271,82	290,44	18,62	5,81	32147,35	276,18	291,68	15,50	6,12	35676,68
184		242,02	36400,00	253,97	271,71	289,95	18,24	6,16	32129,06	276,05	291,17	15,12	6,23	34172,83
183	NA1 e SA23	157,98	36157,98	251,72	271,70	290,60	18,90	4,27	32106,40	276,07	291,83	15,76	4,47	35498,08

PERFIL					TR 100 ANOS					TR 10.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s) (*)	Vazão Máx. (m³/s) (*)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
182		200,00	36000,00	254,14	271,67	290,97	19,30	3,36	32093,44	276,05	292,29	16,24	3,30	35382,07
181		200,00	35800,00	252,07	271,62	290,75	19,13	3,56	32077,21	275,98	292,03	16,05	3,61	35212,25
180		200,00	35600,00	253,62	271,45	289,91	18,46	4,80	32058,69	275,78	291,16	15,38	4,79	34182,00
179		200,00	35400,00	253,10	271,36	288,89	17,53	6,24	32033,32	275,63	290,10	14,47	6,29	34171,32
178		200,00	35200,00	252,59	271,30	288,77	17,47	6,15	32004,18	275,56	289,98	14,42	6,21	34155,41
177		140,00	35000,00	251,95	271,35	289,37	18,02	4,73	31975,89	275,65	290,59	14,94	4,80	34140,35
176	NA2	260,00	34860,00	253,10	271,26	289,18	17,92	4,31	31955,62	275,56	290,39	14,83	4,38	34129,87
175		300,00	34600,00	253,62	271,13	288,83	17,70	4,53	31912,77	275,41	290,06	14,65	4,57	34105,89
174		80,00	34300,00	251,38	271,11	289,34	18,23	2,99	31854,67	275,45	290,57	15,12	3,01	34072,81
173		120,00	34220,00	250,00	271,11	289,45	18,34	2,89	31834,42	275,46	290,70	15,24	2,92	34061,57
172	NA3 e SA19	100,00	34100,00	252,80	270,97	288,46	17,49	5,27	31809,62	275,25	289,68	14,43	5,30	34047,38
171		200,00	34000,00	253,10	270,82	287,70	16,88	6,39	31790,30	275,05	288,94	13,89	6,42	34035,23
170		200,00	33800,00	252,59	270,74	287,04	16,30	6,63	31755,47	274,95	288,25	13,30	6,69	34012,38
169		200,00	33600,00	252,16	270,42	286,20	15,78	6,84	31717,45	274,63	287,46	12,83	6,82	33986,25
168		200,00	33400,00	251,72	270,40	287,15	16,75	4,67	31671,29	274,71	288,43	13,72	4,67	33954,39
167		200,00	33200,00	251,55	270,22	285,66	15,44	6,77	31626,24	274,47	286,92	12,45	6,81	33922,82
166		200,00	33000,00	250,69	270,10	285,10	15,00	6,96	31585,60	274,35	286,37	12,02	7,01	33892,86
165		200,00	32800,00	253,10	269,92	284,76	14,84	6,63	31540,58	274,20	286,07	11,87	6,65	33859,05
164		200,00	32600,00	252,59	269,77	284,10	14,33	7,18	31489,58	274,05	285,45	11,40	7,16	33820,17
163		200,00	32400,00	253,02	269,37	281,71	12,34	9,06	30726,95	273,66	283,36	9,70	8,78	32871,02
162		200,00	32200,00	252,16	269,34	282,88	13,54	6,47	30698,26	273,70	284,40	10,70	6,38	32853,86
161		200,00	32000,00	251,29	269,13	281,22	12,09	7,01	29233,29	273,49	282,91	9,42	7,18	32833,04
160	NA4	102,06	31800,00	253,34	269,24	283,70	14,46	3,00	30628,10	273,73	285,27	11,54	2,98	32812,74
159		297,94	31697,94	251,38	269,20	283,71	14,51	3,56	30608,87	273,69	285,30	11,61	3,49	32806,25
158		200,00	31400,00	255,17	269,05	283,11	14,06	3,84	30551,41	273,56	284,73	11,17	3,75	32783,49
157		200,00	31200,00	253,26	268,97	282,38	13,41	5,02	30516,72	273,46	284,05	10,59	4,96	32764,94
156		200,00	31000,00	252,41	268,86	282,07	13,21	5,16	30481,33	273,37	283,80	10,43	5,03	32742,80
155		200,00	30800,00	252,41	268,85	282,39	13,54	4,33	30442,05	273,39	284,11	10,72	4,26	32718,22

PERFIL					TR 100 ANOS					TR 10.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s) (*)	Vazão Máx. (m³/s) (*)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
154		240,00	30600,00	250,31	268,83	282,47	13,64	3,86	30401,59	273,39	284,19	10,80	3,84	32693,61
153	NA5	160,00	30360,00	250,43	268,62	280,78	12,16	4,65	30356,20	273,15	282,63	9,48	4,56	32662,49
152		200,00	30200,00	251,38	268,32	277,67	9,35	9,00	29585,87	272,86	280,35	7,49	8,04	31380,98
151		200,00	30000,00	250,00	268,28	278,86	10,58	5,48	29568,34	272,89	281,36	8,47	5,07	31370,03
150		200,00	29800,00	251,03	268,22	279,36	11,14	4,66	29559,28	272,89	281,89	9,00	4,40	32524,76
149		200,00	29600,00	250,00	268,18	279,22	11,04	3,30	29549,62	272,86	281,80	8,94	3,17	32457,17
148		200,00	29400,00	248,73	268,13	279,15	11,02	3,70	29538,83	272,83	281,78	8,95	3,50	32381,76
147		200,00	29200,00	250,43	268,02	277,78	9,76	5,06	29523,37	272,70	280,70	8,00	4,54	31380,19
146		200,00	29000,00	250,00	267,91	277,05	9,14	5,17	29497,26	272,62	280,30	7,68	4,48	31363,46
145		100,00	28800,00	247,59	267,87	277,06	9,19	4,33	29463,71	272,60	280,36	7,76	3,77	31342,05
144	SA8	300,00	28700,00	244,19	267,91	277,72	9,81	3,88	29447,17	272,65	280,84	8,19	3,50	31332,42
143		200,00	28400,00	250,62	267,85	277,26	9,41	3,86	29395,46	272,60	280,55	7,95	3,39	31304,22
142		200,00	28200,00	250,00	267,78	276,39	8,61	4,98	29355,76	272,53	279,99	7,46	4,26	31278,82
141		200,00	28000,00	250,00	267,73	276,14	8,41	4,84	29310,99	272,50	279,91	7,41	4,05	31248,57
140		200,00	27800,00	248,55	267,72	276,17	8,45	4,20	29262,01	272,50	279,94	7,44	3,59	31216,38
139		200,00	27600,00	246,47	267,68	275,74	8,06	3,69	29210,33	272,46	279,69	7,23	3,08	31182,46
138		200,00	27400,00	248,98	267,67	276,18	8,51	2,13	29144,24	272,48	280,11	7,63	1,75	31140,06
137		140,00	27200,00	249,31	267,54	273,95	6,41	4,45	28429,55	272,35	278,84	6,49	3,47	31092,75
136	Ponte 1 - Rio Passo Fundo e	362,21	27060,00	248,69	267,52	273,95	6,43	4,14	28414,06	272,34	278,93	6,59	3,23	31060,32
135		97,79	26697,79	246,00	267,54	275,21	7,67	1,59	28385,09	272,40	279,81	7,41	1,31	30947,57
134		284,84	26600,00	245,00	267,55	275,44	7,89	0,76	28380,16	272,42	279,97	7,55	0,61	30889,91
133	SA3	115,16	26315,16	238,93	267,53	274,84	7,31	3,04	28370,08	272,38	279,50	7,12	2,58	30780,55
132		200,00	26200,00	238,76	267,52	274,67	7,15	2,80	28367,00	272,37	279,39	7,02	2,32	30755,78
131		200,00	26000,00	230,17	267,49	273,86	6,37	4,15	28361,76	272,32	278,84	6,52	3,33	30718,96
130		200,00	25800,00	229,31	267,46	272,21	4,75	4,47	28356,97	272,25	277,43	5,18	3,54	30693,45
129		200,00	25600,00	227,16	267,46	271,91	4,45	4,38	28350,80	272,24	277,20	4,96	3,77	30666,75
128		200,00	25400,00	224,03	267,45	271,58	4,13	3,85	28343,89	272,23	276,93	4,70	3,33	30197,74
127	Ponte 2 - Rio Uruguai	200,00	25200,00	217,93	267,46	272,00	4,54	1,17	28331,63	272,24	277,23	4,99	1,11	30598,39

PERFIL					TR 100 ANOS					TR 10.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s) (*)	Vazão Máx. (m³/s) (*)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
126		200,00	25000,00	214,69	266,98	271,06	4,08	3,41	56657,96	271,08	275,67	4,59	4,23	80741,92
125		200,00	24800,00	214,45	266,93	270,93	4,00	2,97	56642,16	270,94	275,43	4,49	3,75	80735,95
124		200,00	24600,00	213,45	266,83	270,69	3,86	3,09	56625,82	270,68	275,04	4,36	3,92	80728,84
123		200,00	24400,00	210,34	266,71	270,38	3,67	3,27	56610,53	270,36	274,54	4,18	4,18	80720,54
122		200,00	24200,00	209,91	266,72	270,41	3,69	2,39	56593,91	270,38	274,56	4,18	3,08	80710,74
121		200,00	24000,00	210,34	266,68	270,30	3,62	2,41	56574,29	270,27	274,38	4,11	3,12	80699,27
120		200,00	23800,00	211,48	266,64	270,22	3,58	2,37	56554,41	270,18	274,25	4,07	3,07	80687,09
119		200,00	23600,00	209,31	266,64	270,21	3,57	2,01	56531,52	270,17	274,25	4,08	2,56	80672,69
118		200,00	23400,00	209,93	266,56	270,02	3,46	2,46	56509,13	269,97	273,92	3,95	3,20	80658,16
117		200,00	23200,00	210,34	266,47	269,80	3,33	2,87	56491,29	269,73	273,55	3,82	3,73	80645,64
116		200,00	23000,00	209,83	266,41	269,65	3,24	2,84	56474,75	269,57	273,32	3,75	3,68	80633,13
115		200,00	22800,00	206,21	266,32	269,40	3,08	3,09	56459,43	269,30	272,89	3,59	4,03	80620,64
114		200,00	22600,00	208,28	266,31	269,38	3,07	2,62	56443,88	269,28	272,86	3,58	3,42	80607,36
113		200,00	22400,00	206,90	266,30	269,35	3,05	2,39	56426,41	269,25	272,79	3,54	3,15	80592,63
112		200,00	22200,00	206,47	266,27	269,28	3,01	2,37	56408,69	269,17	272,66	3,49	3,13	80577,66
111		200,00	22000,00	205,17	266,26	269,25	2,99	2,13	56390,17	269,15	272,63	3,48	2,82	80561,80
110		200,00	21800,00	207,76	266,15	268,98	2,83	2,87	56373,77	268,85	272,15	3,30	3,80	80547,13
109		200,00	21600,00	205,60	266,11	268,85	2,74	2,85	56360,04	268,72	271,93	3,21	3,78	80533,96
108		200,00	21400,00	206,90	266,08	268,78	2,70	2,61	56345,99	268,64	271,81	3,17	3,46	80520,09
107		200,00	21200,00	206,90	266,06	268,73	2,67	2,38	56330,14	268,59	271,73	3,14	3,15	80504,31
106		200,00	21000,00	207,24	266,02	268,64	2,62	2,38	56313,57	268,49	271,57	3,08	3,15	80487,63
105		200,00	20800,00	206,62	266,02	268,63	2,61	2,06	56295,48	268,48	271,56	3,08	2,71	80469,09
104		200,00	20600,00	207,24	265,96	268,47	2,51	2,49	56278,63	268,31	271,29	2,98	3,29	80451,30
103		200,00	20400,00	205,69	265,90	268,30	2,40	2,88	56265,09	268,13	270,98	2,85	3,85	80436,38
102		200,00	20200,00	201,55	265,85	268,17	2,32	3,04	56254,67	267,99	270,74	2,75	4,09	80424,43
101		200,00	20000,00	204,66	265,83	268,11	2,28	2,99	56245,07	267,93	270,62	2,69	4,03	80413,13
100		200,00	19800,00	205,60	265,81	268,04	2,23	2,94	56235,02	267,86	270,51	2,65	3,97	80401,35
99		200,00	19600,00	204,74	265,77	267,96	2,19	2,96	56225,00	267,77	270,36	2,59	4,00	80389,38

PERFIL					TR 100 ANOS					TR 10.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s) (*)	Vazão Máx. (m³/s) (*)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
98		200,00	19400,00	205,17	265,71	267,77	2,06	3,27	56216,22	267,57	270,03	2,46	4,42	80378,36
97		200,00	19200,00	204,31	265,69	267,73	2,04	3,12	56208,15	267,53	269,94	2,41	4,24	80367,83
96		200,00	19000,00	204,14	265,67	267,67	2,00	3,03	56199,88	267,47	269,84	2,37	4,11	80356,98
95		200,00	18800,00	206,47	265,64	267,59	1,95	3,01	56191,61	267,39	269,70	2,31	4,10	80346,02
94		200,00	18600,00	203,45	265,59	267,44	1,85	3,21	56184,28	267,23	269,45	2,22	4,34	80335,63
93		200,00	18400,00	203,72	265,61	267,48	1,87	2,83	56176,57	267,28	269,51	2,23	3,84	80324,67
92		200,00	18200,00	204,03	265,62	267,52	1,90	2,49	56167,09	267,33	269,59	2,26	3,40	80312,30
91		200,00	18000,00	203,88	265,61	267,48	1,87	2,51	56156,61	267,28	269,51	2,23	3,43	80299,05
90		200,00	17800,00	202,59	265,58	267,41	1,83	2,62	56146,53	267,21	269,40	2,19	3,57	80286,10
89		200,00	17600,00	202,76	265,58	267,39	1,81	2,54	56136,16	267,19	269,37	2,18	3,45	80272,63
88		200,00	17400,00	206,46	265,52	267,22	1,70	2,98	56127,25	267,01	269,05	2,04	4,06	80260,45
87		200,00	17200,00	203,72	265,52	267,22	1,70	2,73	56119,46	267,02	269,07	2,05	3,69	80249,18
86		200,00	17000,00	204,74	265,52	267,23	1,71	2,44	56109,63	267,04	269,09	2,05	3,31	80235,81
85		200,00	16800,00	202,59	265,53	267,24	1,71	2,22	56098,11	267,05	269,10	2,05	3,04	80220,91
84		200,00	16600,00	201,72	265,51	267,19	1,68	2,22	56086,36	267,00	269,01	2,01	3,04	80205,97
83		200,00	16400,00	202,41	265,49	267,13	1,64	2,21	56074,91	266,94	268,90	1,96	3,02	80191,27
82		200,00	16200,00	203,45	265,46	267,04	1,58	2,41	56064,75	266,84	268,73	1,89	3,30	80177,84
81		200,00	16000,00	201,72	265,43	266,96	1,53	2,51	56056,17	266,76	268,58	1,82	3,45	80166,09
80		200,00	15800,00	202,16	265,40	266,88	1,48	2,59	56048,64	266,67	268,44	1,77	3,56	80155,37
79		200,00	15600,00	203,62	265,38	266,80	1,42	2,59	56041,62	266,59	268,29	1,70	3,57	80145,03
78		200,00	15400,00	201,03	265,38	266,80	1,42	2,21	56034,03	266,60	268,29	1,69	3,04	80133,88
77		200,00	15200,00	201,29	265,33	266,64	1,31	2,64	56027,37	266,43	267,99	1,56	3,66	80123,82
76		200,00	15000,00	202,16	265,34	266,67	1,33	2,34	56021,31	266,47	268,06	1,59	3,24	80114,62
75		200,00	14800,00	203,10	265,33	266,65	1,32	2,25	56013,92	266,45	268,03	1,58	3,10	80103,88
74		200,00	14600,00	202,76	265,36	266,73	1,37	1,61	56002,82	266,55	268,19	1,64	2,22	80088,88
73		200,00	14400,00	202,17	265,34	266,66	1,32	1,87	55990,25	266,47	268,06	1,59	2,57	80072,09
72		200,00	14200,00	201,86	265,31	266,59	1,28	2,10	55980,11	266,40	267,92	1,52	2,92	80058,18
71		200,00	14000,00	202,17	265,30	266,54	1,24	2,20	55971,73	266,35	267,83	1,48	3,05	80046,57

PERFIL					TR 100 ANOS					TR 10.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s) (*)	Vazão Máx. (m³/s) (*)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
70		200,00	13800,00	201,72	265,28	266,50	1,22	2,24	55963,97	266,31	267,76	1,45	3,11	80035,61
69		200,00	13600,00	200,62	265,24	266,38	1,14	2,56	55957,86	266,18	267,53	1,35	3,57	80026,41
68		200,00	13400,00	201,10	265,25	266,40	1,15	2,28	55952,25	266,21	267,58	1,37	3,16	80017,66
67		200,00	13200,00	201,66	265,24	266,35	1,11	2,30	55945,54	266,17	267,50	1,33	3,20	80007,63
66		200,00	13000,00	200,93	265,22	266,29	1,07	2,42	55939,82	266,10	267,38	1,28	3,37	79998,91
65		200,00	12800,00	200,28	265,23	266,33	1,10	2,09	55933,73	266,15	267,46	1,31	2,91	79989,91
64		200,00	12600,00	200,34	265,23	266,31	1,08	2,02	55926,17	266,14	267,44	1,30	2,81	79979,29
63		200,00	12400,00	200,60	265,24	266,34	1,10	1,74	55916,96	266,18	267,50	1,32	2,43	79966,91
62		200,00	12200,00	200,83	265,23	266,30	1,07	1,87	55907,42	266,13	267,42	1,29	2,61	79954,20
61		200,00	12000,00	199,43	265,22	266,28	1,06	1,80	55898,76	266,12	267,40	1,28	2,52	79942,51
60		200,00	11800,00	199,48	265,21	266,24	1,03	1,94	55889,84	266,07	267,31	1,24	2,70	79930,55
59		200,00	11600,00	198,84	265,21	266,25	1,04	1,74	55880,66	266,09	267,34	1,25	2,43	79918,30
58		200,00	11400,00	195,52	265,21	266,24	1,03	1,67	55870,38	266,08	267,33	1,25	2,32	79904,88
57		200,00	11200,00	197,69	265,20	266,21	1,01	1,70	55860,13	266,05	267,27	1,22	2,37	79891,48
56		200,00	11000,00	196,83	265,16	266,09	0,93	2,13	55852,38	265,93	267,06	1,13	2,97	79880,89
55		200,00	10800,00	194,83	265,15	266,04	0,89	2,18	55847,50	265,88	266,96	1,08	3,05	79873,66
54		200,00	10600,00	192,93	265,14	266,02	0,88	2,08	55842,97	265,87	266,93	1,06	2,92	79866,93
53		200,00	10400,00	194,40	265,13	265,98	0,85	2,15	55838,75	265,82	266,84	1,02	3,01	79860,55
52		200,00	10200,00	193,79	265,12	265,96	0,84	2,03	55834,54	265,81	266,82	1,01	2,84	79854,05
51		200,00	10000,00	192,93	265,12	265,94	0,82	1,92	55829,72	265,79	266,79	1,00	2,68	79846,82
50		200,00	9800,00	194,48	265,05	265,75	0,70	2,62	55827,26	265,59	266,41	0,82	3,69	79842,35
49		200,00	9600,00	191,90	265,05	265,71	0,66	2,54	55827,63	265,55	266,34	0,79	3,58	79841,19
48		120,00	9400,00	193,10	265,05	265,67	0,62	2,45	55828,19	265,52	266,27	0,75	3,46	79840,28
47	NA7	280,00	9280,00	193,53	265,05	265,69	0,64	2,20	55828,30	265,55	266,32	0,77	3,11	79839,46
46		200,00	9000,00	189,31	265,04	265,60	0,56	2,29	55829,69	265,46	266,15	0,69	3,23	79839,06
45		200,00	8800,00	192,41	265,04	265,57	0,53	2,22	55830,20	265,43	266,10	0,67	3,14	79838,19
44		200,00	8600,00	193,97	265,04	265,50	0,46	2,29	53650,40	265,36	265,96	0,60	3,37	79837,68
43		200,00	8400,00	194,40	265,04	265,53	0,49	2,08	55831,87	265,40	266,03	0,63	2,94	79837,09

PERFIL					TR 100 ANOS					TR 10.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s) (*)	Vazão Máx. (m³/s) (*)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
42		200,00	8200,00	193,52	265,04	265,49	0,45	2,09	55832,07	265,37	265,97	0,60	2,95	79835,84
41		200,00	8000,00	191,72	265,04	265,48	0,44	2,00	55832,24	265,36	265,95	0,59	2,83	79834,59
40		200,00	7800,00	193,53	265,03	265,40	0,37	2,13	53615,17	265,28	265,80	0,52	3,15	79834,16
39		200,00	7600,00	191,38	265,03	265,39	0,36	2,12	55834,22	265,28	265,79	0,51	3,00	79834,20
38		200,00	7400,00	191,38	265,04	265,48	0,44	1,43	55832,86	265,38	265,98	0,60	2,02	79831,22
37		200,00	7200,00	191,81	265,04	265,50	0,46	0,81	55827,99	265,40	266,01	0,61	1,14	79824,00
36		200,00	7000,00	188,28	265,04	265,46	0,42	1,27	55822,84	265,37	265,94	0,57	1,79	79816,41
35		200,00	6800,00	192,41	265,03	265,37	0,34	1,75	55820,69	265,27	265,77	0,50	2,49	79812,59
34		200,00	6600,00	186,21	265,03	265,34	0,31	1,80	55820,77	265,24	265,71	0,47	2,55	79811,48
33		200,00	6400,00	184,91	265,03	265,34	0,31	1,62	55820,46	265,25	265,73	0,48	2,30	79810,07
32		200,00	6200,00	187,93	265,03	265,30	0,27	1,79	55820,09	265,21	265,64	0,43	2,54	79808,65
31		200,00	6000,00	187,93	265,03	265,30	0,27	1,64	55819,95	265,22	265,65	0,43	2,33	79807,55
30		200,00	5800,00	188,28	265,02	265,27	0,25	1,72	55819,95	265,18	265,59	0,41	2,44	79806,59
29		200,00	5600,00	187,45	265,02	265,26	0,24	1,60	55819,92	265,19	265,59	0,40	2,27	79805,59
28		200,00	5400,00	187,14	265,03	265,31	0,28	1,00	55818,42	265,24	265,68	0,44	1,43	79802,91
27		200,00	5200,00	188,83	265,03	265,27	0,24	1,27	55815,90	265,20	265,61	0,41	1,80	79799,14
26		200,00	5000,00	185,90	265,02	265,20	0,18	1,64	55814,66	265,13	265,48	0,35	2,33	79796,90
25		200,00	4800,00	185,34	265,02	265,17	0,15	1,71	55814,82	265,11	265,43	0,32	2,43	79796,34
24		200,00	4600,00	185,17	265,02	265,15	0,13	1,72	55815,31	265,08	265,39	0,31	2,45	79796,20
23		200,00	4400,00	186,83	265,02	265,13	0,11	1,73	55815,84	265,07	265,35	0,28	2,46	79796,11
22		200,00	4200,00	183,31	265,02	265,15	0,13	1,47	55815,79	265,10	265,40	0,30	2,10	79795,43
21		200,00	4000,00	186,28	265,02	265,18	0,16	1,05	55814,00	265,14	265,48	0,34	1,49	79792,80
20		200,00	3800,00	183,72	265,02	265,19	0,17	0,88	55810,13	265,15	265,49	0,34	1,26	79787,81
19		200,00	3600,00	182,17	265,02	265,12	0,10	1,26	55807,86	265,08	265,36	0,28	1,79	79784,66
18		200,00	3400,00	183,59	265,02	265,11	0,09	1,29	55806,67	265,07	265,34	0,27	1,84	79782,74
17		200,00	3200,00	181,45	265,02	265,11	0,09	1,19	55805,31	265,07	265,34	0,27	1,70	79780,67
16		200,00	3000,00	178,02	265,02	265,08	0,06	1,34	55804,21	265,05	265,28	0,23	1,91	79778,95
15		200,00	2800,00	178,45	265,01	265,05	0,04	1,43	55803,61	265,04	265,24	0,20	2,03	79777,84

PERFIL					TR 100 ANOS					TR 10.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s) (*)	Vazão Máx. (m³/s) (*)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
14		200,00	2600,00	176,72	265,01	265,06	0,05	1,22	55802,96	265,05	265,26	0,21	1,73	79776,66
13		200,00	2400,00	175,86	265,01	265,05	0,04	1,16	55802,00	265,04	265,24	0,20	1,66	79775,16
12		200,00	2200,00	177,16	265,01	265,01	0,00	0,35	14332,02	265,04	265,17	0,13	1,95	79774,13
11		200,00	2000,00	175,86	265,01	265,01	0,00	0,36	14331,69	265,03	265,13	0,10	1,98	79773,63
10		200,00	1800,00	176,90	265,01	265,01	0,00	0,36	14331,39	265,03	265,10	0,07	1,99	79773,23
9		200,00	1600,00	176,90	265,01	265,01	0,00	0,38	14331,09	265,03	265,06	0,03	2,09	79773,14
8		200,00	1400,00	173,28	265,01	265,01	0,00	0,31	14330,78	265,03	265,08	0,05	1,71	79773,12
7		200,00	1200,00	174,14	265,01	265,01	0,00	0,39	14330,48	265,02	265,02	0,00	0,70	25618,69
6		200,00	1000,00	172,84	265,00	265,00	0,00	0,41	14330,22	265,01	265,01	0,00	0,72	25618,42
5		200,00	800,00	172,41	265,00	265,00	0,00	0,36	14329,95	265,01	265,01	0,00	0,64	25618,15
4		200,00	600,00	170,69	265,00	265,00	0,00	0,43	14329,70	265,00	265,00	0,00	0,76	25617,91
3		200,00	400,00	168,10	265,00	265,00	0,00	0,44	14329,48	264,99	264,99	0,00	0,80	25617,69
2		200,00	200,00	171,55	265,00	265,00	0,00	0,32	14329,22	265,00	265,00	0,00	0,57	25617,44
1	Lago UHE Foz Chapecó	0,00	0,00	168,10	265,00	265,00	0,00	0,27	14328,88	265,00	265,00	0,00	0,48	25617,12

(*) A velocidade e vazão máxima foram obtidas da simulação de dam break.

As seções topobatimétricas S1 foram obtidas em 1999 e as Seções SA e SB obtidas em 2013 e os níveis de água são referentes aos levantamentos topográficos 2008.

5.6 Limite Físico a Jusante da UHE Monjolinho

O limite físico do trecho estudado, foi do início do reservatório da UHE Monjolinho até a jusante do encontro com rio Uruguai, lago da UHE Foz do Chapecó, compreendendo cerca de 68,60 km, sendo 37,5 km a jusante da barragem. Este trecho compreende:

- 25 km – segundo Guia da ANA Volume V, esse é o trecho onde, historicamente no mundo, ocorrem acidentes com vítimas fatais a jusante dos barramentos existentes;
- Encontro com rio maior capacidade – Rio Uruguai.

5.7 Relação Nível de água x Tempo das Seções de Interesse

No trecho de jusante da Barragem Monjolinho existe benfeitoras tipo edificações, pontes e usinas de jusante, este fato foi confirmado pelo *Google Earth/Restituição* e verificadas em campo na realização da inspeção civil 2018.

Considerando o momento da ruptura descritos no item 5.3, serão apresentados os cotogramas das seções onde foram detectadas benfeitorias em risco, listadas na Tabela 19.

Tabela 19 – Localização das Seções de Interesse

Seções	Descrição	Estaca (m)	Distância da Barragem UHE Monjolinho (km)
191	Barragem Monjolinho	37.548	-
189	Casa de Força Monjolinho	37.400	0,148
182	Propriedades	36.000	1,548
180	Propriedades	35.600	1,948
174	Propriedades	34.300	3,248
173	Propriedades	34.220	3,328
172	Propriedades	34.100	3,448
168	Propriedades	33.400	4,148
153	Propriedades	30.360	7,188
150	Propriedades	29.800	7,748
149	Propriedades	29.600	7,948
139	Propriedades	27.600	9,948
136	Ponte 1 - Rio Passo Fundo	27.060	10,488
135	Propriedades	26.698	10,850
127	Ponte 2 - Rio Uruguai	25.200	12,348
125	Propriedades	24.800	12,748
122	Propriedades	24.200	13,348
119	Propriedades	23.600	13,948
105	Propriedades	20.800	16,748
98	Propriedades	19.400	18,148
63	Propriedades	12.400	25,148

56	Propriedades	11.000	26,548
----	--------------	--------	--------

Para cada seção foi determinado quanto tempo levou para que a onda ocasionada pela ruptura do barramento chegue na seção e atinja o nível máximo. Nos cotogramas o eixo X corresponde ao tempo a partir do rompimento e o eixo Y o nível em metros atingido pela onda de cheia.

As linhas de água traçadas nos cotogramas abaixo representam diferentes vazões estudadas, tempo de recorrência de 100 anos e 10.000 anos. A Figura 29 indica a legenda dos traçados utilizados para cada simulação, linha contínua para vazão de cheia natural e tracejada para cheia juntamente com o rompimento dam break sendo a mesma cor para o mesmo hidrograma de entrada com a mesma vazão de enchente no mesmo tempo de recorrência.

Linhas com grande variação nos cotogramas, como um serrilhado, indicam trechos onde ocorrem grandes variações de níveis. Nesses trechos o escoamento se comporta como em uma corredeira ocorrendo flutuação rápida nos níveis de água indicando grande velocidade e variação do fluxo de fluvial para torrencial. Em alguns casos a variação de nível é tão acentuada que impossibilita ao programa reproduzir o cotograma de maneira consistente.



Figura 29 – Legenda dos Cotogramas

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

5.7.1 SL-189 – Casa de Força Monjolinho

A Casa de Força logo a jusante da Barragem UHE Monjolinho, identificada pela seção SL-189, está localizada cerca de 0,15 km da barragem UHE Monjolinho (Figura 30).



Figura 30 – Localização Casa de Força Monjolinho - SL-189

Tabela 20 – Detalhe das simulações - SL-189 – Casa de Força Monjolinho

HIDROGRAMA	Nível de água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)
	Natural	Dam Break				
100 ANOS	272,1	292,41	20,31	00:05	01:20	07:55
10.000 ANOS	276,61	293,71	17,10	00:05	01:25	07:55

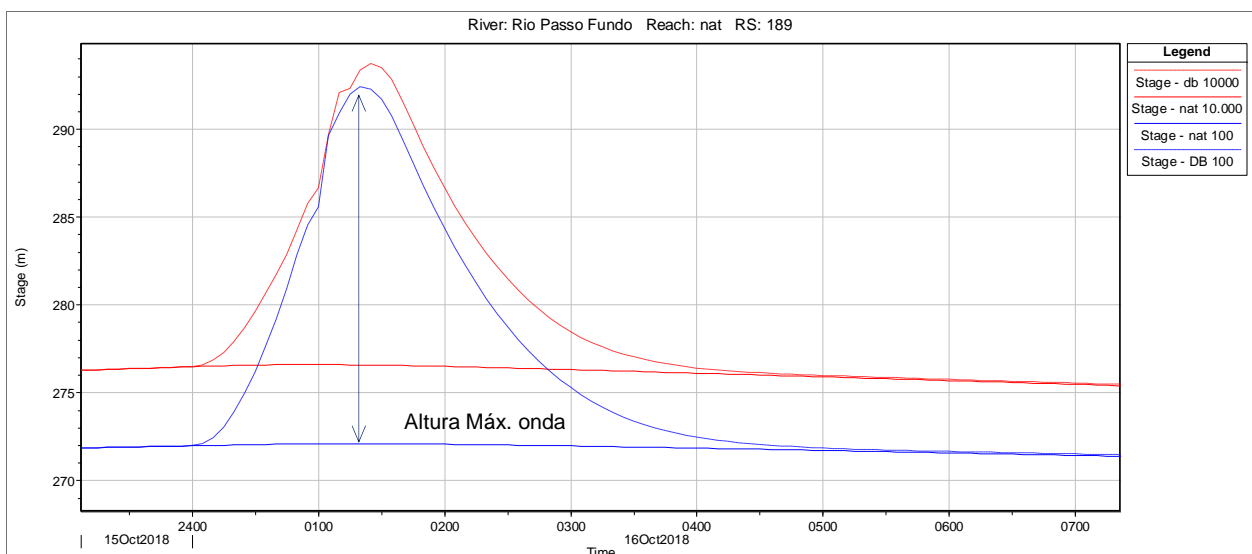


Figura 31 – Cotograma - - SL-189 – Casa de Força Monjolinho

5.7.2 SL-182/180 – Propriedades

As propriedades a jusante da Barragem UHE Monjolinho, identificadas pela seção SL-182 e SL-180, estão localizadas cerca de 1,55 km e 1,95 km respectivamente da barragem UHE Monjolinho (Figura 32).



Figura 32 – Localização propriedades - SL-182/180

Tabela 21 – Detalhe das simulações - SL-182 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível de água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)
	Natural	Dam Break				
100 ANOS	271,67	290,97	19,30	00:05	01:25	07:55
10.000 ANOS	276,05	292,29	16,24	00:05	01:30	07:55

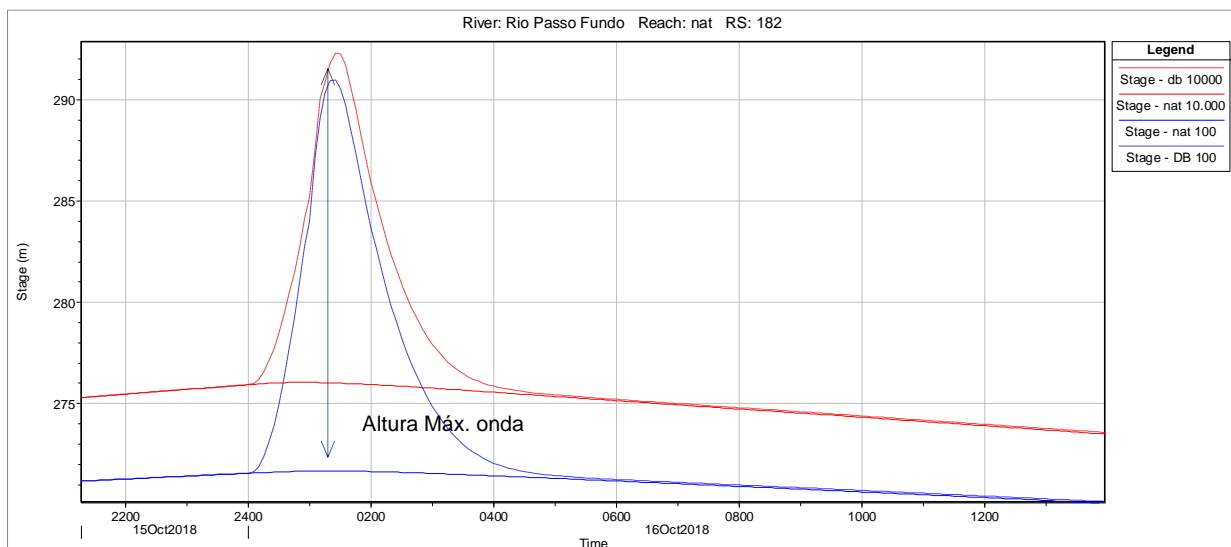


Figura 33 – Cotograma - SL-182 – Propriedades

Tabela 22 – Detalhe das simulações - SL-180 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível de água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)
	Natural	Dam Break				
100 ANOS	271,45	289,91	18,46	00:05	01:25	07:55
10.000 ANOS	275,78	291,16	15,38	00:05	01:30	07:55

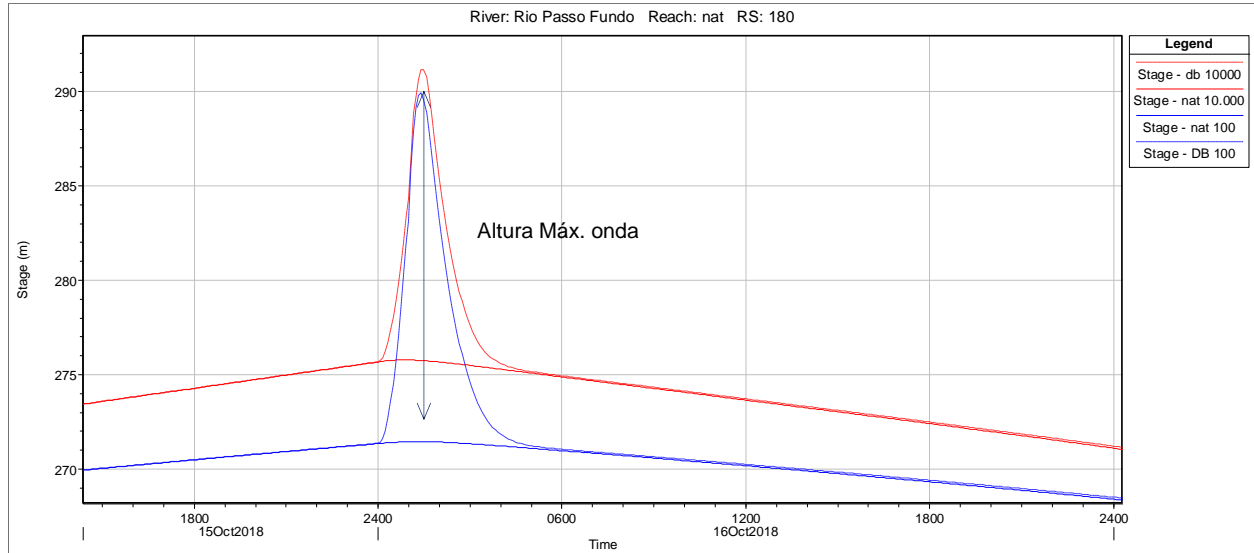


Figura 34 – Cotagrama - SL-180 – Propriedades

5.7.3 SL-174/173/172 – Propriedades

As propriedades a jusante da Barragem UHE Monjolinho, identificadas pelas seções SL-174 a SL-172, estão localizadas cerca de 3,25 a 3,45 km da barragem UHE Monjolinho (Figura 35).



Figura 35 – Localização propriedades - SL-174/173/172

Tabela 23 – Detalhe das simulações - SL-174 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível de água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)
	Natural	Dam Break				
100 ANOS	271,11	289,34	18,23	00:05	01:25	06:55
10.000 ANOS	275,45	290,57	15,12	00:05	01:30	06:55

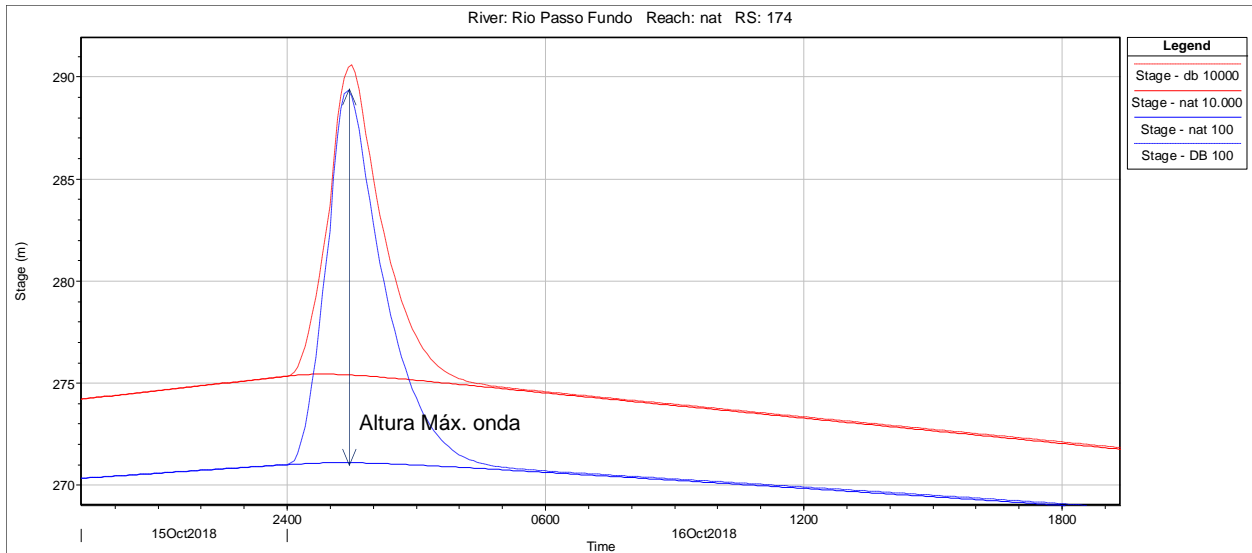


Figura 36 – Cotagrama - SL-174 – Propriedades

Tabela 24 – Detalhe das simulações - SL-173 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível de água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)
	Natural	Dam Break				
100 ANOS	271,11	289,45	18,34	00:05	01:25	06:55
10.000 ANOS	275,46	290,7	15,24	00:05	01:30	06:55

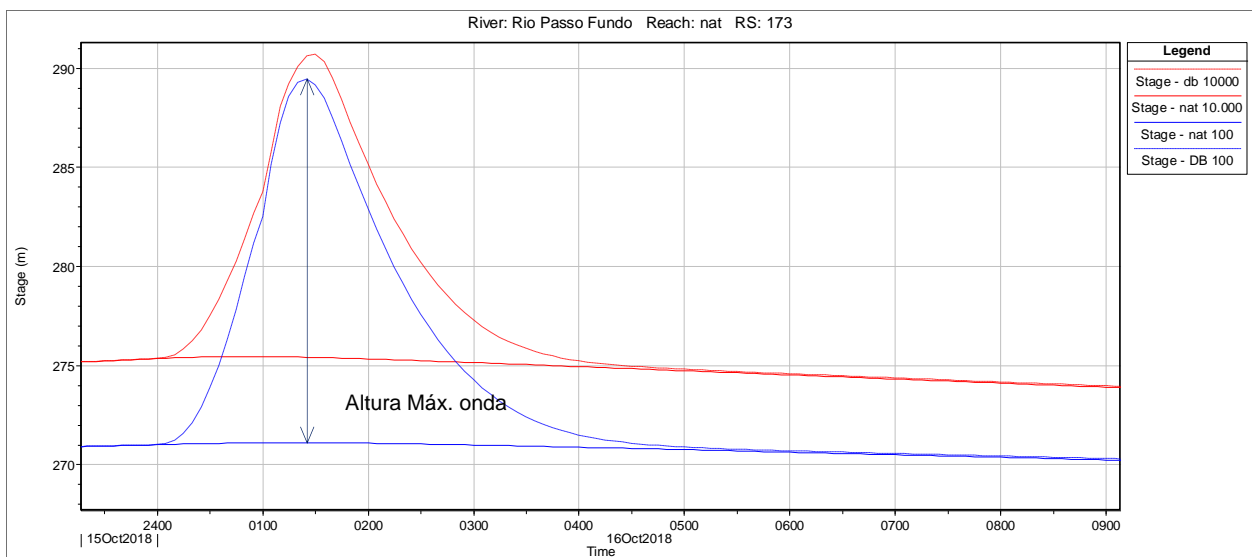


Figura 37 – Cotagrama - SL-173 – Propriedades

Tabela 25 – Detalhe das simulações - SL-172 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível de água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)
	Natural	Dam Break				
100 ANOS	270,97	288,46	17,49	00:05	01:25	06:55
10.000 ANOS	275,25	289,68	14,43	00:05	01:30	06:55

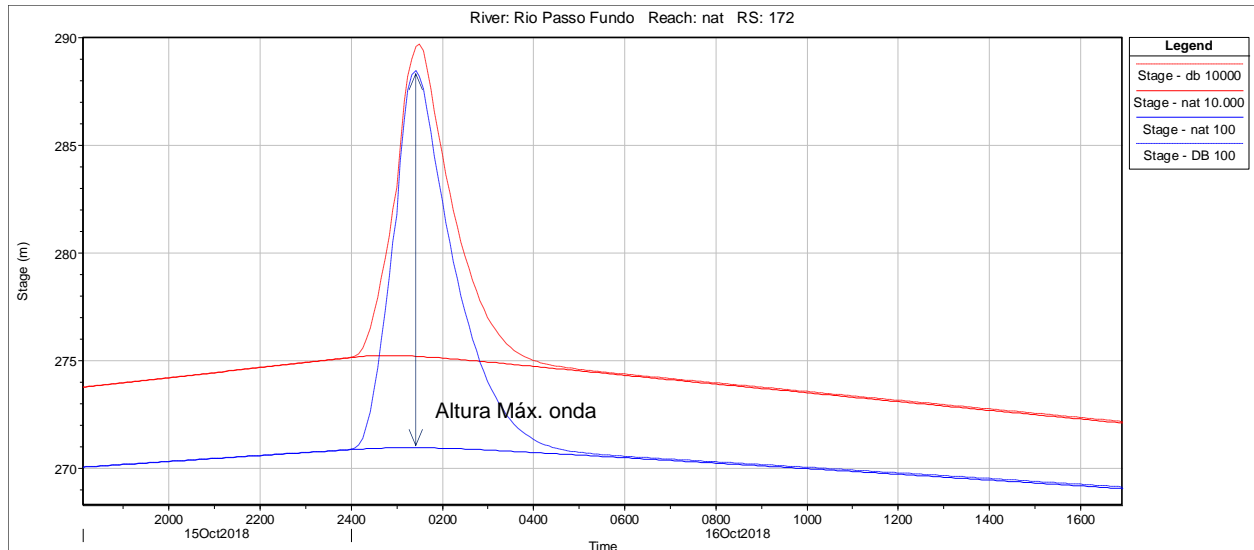


Figura 38 – Cotograma - SL-172 – Propriedades

5.7.4 SL-168 – Propriedades

A propriedade a jusante da Barragem UHE Monjolinho, identificada pela seção SL-168, está localizada cerca de 4,15 km da barragem UHE Monjolinho (Figura 39).



Figura 39 – Localização propriedades - SL-168

Tabela 26 – Detalhe das simulações - SL-168– Propriedades

HIDROGRAMA	Nível de água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)
	Natural	Dam Break				
100 ANOS	270,4	287,15	16,75	00:10	01:25	05:50
10.000 ANOS	274,71	288,43	13,72	00:10	01:30	05:50

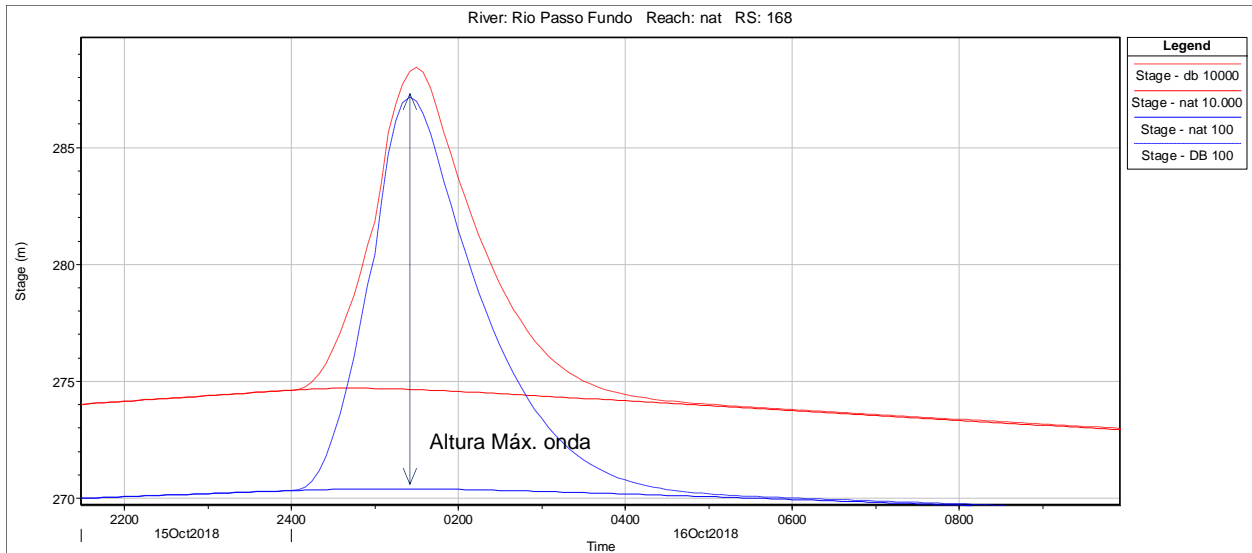


Figura 40 – Cotagrama - SL-168– Propriedades

5.7.5 SL-153 – Propriedades

As propriedades a jusante da Barragem UHE Monjolinho, identificada pela seção SL-153, está localizada cerca de 7,19 km da barragem UHE Monjolinho (Figura 41).



Figura 41 – Localização propriedades - SL-153

Tabela 27 – Detalhe das simulações - SL-153 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível de água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)
	Natural	Dam Break				
100 ANOS	268,62	280,78	12,16	00:15	01:30	05:45
10.000 ANOS	273,15	282,63	9,48	00:15	01:35	05:45

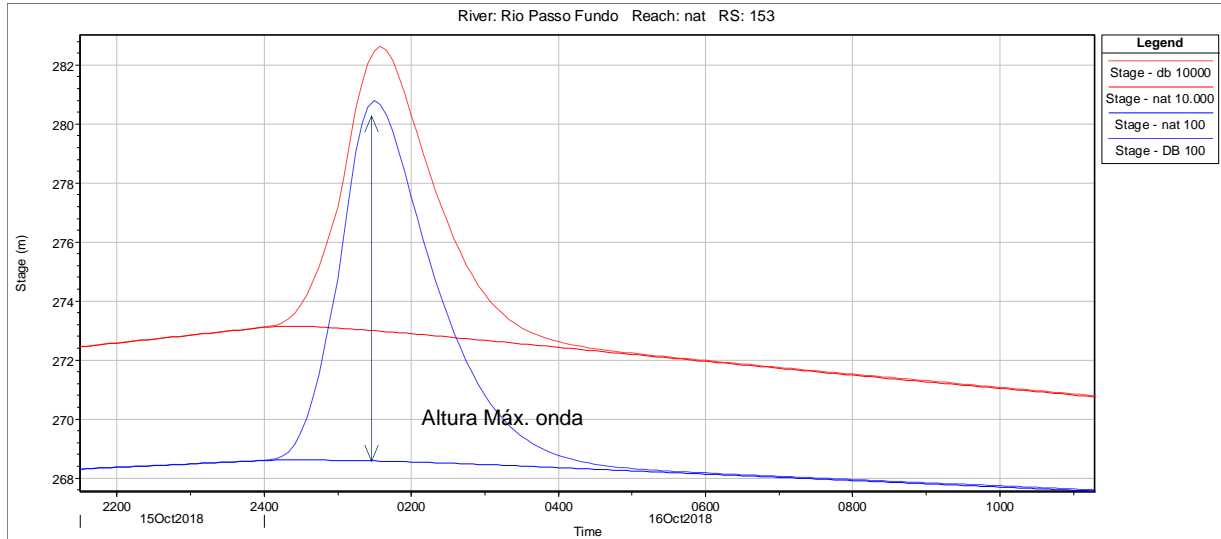


Figura 42 – Cotograma - SL-153 – Propriedades

5.7.6 SL-150/149 – Propriedades

As propriedades a jusante da Barragem UHE Monjolinho, identificadas pelas seções SL-150 e SI-149, estão localizadas cerca de 7,75 e 7,95 km respectivamente da barragem UHE Monjolinho (Figura 43).



Figura 43 – Localização propriedades - SL-150/149

Tabela 28 – Detalhe das simulações - SL-150 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível de água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)
	Natural	Dam Break				
100 ANOS	268,22	279,36	11,14	00:15	01:35	05:45
10.000 ANOS	272,89	281,89	9,00	00:15	01:35	05:45

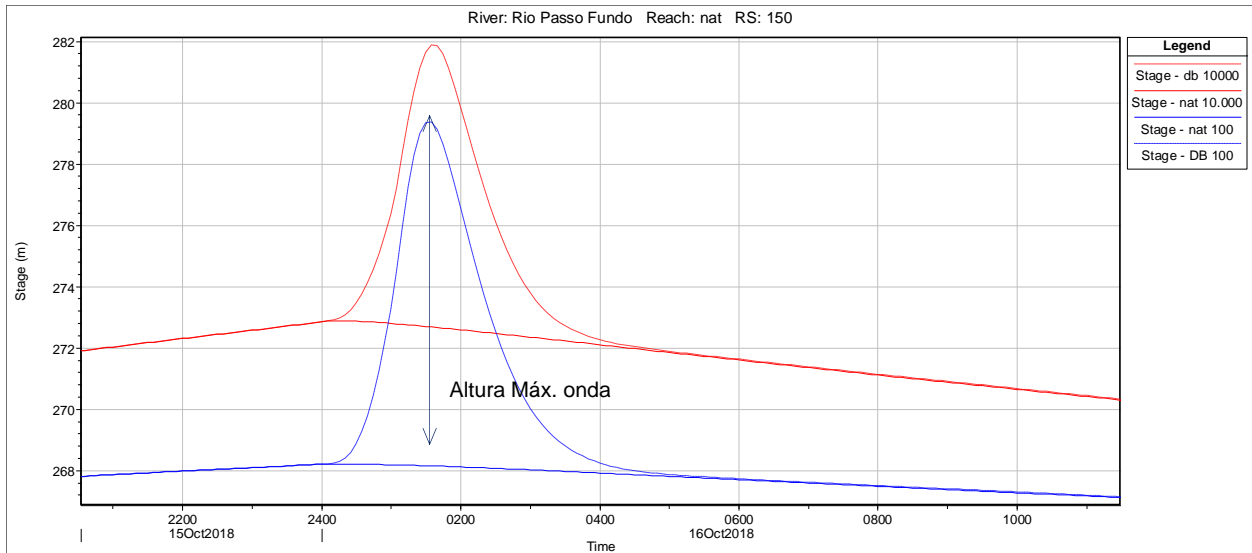


Figura 44 – Cotagrama - SL-150 – Propriedades

Tabela 29 – Detalhe das simulações - SL-149 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível de água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)
	Natural	Dam Break				
100 ANOS	268,18	279,22	11,04	00:15	01:35	05:45
10.000 ANOS	272,86	281,8	8,94	00:15	01:35	05:45

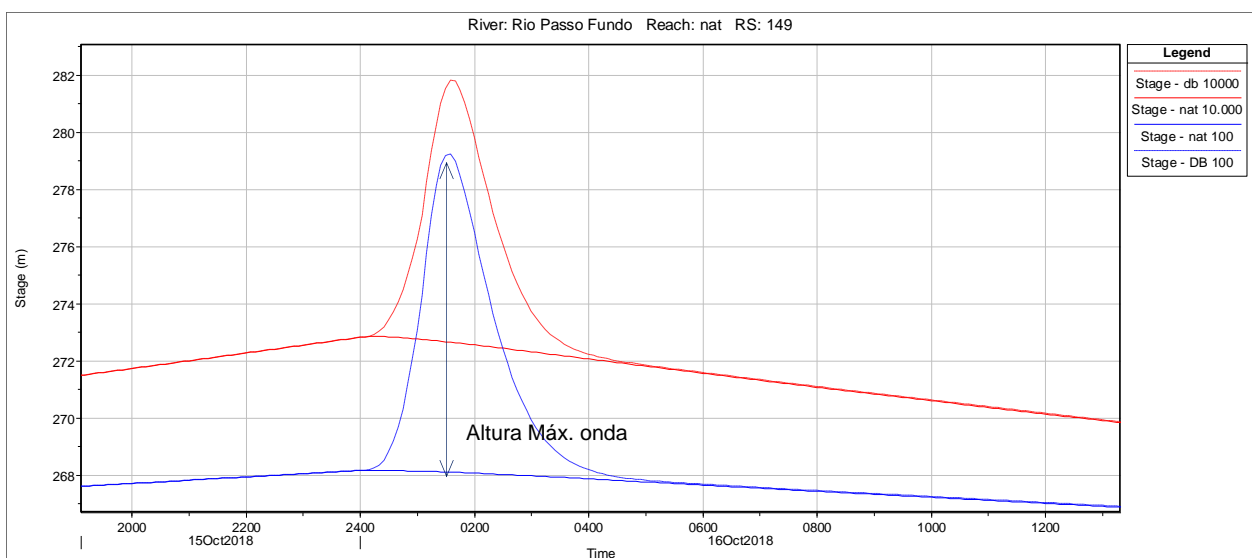


Figura 45 – Cotagrama - SL-149 – Propriedades

5.7.7 SL-139 – Propriedades

As propriedades a jusante da Barragem UHE Monjolinho, identificada pela seção SL-139, está localizada cerca de 9,95 km da barragem UHE Monjolinho (Figura 46).



Figura 46 – Localização Propriedades - SL-139

Tabela 30 – Detalhe das simulações - SL-139 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível de água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)
	Natural	Dam Break				
100 ANOS	267,68	275,74	8,06	00:15	01:35	04:45
10.000 ANOS	272,46	7,23	00:15	01:40	04:45	

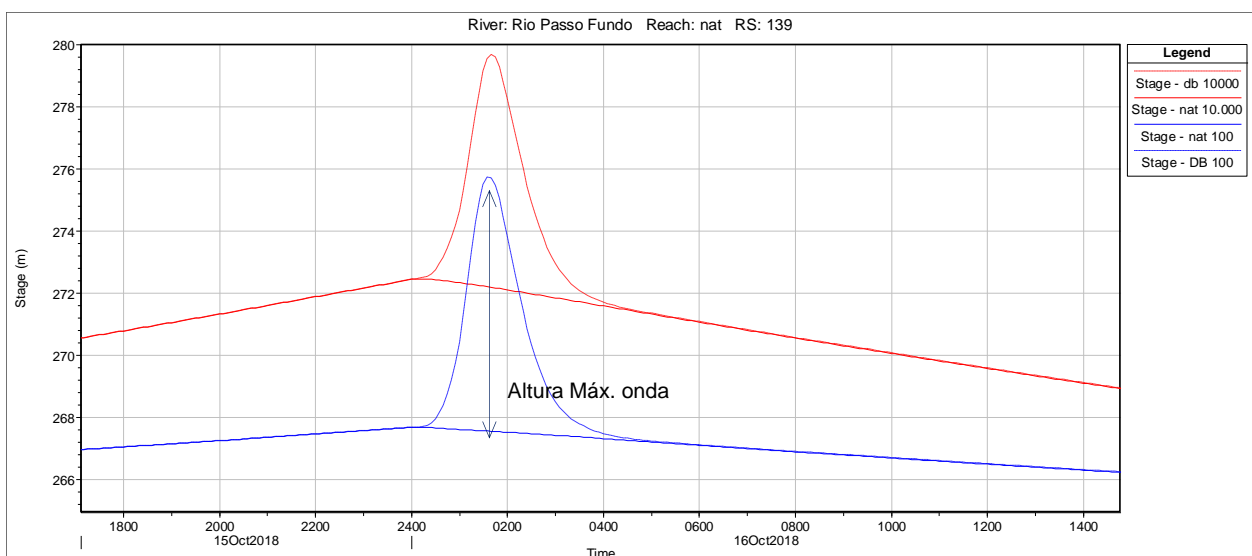


Figura 47 – Cotograma - SL-139 – Propriedades

5.7.8 SL-136/135 – Ponte e propriedades

A ponte e propriedades a jusante da Barragem UHE Monjolinho, identificadas pelas seções SL-136 e SL-135, estão localizadas cerca de 10,49 e 10,85 km respectivamente da barragem UHE Monjolinho (Figura 48).



Figura 48 – Localização Propriedades - SL-136/135

Tabela 31 – Detalhe das simulações - SL-136 – Ponte

HIDROGRAMA	Nível de água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico da Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)
	Natural	Dam Break				
100 ANOS	267,52	273,95	6,43	00:15	01:40	04:45
10.000 ANOS	272,34	278,93	6,59	00:15	01:40	04:45

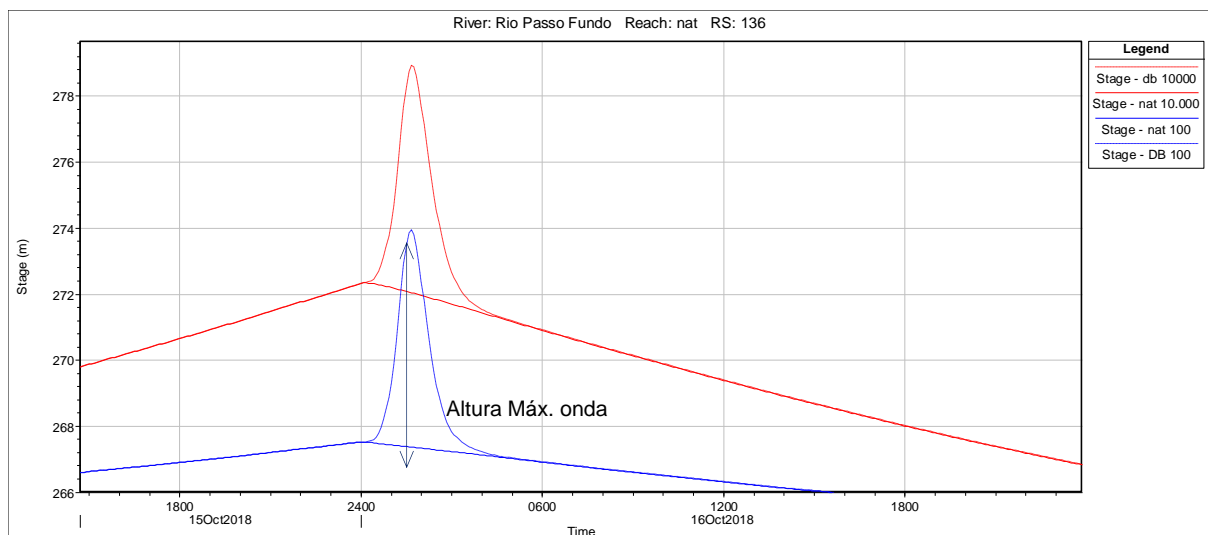


Figura 49 – Cotograma - SL-136 – Ponte

Tabela 32 – Detalhe das simulações - SL-135 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível de água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico da Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)
	Natural	Dam Break				
100 ANOS	267,54	275,21	7,67	00:15	01:40	04:45
10.000 ANOS	272,4	279,81	7,41	00:15	01:40	04:45

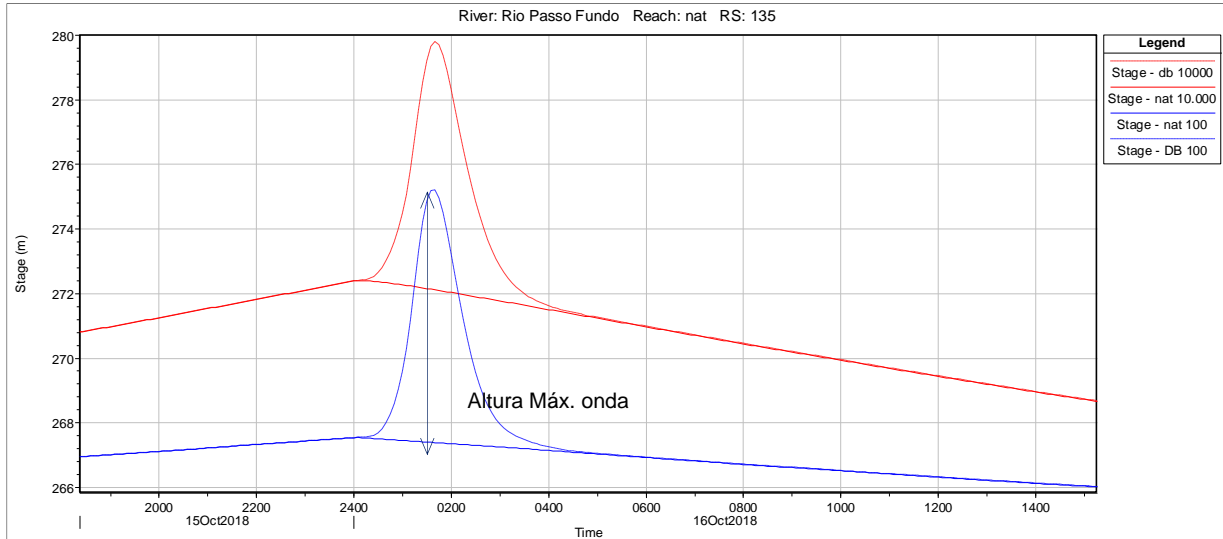


Figura 50 – Cotograma - SL-135 – Propriedades

5.7.9 SL-127/125 – Ponte e Propriedades

A ponte e as propriedades a jusante da Barragem UHE Monjolinho, identificadas pelas seções SL-127 e SL-125, está localizada cerca de 12,35 e 12,75 km da barragem UHE Monjolinho (Figura 51).



Figura 51 – Localização Propriedades - SL-127/125

Tabela 33 – Detalhe das simulações - SL-127 – Ponte

HIDROGRAMA	Nível de água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)
	Natural	Dam Break				
100 ANOS	267,46	272	4,54	00:20	01:40	04:40
10.000 ANOS	272,24	277,23	4,99	00:20	01:45	04:40

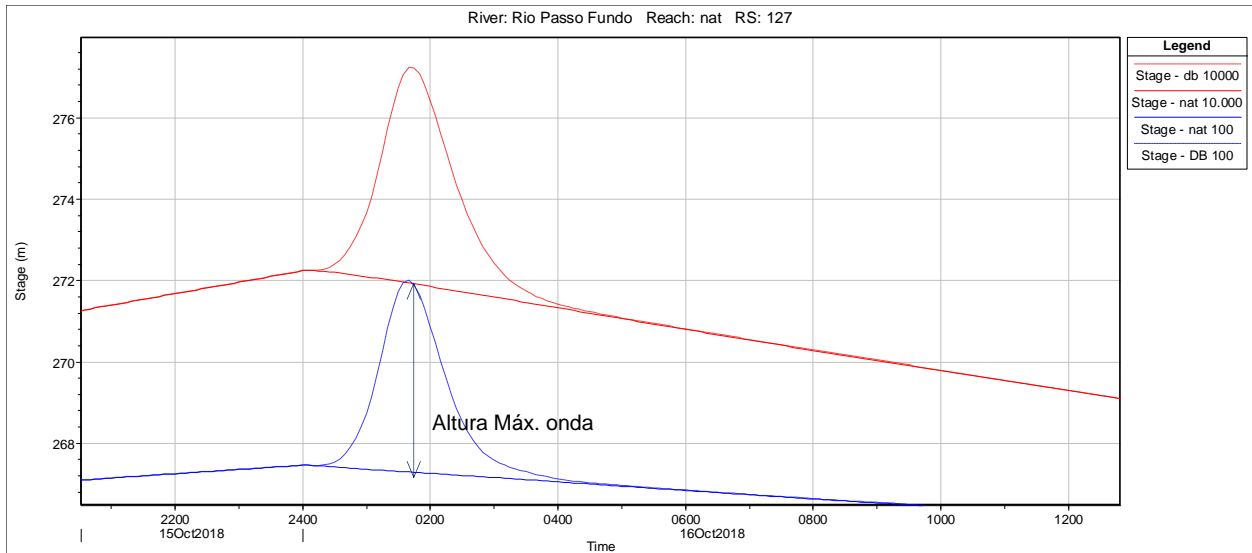


Figura 52 – Cotagrama - SL-127 – Ponte

Tabela 34 – Detalhe das simulações - SL-125 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível de água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)
	Natural	Dam Break				
100 ANOS	266,93	270,93	4,00	00:20	01:40	04:40
10.000 ANOS	270,94	275,43	4,49	00:20	01:45	04:40

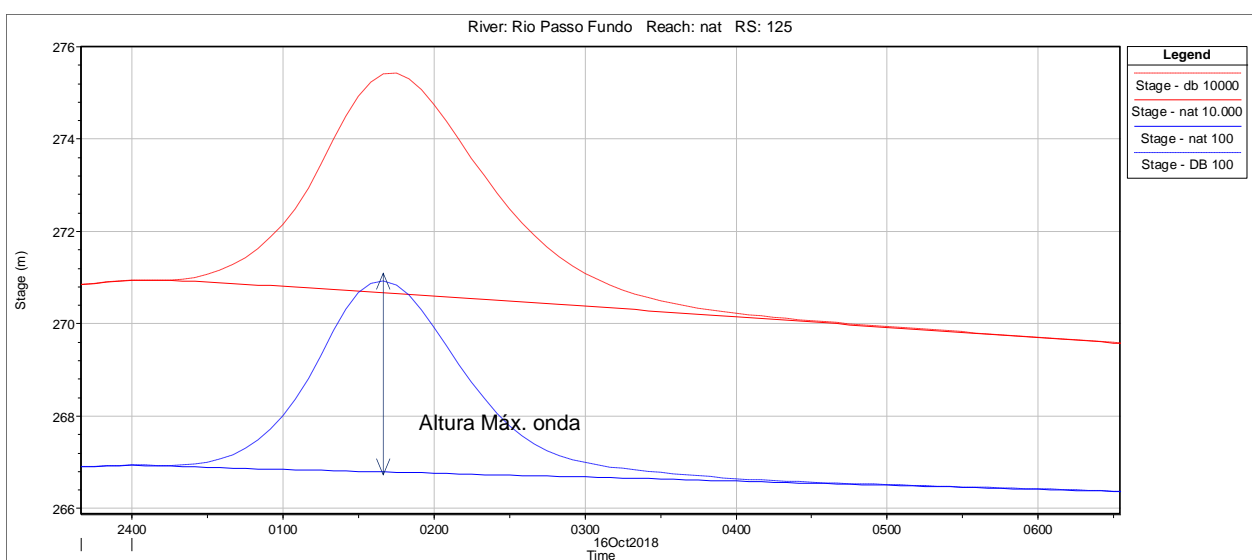


Figura 53 – Cotagrama - SL-125 – Propriedades

5.7.10 SL-122/119 – Propriedades

As propriedades a jusante da Barragem UHE Monjolinho, identificadas pelas seções SL-122 e SL-119, estão localizadas cerca de 13,35 e 13,95 km respectivamente da barragem UHE Monjolinho (Figura 54).



Figura 54 – Localização Propriedades - SL-122/119

Tabela 35 – Detalhe das simulações - SL-122 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível de água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico da Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)
	Natural	Dam Break				
100 ANOS	266,72	270,41	3,69	00:25	01:40	04:35
10.000 ANOS	270,38	274,56	4,18	00:25	01:45	04:35

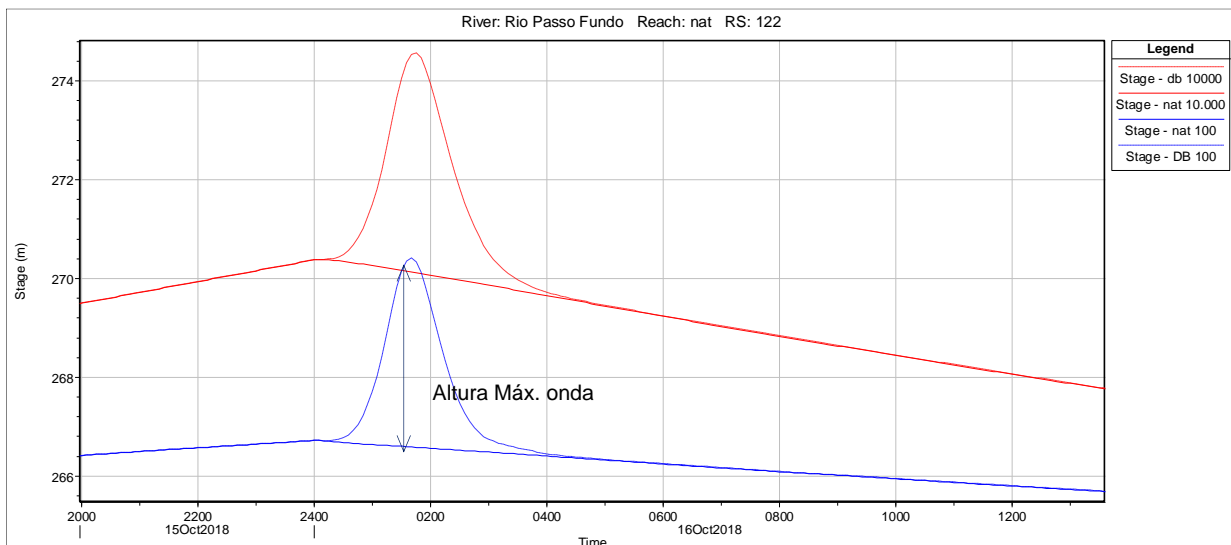


Figura 55 – Cotagrama - SL-122 – Propriedades

Tabela 36 – Detalhe das simulações - SL-119 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível de água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)
	Natural	Dam Break				
100 ANOS	266,64	270,21	3,57	00:25	01:40	04:05
10.000 ANOS	270,17	274,25	4,08	00:25	01:45	04:05

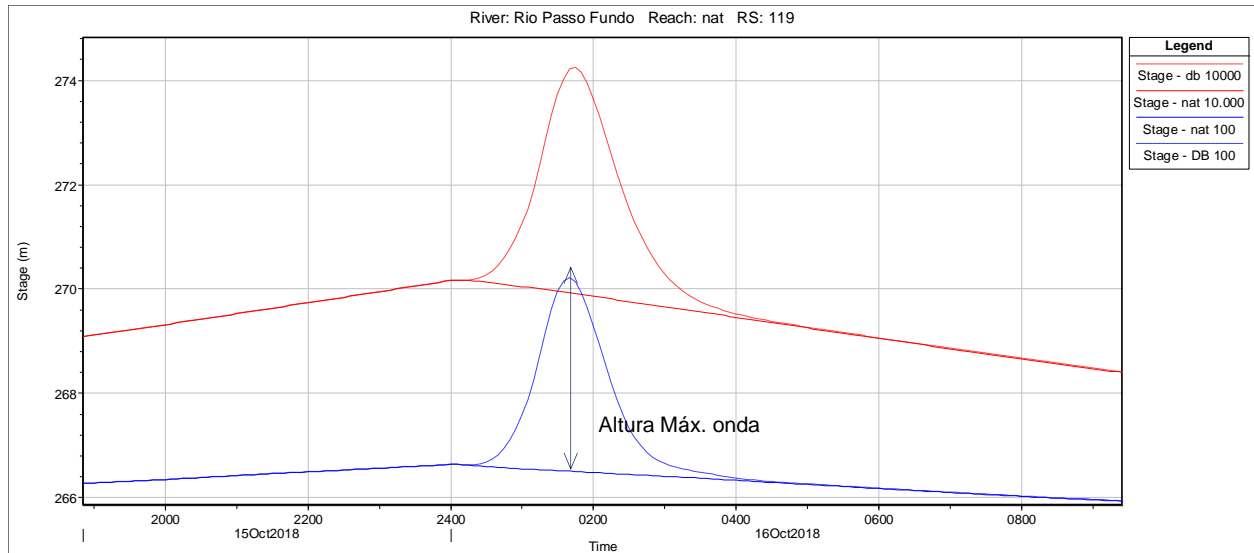


Figura 56 – Cotograma - SL-119 – Propriedades

5.7.11 SL-105 – Propriedades

As propriedades a jusante da Barragem UHE Monjolinho, identificada pela seção SL-105, está localizada cerca de 16,75 km da barragem UHE Monjolinho (Figura 57).



Figura 57 – Localização Propriedades - SL-105

Tabela 37 – Detalhe das simulações - SL-105 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível de água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico da Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)
	Natural	Dam Break				
100 ANOS	266,02	268,63	2,61	00:30	01:40	04:00
10.000 ANOS	268,48	271,56	3,08	00:30	01:45	04:00

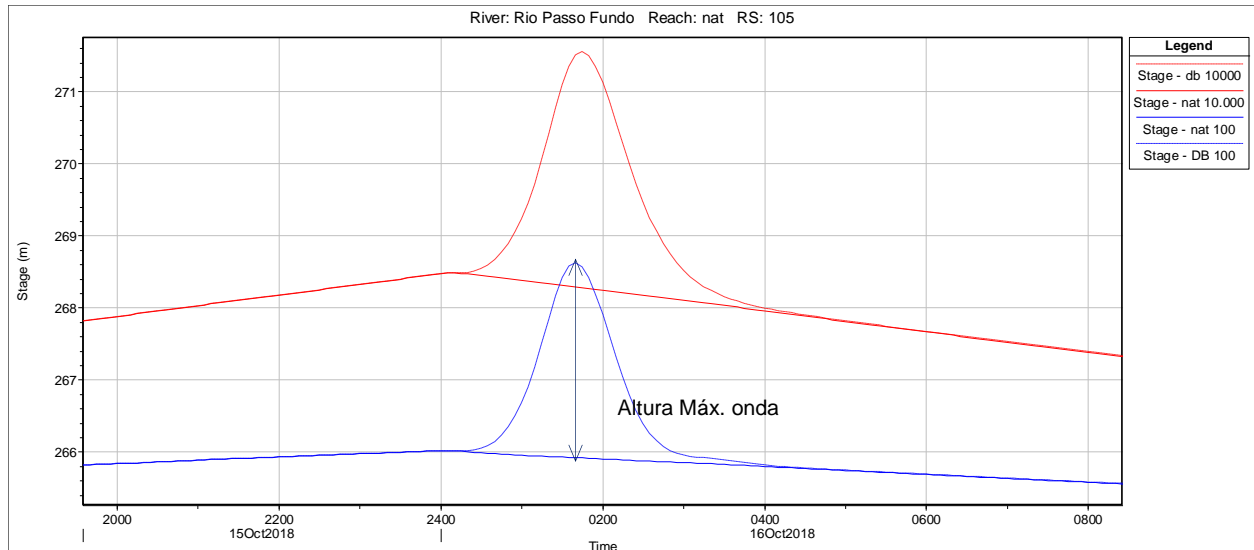


Figura 58 – Cotograma - SL-105 – Propriedades

5.7.12 SL-98 – Propriedades

As propriedades a jusante da Barragem UHE Monjolinho, identificada pela seção SL-98, está localizada cerca de 18,15 km da barragem UHE Monjolinho (Figura 59).



Figura 59 – Localização Propriedades - SL-98

Tabela 38 – Detalhe das simulações - SL-98 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível de água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)
	Natural	Dam Break				
100 ANOS	265,71	267,77	2,06	00:35	01:40	04:25
10.000 ANOS	267,57	270,03	2,46	00:35	01:45	05:25

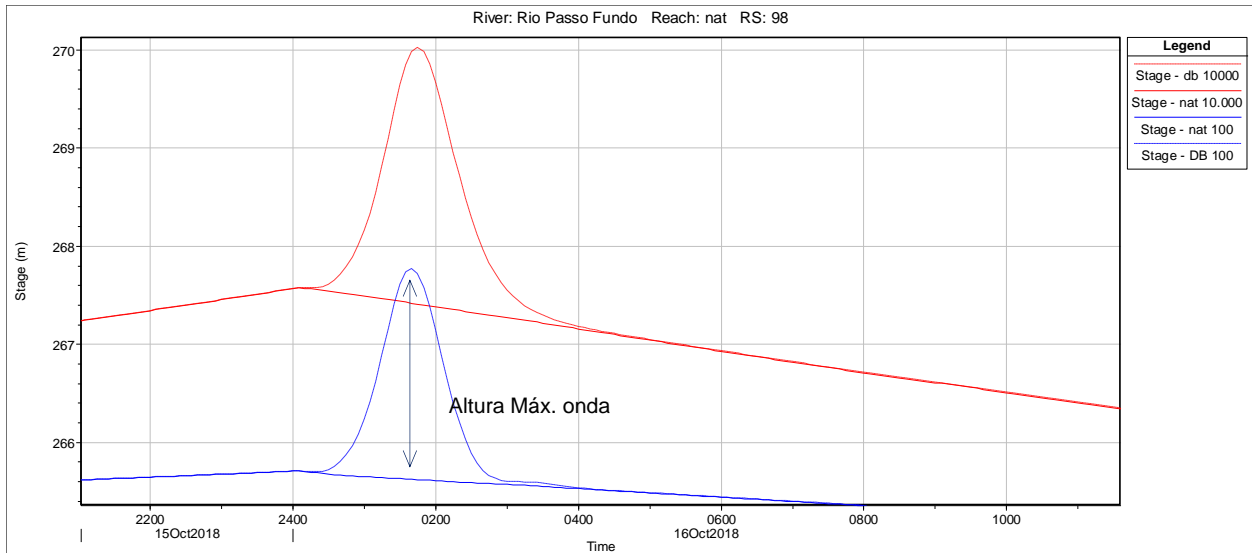


Figura 60 – Cotagrama - SL-98 – Propriedades

5.7.13 SL-63 – Propriedades

As propriedades a jusante da Barragem UHE Monjolinho, identificada pela seção SL-63, está localizada cerca de 25,15 km da barragem UHE Monjolinho (Figura 61).



Figura 61 – Localização Propriedades - SL-63

Tabela 39 – Detalhe das simulações - SL-63 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível de água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)
	Natural	Dam Break				
100 ANOS	265,24	266,34	1,10	00:35	01:40	04:25
10.000 ANOS	266,18	267,5	1,32	00:35	01:45	05:25

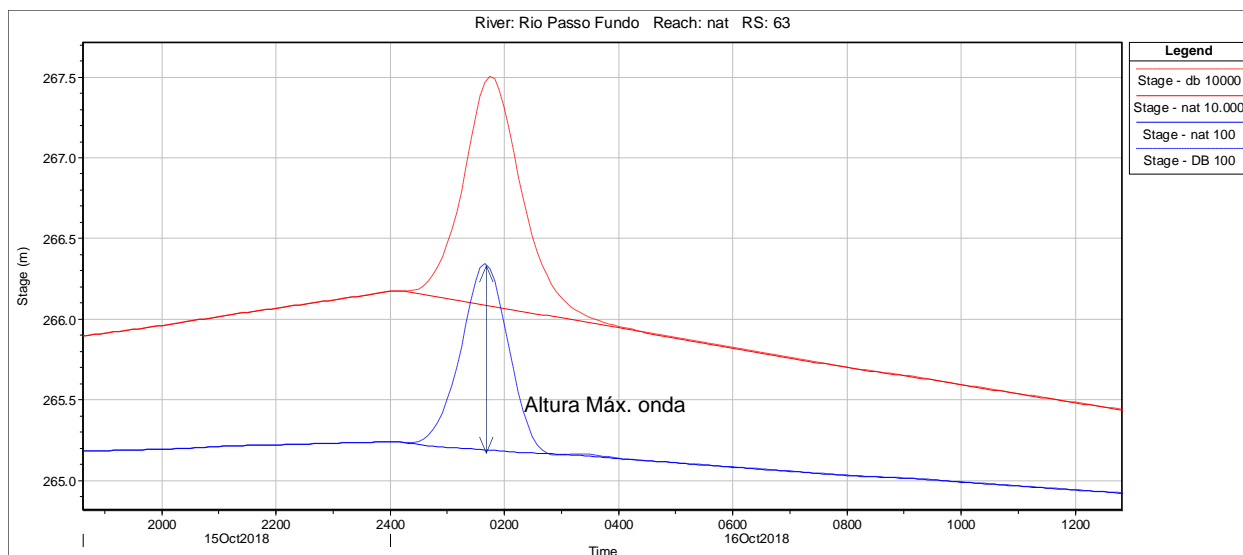


Figura 62 – Cotagrama - SL-63 – Propriedades

5.7.14 SL-56 – Propriedades

As propriedades a jusante da Barragem UHE Monjolinho, identificada pela seção SL-56, está localizada cerca de 26,55 km da barragem UHE Monjolinho (Figura 63).

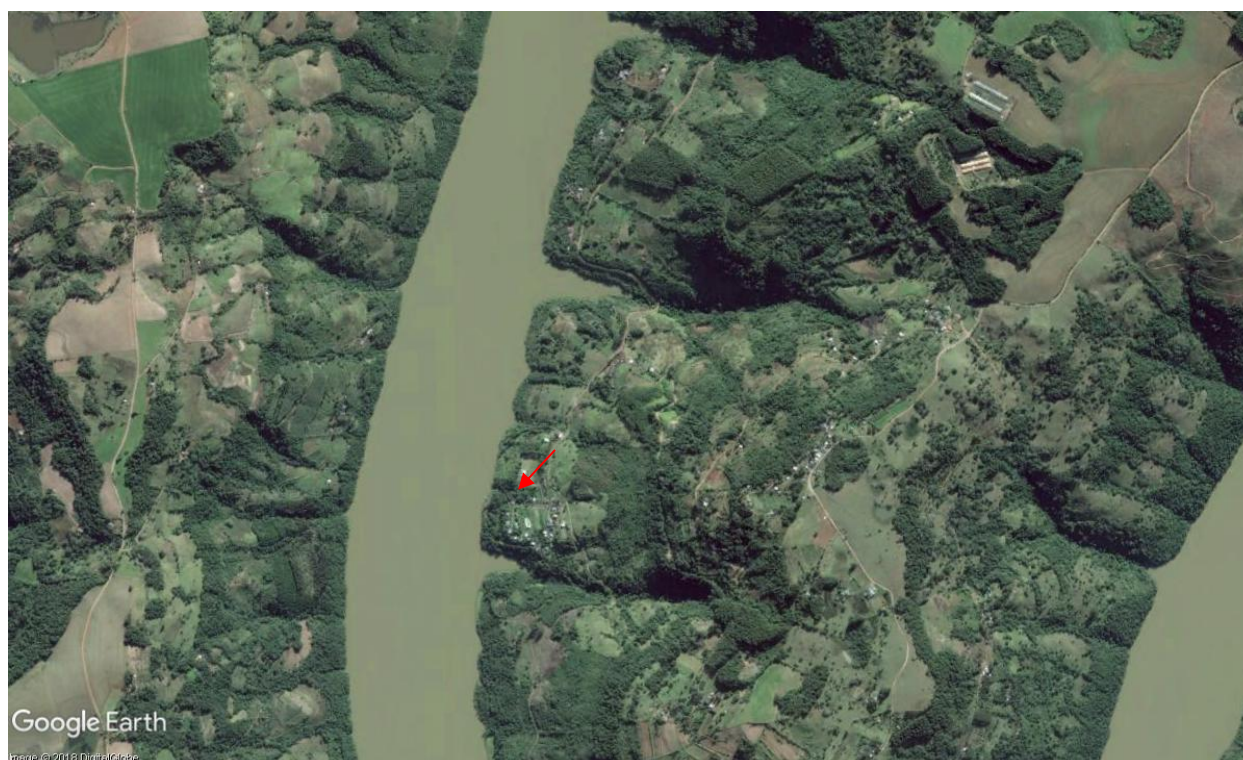


Figura 63 – Localização Propriedades - SL-56

Tabela 40 – Detalhe das simulações - SL-56 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível de água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)
	Natural	Dam Break				
100 ANOS	265,16	266,09	0,93	00:35	01:40	03:25
10.000 ANOS	265,93	267,06	1,13	00:35	01:45	05:25

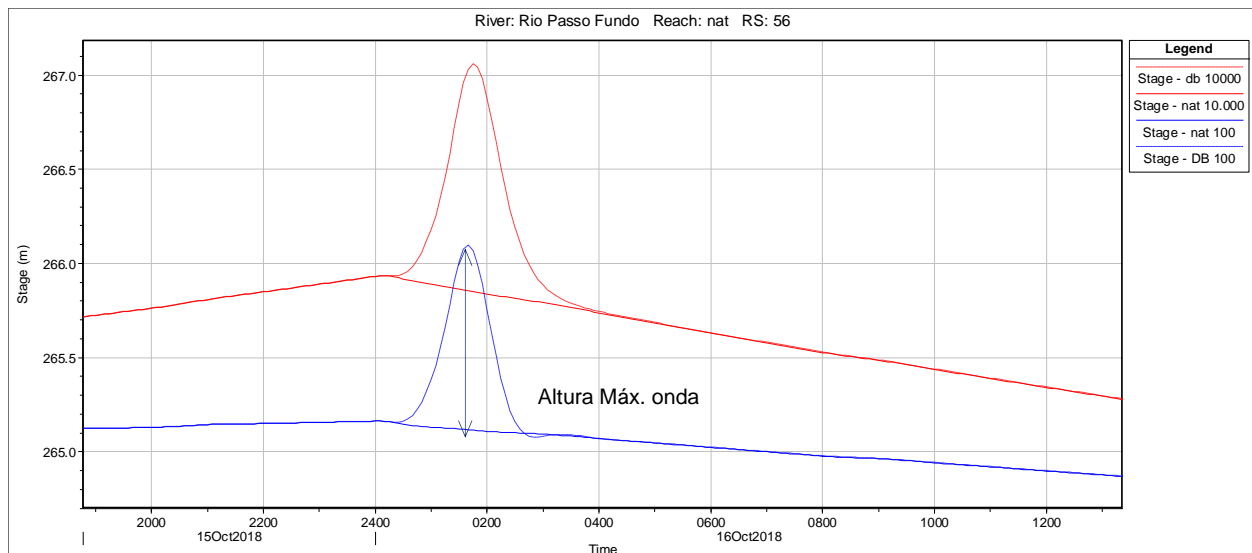


Figura 64 – Cotograma - SL-56 – Propriedades

5.7.15 Resumo Geral das Seções de Interesse

A Tabela 41 abaixo apresenta o resumo dos tempos da onda de cheia após rompimento da barragem em cada seção estratégica do trecho de jusante. Estão indicados na tabela a distância da barragem até as seções e para o rompimento da barragem o tempo de início da onda de cheia, o tempo para atingir o pico, duração da onda, o nível de água normal sem rompimento, o nível máximo de água com o rompimento, a altura máxima da onda de cheia, velocidade e vazão máxima nas seções de interesse considerando as cheias nos tempos de recorrência de TR-100 anos e TR-10.000 anos.

Os mapas de inundação apresentados no Volume II estão divididos por tempo de recorrência e possuem destaque para os locais próximos as seções indicadas na Tabela 41. Nos mapas apresenta-se os níveis de água definidos para a condição natural, condição com Dam Break, altura de onda, tempo de chegada da onda e o tempo de pico da mesma para cada seção, bem como uma imagem do local para facilitar a localização. Os desenhos de 12 a 21 representam os mapas MON-C-MPI-004-00-18 – Mapa de Inundação – TR 100 Anos – Natural e Dam Break – Folhas 01 a 10 e os desenhos de 22 a 31 representam os mapas MON-C-MPI-005-00-18 – Mapa de Inundação – TR 1.000 Anos – Natural e Dam Break – Folhas 01 a 10.

Tabela 41 – Tempo de chegada da onda e níveis de água em cada seção

Seções de Interesse		Distância da Barragem UHE Monjolinho (km)	DB 100 anos									DB 10.000 anos							
			Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)			Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)			Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	
			Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração			Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração			
Barragem Monjolinho - Tempo após Rompimento																			
Rio Passo Fundo	189	Casa de Força Monjolinho	0,15	272,10	292,41	20,31	00:05	01:20	07:55	3,05	34089,18	276,61	293,71	17,10	00:05	01:25	07:55	3,08	35978,17
	182	Propriedades	1,55	271,67	290,97	19,30	00:05	01:25	07:55	3,36	32093,44	276,05	292,29	16,24	00:05	01:30	07:55	3,30	35382,07
	180	Propriedades	1,95	271,45	289,91	18,46	00:05	01:25	07:55	4,80	32058,69	275,78	291,16	15,38	00:05	01:30	07:55	4,79	34182,00
	174	Propriedades	3,25	271,11	289,34	18,23	00:05	01:25	06:55	2,99	31854,67	275,45	290,57	15,12	00:05	01:30	06:55	3,01	34072,81
	173	Propriedades	3,33	271,11	289,45	18,34	00:05	01:25	06:55	2,89	31834,42	275,46	290,70	15,24	00:05	01:30	06:55	2,92	34061,57
	172	Propriedades	3,45	270,97	288,46	17,49	00:05	01:25	06:55	5,27	31809,62	275,25	289,68	14,43	00:05	01:30	06:55	5,30	34047,38
	168	Propriedades	4,15	270,40	287,15	16,75	00:10	01:25	05:50	4,67	31671,29	274,71	288,43	13,72	00:10	01:30	05:50	4,67	33954,39
	153	Propriedades	7,19	268,62	280,78	12,16	00:15	01:30	05:45	4,65	30356,20	273,15	282,63	9,48	00:15	01:35	05:45	4,56	32662,49
	150	Propriedades	7,75	268,22	279,36	11,14	00:15	01:35	05:45	4,66	29559,28	272,89	281,89	9,00	00:15	01:35	05:45	4,40	32524,76
	149	Propriedades	7,95	268,18	279,22	11,04	00:15	01:35	05:45	3,30	29549,62	272,86	281,80	8,94	00:15	01:35	05:45	3,17	32457,17
	139	Propriedades	9,95	267,68	275,74	8,06	00:15	01:35	04:45	3,69	29210,33	272,46	279,69	7,23	00:15	01:40	04:45	3,08	31182,46
	136	Ponte 1 - Rio Passo Fundo	10,49	267,52	273,95	6,43	00:15	01:40	04:45	4,14	28414,06	272,34	278,93	6,59	00:15	01:40	04:45	3,23	31060,32
	135	Propriedades	10,85	267,54	275,21	7,67	00:15	01:40	04:45	1,59	28385,09	272,40	279,81	7,41	00:15	01:40	04:45	1,31	30947,57
	127	Ponte 2 - Rio Uruguai	12,35	267,46	272,00	4,54	00:20	01:40	04:40	1,17	28331,63	272,24	277,23	4,99	00:20	01:45	04:40	1,11	30598,39
	125	Propriedades	12,75	266,93	270,93	4,00	00:20	01:40	04:40	2,97	56642,16	270,94	275,43	4,49	00:20	01:45	04:40	3,75	80735,95
	122	Propriedades	13,35	266,72	270,41	3,69	00:25	01:40	04:35	2,39	56593,91	270,38	274,56	4,18	00:25	01:45	04:35	3,08	80710,74
	119	Propriedades	13,95	266,64	270,21	3,57	00:25	01:40	04:05	2,01	56531,52	270,17	274,25	4,08	00:25	01:45	04:05	2,56	80672,69
	105	Propriedades	16,75	266,02	268,63	2,61	00:30	01:40	04:00	2,06	56295,48	268,48	271,56	3,08	00:30	01:45	04:00	2,71	80469,09
98	Propriedades	18,15	265,71	267,77	2,06	00:35	01:40	04:25	3,27	56216,22	267,57	270,03	2,46	00:35	01:45	05:25	4,42	80378,36	
63	Propriedades	25,15	265,24	266,34	1,10	00:35	01:40	04:25	1,74	55916,96	266,18	267,50	1,32	00:35	01:45	05:25	2,43	79966,91	
56	Propriedades	26,55	265,16	266,09	0,93	00:35	01:40	03:25	2,13	55852,38	265,93	267,06	1,13	00:35	01:45	05:25	2,97	79880,89	

- A zona de autossalvamento fica definida como 30 min do início da onda, ou seja, até SL-105 – Propriedades cerca de 16,75 km a jusante do barramento UHE Monjolinho.

6 AGÊNCIAS E ENTIDADES ENVOLVIDAS

Deverão ser evitadas informações prematuras e inexatas a respeito do desenvolvimento da situação, a fim de impedir especulações e pânico, sendo de responsabilidade da Empresa Operadora, **MONJOLINHO ENERGÉTICA S.A.**, centralizar a veiculação de informações.

6.1 Agentes Internos

SPE

Nome do Empreendedor: Monel Monjolinho Energética S.A.

UHE: Monjolinho

MATRIZ

CNPJ: 04.834.395/0001-89

Endereço: Rodovia José Carlos Daux, Nº 5500, Bloco Jurerê, A - 3º Andar - Saco Grande, Florianópolis - SC, 88032-005

FILIAL

CNPJ: 04.834.395/0002-60

Endereço: Linha Estivinha 1, Bananeiras, Nonoai/RS, CEP.99600-000

Administrador – Statkraft Energias Renováveis S/A

Endereço: Rodovia José Carlos Daux, Nº 5500, Bloco Jurerê, A - 3º Andar - Saco Grande, Florianópolis - SC, 88032-005

Diretor Presidente (Country Head): Fernando De Lapuerta Montoya

Fone: (48) 3877-7100

E-mail: fernando.delapuerta@statkraft.com

Responsável Técnico da Segurança da Barragem: Marcela Jeiss

Telefone: (48) 9 9131-1006

E-mail: marcela.jeiss@statkraft.com

VP Operações Estratégicas: Thiago Tomazzoli

Fone: (48) 3877-7100

E-mail: thiago.tomazzoli@statkraft.com

Dam Safety Manager (Dam Safety Officer): Marcela Jeiss

Telefone: (48) 9 9131-1006

E-mail: marcela.jeiss@statkraft.com

Engenheiro Civil Sênior (Technical Person): Arthur Andreetta

Telefone: (48) 9 9148-7143

E-mail: arthur.andreetta@statkraft.com

Diretor de Operação e Manutenção: Alexandre Murakami

Fone: (48) 9 8841-3146

E-mail: alexandre.murakami@statkraft.com

Diretor de Ativos: Ewerton Carneiro

Fone: (48) 9 9183-0302

E-mail: ewerton.carneiro@statkraft.com

Gerente de Operação: Robson Guimaraes da Silva

Fone: (48) 3877-7154/7117 / (48) 99107-2849

E-mail: robson.guimaraes@statkraft.com

Gerente de Manutenção: Rodrigo Dutra

Fone: (48) 9 9970-2065

E-mail: rodrigo.dutra@statkraft.com

Gerente de Planejamento: Rodrigo Prestes

Fone: (48) 9 9142-9164

E-mail: rodrigo.prestes@statkraft.com

Coordenador Regional: Glauber Wandscheer

Fone: (54) 9 9607-9806

E-mail: glauber.wandscheer@statkraft.com

Gerente de Sustentabilidade Aline Ohira

Fone: (48) 9 9150-2308

E-mail: aline.ohira@statkraft.com

Gerente de Meio Ambiente: Bianca Barros

Fone: (48) 9 9160-9264

E-mail: bianca.barros@statkraft.com

6.2 Agentes Externos

Tabela 42 – Órgãos Federais que possuem atribuições em casos de desastres

ÓRGÃO	TELEFONE COMERCIAL
SECRETARIA NACIONAL DE DEFESA CIVIL FEDERAL (BRASÍLIA)	(61) 3414-5869
MINISTÉRIO DA DEFESA	(61) 3312-4000
COMANDO DO EXÉRCITO	(61) 3415-5751
COMANDO DA MARINHA	(61) 3429-1293 e (61) 99238-9790
COMANDO DA AERONÁUTICA	(61) 2023-9400
POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL	191 (61) 2025-6607

Tabela 43 – Órgãos do Estado do Rio Grande do Sul que possuem atribuições em casos de desastres

ÓRGÃO	CONTATO
	199
CASA MILITAR E COORDENADORIA ESTADUAL DE DEFESA CIVIL Coronel Júlio César Rocha Lopes Chefe da Casa Militar	(51) 3221-7098 (51) 3210-4186 casa-militar@casamilitar.rs.gov.br www.defesacivil.rs.gov.br
SECRETARIA DE ESTADO DA SEGURANÇA PÚBLICA– SSP-RS	(51) 3288-1900 www.ssp.rs.gov.br
SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE	(51) 3288-5800 secretaria@saude.rs.gov.br www.saude.rs.gov.br/
CORPO DE BOMBEIRO MILITAR – RS Coronel Luiz Carlos Neves Soares Júnior Comandante Geral	193 (51) 9 8577-1169 ccb-cmt@bm.rs.gov.br www.cbm.rs.gov.br/
FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL – FEPAM Marjorie Kauffman Presidente	(51) 3288-9444 www.fepam.rs.gov.br/
POLÍCIA MILITAR DE RIO GRANDE DO SUL – PMRS CMT Geral Coronel QOEM Cláudio dos Santos Comandante Geral	190 (51) 3288-2711 gcg@brigadamilitar.rs.gov.br www.brigadamilitar.rs.gov.br

Tabela 44 – Órgãos Municipais que possuem atribuições em casos de desastres

ÓRGÃO	TELEFONE COMERCIAL
COORDENADORIA REGIONAL DE DEFESA CIVIL DE FREDERICO WESTPLALEN Ten. Cel. Alexandre Moreira Pereira	(55) 9 9955-4745 defesacivil- fwestphalen@casamilitar.rs.gov.br

ÓRGÃOS MUNICIPAIS DE APOIO À EMERGÊNCIA	CONTATOS
Polícia Militar	190
Polícia Rodoviária Federal	191
Bombeiros	193
Defesa Civil	199

6.2.1 Outros Órgãos

Os municípios atingidos são Faxinalzinho e Nonoai.

Órgãos municipais que possuem atribuições natas em relação aos desastres:

MUNICÍPIO DE FAXINALZINHO	CONTATOS
Prefeitura Municipal de Faxinalzinho	(54) 3546-1112
Coordenador Municipal da Defesa Civil Guilherme Pires da Silva	(54) 9 9916-0155

MUNICÍPIO DE NONOAI	CONTATOS
Prefeitura Municipal de Nonoai	(54) 3362-1270
Coordenador Municipal da Defesa Civil Luis Fernando Backschat	(54) 9 9950-2858

MUNICÍPIO DE ERVAL GRANDE	CONTATOS
Prefeitura Municipal de Erval Grande	(54) 3375-1114
Coordenador Municipal da Defesa Civil Erivelton de Oliveira	(54) 9 8123-4331 / (54) 3375-1114

7 CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA E RISCO DE RUPTURA

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

7.1 Condição Hidrológica

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

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

A **EMERGÊNCIA** poderá ocorrer em qualquer condição de escoamento em conjunto com o rompimento da barragem. Em condições naturais de cheias sem rompimento da barragem ocorre inundação da população a jusante a partir da TR=100 anos.

Na Figura 65 estão indicados os diversos níveis de segurança baseados na vazão do vertedouro (possível de ser obtida pelo NA do reservatório), importante observar que a partir da cheia de 100 anos já fica definido o nível de emergência 1.

A Tabela 45 também indica os níveis de segurança com as respectivas ações a serem tomadas. Nessa tabela os níveis de segurança para a condição hidrológica estão descritos na alínea a).

7.2 Condição Estrutural

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

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

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

A manutenção das boas condições estruturais do barramento da UHE Monjolinho garante a integridade da estrutura e reduzem drasticamente as possibilidades de um acidente com o rompimento da barragem.

A Tabela 45 apresenta os níveis de segurança para as condições estruturais na alínea b) juntamente com as providências a serem tomadas pela equipe de operação.

7.2.1 Monitoramento das Estruturas

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

- Procedimentos de inspeções civis visuais informando onde e o que se deve observar;
- Listas de verificações a serem utilizadas nas inspeções civis;
- Instruções de trabalho para procedimentos de manutenções mais comuns de reparos nas estruturas.

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

7.2.1.1 Inspeções Rotineiras

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

7.2.1.2 Inspeção de Segurança Regular

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

7.2.1.3 Inspeções Segurança Especial

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

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

7.2.2 Revisão Periódica de Segurança

A Revisão Periódica de Segurança (RPS) tem o objetivo de diagnosticar o estado geral de segurança da barragem com vistas aos avanços tecnológicos, atualização de informações hidrológicas na bacia bem como os critérios de projeto e uso do solo na bacia a montante do barramento. Deve ser realizado a cada 7 anos conforme a classificação da barragem (Classe B).

7.2.3 Tramitação das Informações

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

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

O fluxograma de ações 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** deverá seguir procedimento do Plano de Ação de Emergências, 0 -

MUNICÍPIO DE ERVAL GRANDE	CONTATOS
Prefeitura Municipal de Erval Grande	(54) 3375-1114
Coordenador Municipal da Defesa Civil Erivelton de Oliveira	(54) 9 8123-4331 / (54) 3375-1114

Caracterização dos Níveis de Segurança e Risco de Ruptura, e concomitantemente acionar o documento PS-HSE-R-50-ERP-TIR 1 (Emergency Response Plan) e seus respectivos anexos, no caso da UHE Monjolinho / Anexo V.

UHE MONJOLINHO - CURVA REFERENCIAL PARA OPERAÇÃO

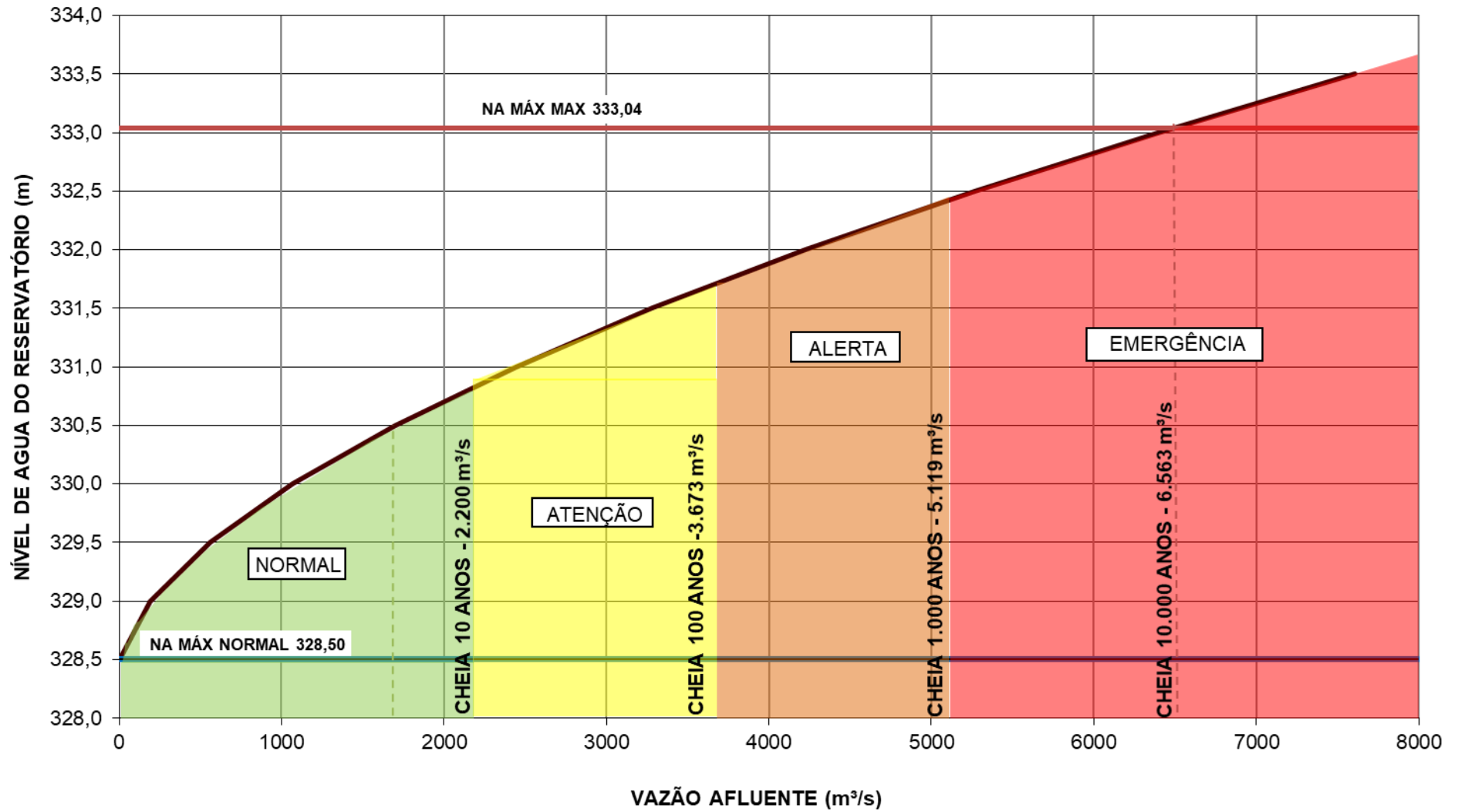


Figura 65 – Níveis da Condição Hidrológica

Tabela 45 – Níveis da Condição Hidrológica e Estrutural

Nível de Segurança	Condições e Situações
<p>Nível Normal (Verde) a) Operação normal das estruturas de descarga</p>	<p>a) cheia até 2.200 m³/s (TR até 10 anos) – Realizar o monitoramento das precipitações e vertimento das usinas de montante.</p>
<p>Nível Atenção (Amarelo) a) Aumento da condição hidrológica.</p>	<p>a) cheia de 2.200 até 3.673 m³/s (TR entre 10 e 100 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente.</p>
<p>Nível Alerta (Laranja) a) Localidades com possibilidade de alagamento a partir do eixo do barramento. b) Início Infiltração no bloco de concreto com qualquer condição hidrológica</p>	<p>a) cheia de 3.673 até 5.119 m³/s (TR entre 100 e 1.000 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente com possibilidade de alagamento em localidades dos municípios; b) manutenção imediata para reduzir a infiltração.</p>
<p>Nível Emergência (Vermelho) b) Ruptura está prestes a ocorrer, ocorrendo ou acabou de ocorrer com qualquer condição hidrológica.</p>	<p>a) cheia de 5.119 até 6.563 m³/s (TR entre 1.000 e 10.000 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente extrema com alagamento em localidades do município → Retirada dos atingidos de jusante; a) cheia a partir de 5.119m³/s (TR igual ou superior a 1.000 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de galgamento do barramento com alagamento em localidades do município → Retirada dos atingidos de jusante; b) rompimento da Barragem com formação da onda de cheia com qualquer condição hidrológica → Retirada dos atingidos de jusante</p>

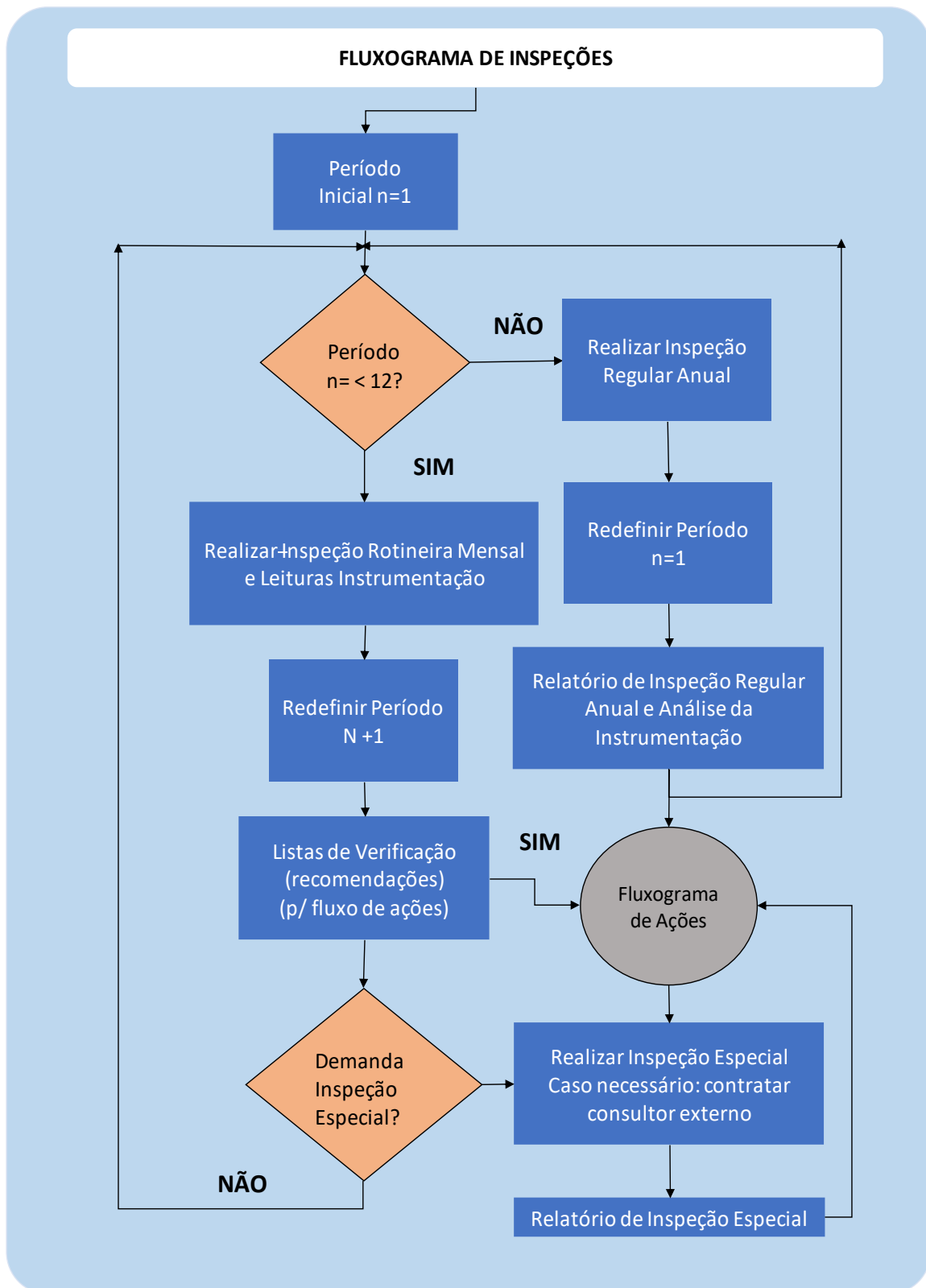
a) nível de alerta devido as condições hidrológicas;

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

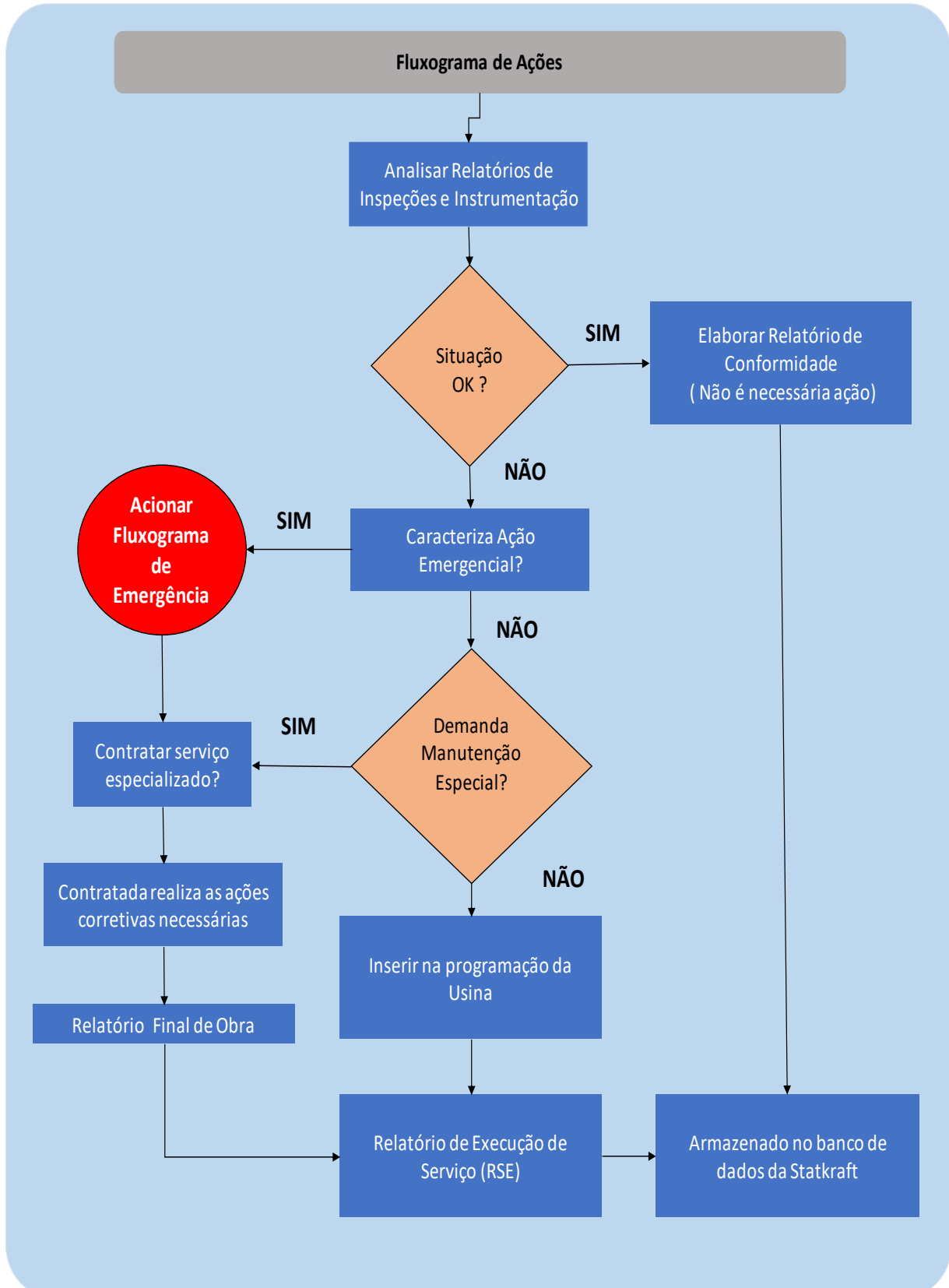
EMERGÊNCIA – A ruptura do barramento pode ocorrer em qualquer condição hidrológica formação de brecha ou em eventos extremos. O alerta aos órgãos responsáveis deve ser emitido assim que constatada a impossibilidade de reverter o problema possibilitando a retirada de todos os atingidos a jusante do barramento.

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

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



Fluxograma 1 – Fluxograma de Inspeções – n = mês



Fluxograma 2 – Fluxograma de Ações - manutenção das estruturas

8 RESPONSABILIDADES DE TODOS OS AGENTES ENVOLVIDOS

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

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

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

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

8.1 Agente Interno – MONJOLINHO ENERGÉTICA S.A.

O proprietário da Usina é a MONJOLINHO ENERGÉTICA S.A., e também controla a operação da Usina.

Será de responsabilidade da Operadora:

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

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

8.2 Agentes Externos

Os agentes externos diretos serão Defesa Civil do Estado do Rio Grande do Sul, e dos municípios de Faxinal dos Guedes, Ouro Verde e Bom Jesus, bem como Corpo de Bombeiros, Polícia Militar e Civil e, Secretaria da Saúde dos municípios 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;
- Manter controle das rodovias estaduais e municipais, interditando-as ou adotando medidas de precaução naquela cuja utilização possam causar riscos aos usuários.

Corpo de Bombeiros

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

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

Secretaria da Saúde

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

8.3 Atribuições Conjuntas entre a Usina e Agentes Externos

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

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

9 PROGRAMA DE AÇÕES PREVENTIVAS, TÃO LOGO IDENTIFICADAS SITUAÇÕES EMERGÊNCIAIS

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

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

As condições de operação do reservatório serão monitoradas diretamente pela equipe da operação da Usina, continuamente, 24h por dia, 7 dias por semana, e pela equipe do centro de operação de geração COS-Florianópolis através de monitoramento remoto via satélite.

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

Os mapas de inundação foram elaborados com a utilização de restituição no trecho de jusante da Barragem. Como sistema de prevenção aos moradores de jusante da barragem os mesmos devem ser avisados a partir de cheias de 10 anos para evacuação da área.

Conforme a Figura 65 – Níveis d e a Tabela 45 – Níveis da Condição Hidrológica e Estrutural, do item 0 as situações serão classificadas como:

9.1 Situação normal (Verde)

OPERACIONAL: Cheia até 2.200 m³/s – TR 10 Anos

- Observar a pluviometria da região e os dados de vertimento das usinas à montante;
- 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/ou seja detectado vazamento na barragem com potencial de ruptura, deverá ser acionado **EMERGÊNCIA**.

CONSERVAÇÃO ESTRUTURAL: Cheia até 2.200 m³/s – TR 10 Anos

- Realizar inspeção regular no barramento e nível do barramento buscando observar alguma anomalia na estrutura que necessite reparo.

9.2 Situação atenção (Amarelo)

OPERACIONAL: Cheia de 2.200 até 3.673 m³/s – TR entre 10 e 100 Anos

- Observar a pluviometria da região e os dados de vertimento das usinas à montante;
- Cheia - Aviso aos agentes externos da ocorrência de enchente com possibilidade de alagamento em localidades dos municípios (Mapas de inundação TR 100 anos);
- Caso ocorra uma diminuição brusca do nível do reservatório e/ou seja detectado vazamento na barragem com potencial de ruptura, deverá ser acionado **EMERGÊNCIA**.

Após a condição de enchente (TR entre 10 e 100 anos) deverá ser realizada uma inspeção completa no barramento e no vertedouro para verificar as condições gerais da estrutura civil.

CONSERVAÇÃO DAS ESTRUTURAS: Cheia de 2.200 até 3.673 m³/s – TR entre 10 e 100 Anos

- Infiltração no barramento acima do normal com qualquer condição hidrológica;
- Infiltração - Manutenção imediata para reduzir as infiltrações.

Após a condição de enchente (TR entre 10 e 100 anos) deverá ser realizada uma inspeção completa no barramento e no vertedouro para verificar as condições gerais da estrutura civil.

9.3 Situação de Alerta (Laranja)

OPERACIONAL: Cheia de 3.673 até 5.119 m³/s – TR entre 100 e 1.000 anos

- Observar a pluviometria da região e os dados de vertimento das usinas à montante;
- Cheia - Aviso aos agentes externos da possível ocorrência de enchente com possibilidade de alagamento em localidades dos municípios (Mapas de Inundação TR 100 anos e TR 10.000 anos);

Após a condição de enchente (TR entre 100 e 1.000 anos) deverá ser realizada uma inspeção completa no barramento e no vertedouro para verificar as condições gerais da estrutura civil.

CONSERVAÇÃO DAS ESTRUTURAS:

Cheia de 3.673 até 5.119 m³/s – TR entre 100 e 1.000 anos Infiltração sem controle com perda de massa da barragem

- Infiltração sem possibilidade de controle – Realizar o rebaixamento imediato do reservatório reduzindo a pressão no barramento e os possíveis danos no rompimento;
- Caso não seja solucionado o problema de infiltração acionar **EMERGÊNCIA** e evacuar imediatamente os moradores das propriedades localizadas nas seções a partir do eixo do barramento até o limite da Zona de Autossalvamento (ZAS).

Após a condição de enchente (TR entre 100 e 1.000 anos) deverá ser realizada uma inspeção completa no barramento e no vertedouro para verificar as condições gerais da estrutura civil.

9.4 Situação de emergência (Vermelha)

OPERACIONAL:	Cheia de 5.119 até 6.563m³/s – TR entre 1.000 e 10.000 anos Cheia a partir de 6.563 m³/s – TR igual ou superior a 10.000 anos
---------------------	--

CONSERVAÇÃO DAS ESTRUTURAS:	Ruptura prestes a ocorrer, ocorrendo ou acabou de ocorrer com qualquer condição hidrológica operacional ou de conservação Nível do reservatório chegando à cota 333,04m
------------------------------------	--

- Nestas situações a operadora deverá comunicar a defesa civil para a retirada da população atingida de jusante. Importante a comunicação da usina com os moradores nas áreas mais próximas. Os Mapas de Inundação com Dam Break para os diversos tempos de recorrência devem servir de orientação para a retirada da população.

NAS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA 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.)

10 ACESSOS, MAPAS DE ÁREAS SUJEITAS A INUNDAÇÕES POTENCIAIS

O desenho 1 - MON-C-AGE-001-00-18 apresenta localização e acessos a UHE Monjolinho e o desenho 2 - MON-C-PRE-002-00-18 apresenta a área a ser resguardada na propriedade da empresa. Os desenhos estão no Volume II.

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 na região mais próxima à usina. Logo, como sistema de prevenção aos moradores de jusante da barragem devem ser avisados a partir de cheias de 100 anos de recorrência (3.673 m³/s) para evacuação da área ou em uma eventual ruptura da barragem.

10.1 Acessos

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

10.2 Propriedades Atingidas

As propriedades nas seções SL-189, SL-182, SL-180, SL-174, SL-173, SL-172, SL-168, SL-153, SL-150, SL-149, SL-139, SL-136, SL-135, SL-127, SL-125, SL-122, SL-119 e SL-105 são atingidas em condições de enchente e em caso de rompimento do barramento e estão dentro da área de Autossalvamento. Como estão muito próximas da barragem o tempo de chegada e de pico da onda nessas seções é bastante curto sendo então necessário a evacuação desses locais o mais breve possível na ocorrência da **EMERGÊNCIA**.

Após a seção SL-173 ocorrem diversas propriedades onde já ocorrem alagamentos com o nível de cheia a partir de 100 anos e devem ser alertados os órgãos responsáveis conforme já mencionado.

Todas as seções indicadas se referem a pontos estratégicos de infraestrutura a jusante do barramento de Monjolinho e estão indicadas a localização das seções nos mapas de inundação. Nessas localidades podemos ter alagamentos devido as cheias estudadas e/ou rompimento da barragem sendo que todas possuem risco.

A Tabela 46 indica o resultado da simulação dos estudos para as seções de interesse que ocorrem inundação.

Os mapas de inundação para o tempo de recorrência de 100 e 10.000 anos foram obtidos nas seguintes simulações:

- MON-C-MPI-004-00-18 – Mapa de Inundação – TR 100 Anos – Natural e Dam Break – Folhas 01 a 10;
- MON-C-MPI-005-00-18 – Mapa de Inundação – TR 10.000 Anos – Natural e Dam Break – Folhas 01 a 10.

Os mapas estão apresentados no Volume II – Anexo III.

O mapa de inundação da zona de Autossalvamento, definido para pior condição de acordo com manual da ANA, que é a inundação com tempo de recorrência de 10.000 anos associado ao rompimento da barragem, está apresentado no seguinte mapa:

- MON-C-MPI-006-00-18 – Zona de Autossalvamento – Natural e Dam Break – TR 10.000 Anos – Folhas 01 a 04.

Tabela 46 – Níveis de Água e Tempo de chegada do pico da onda em cada seção inundada a Jusante da UHE Monjolinho

Seções de Interesse		Distância da Barragem UHE Monjolinho (km)	DB 100 anos								DB 10.000 anos								
			Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)			Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m ³ /s)	Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)			Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m ³ /s)	
			Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração			Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração			
Barragem Monjolinho - Tempo após Rompimento																			
Rio Passo Fundo	189	Casa de Força Monjolinho	0,15	272,10	292,41	20,31	00:05	01:20	07:55	3,05	34089,18	276,61	293,71	17,10	00:05	01:25	07:55	3,08	35978,17
	182	Propriedades	1,55	271,67	290,97	19,30	00:05	01:25	07:55	3,36	32093,44	276,05	292,29	16,24	00:05	01:30	07:55	3,30	35382,07
	180	Propriedades	1,95	271,45	289,91	18,46	00:05	01:25	07:55	4,80	32058,69	275,78	291,16	15,38	00:05	01:30	07:55	4,79	34182,00
	174	Propriedades	3,25	271,11	289,34	18,23	00:05	01:25	06:55	2,99	31854,67	275,45	290,57	15,12	00:05	01:30	06:55	3,01	34072,81
	173	Propriedades	3,33	271,11	289,45	18,34	00:05	01:25	06:55	2,89	31834,42	275,46	290,70	15,24	00:05	01:30	06:55	2,92	34061,57
	172	Propriedades	3,45	270,97	288,46	17,49	00:05	01:25	06:55	5,27	31809,62	275,25	289,68	14,43	00:05	01:30	06:55	5,30	34047,38
	168	Propriedades	4,15	270,40	287,15	16,75	00:10	01:25	05:50	4,67	31671,29	274,71	288,43	13,72	00:10	01:30	05:50	4,67	33954,39
	153	Propriedades	7,19	268,62	280,78	12,16	00:15	01:30	05:45	4,65	30356,20	273,15	282,63	9,48	00:15	01:35	05:45	4,56	32662,49
	150	Propriedades	7,75	268,22	279,36	11,14	00:15	01:35	05:45	4,66	29559,28	272,89	281,89	9,00	00:15	01:35	05:45	4,40	32524,76
	149	Propriedades	7,95	268,18	279,22	11,04	00:15	01:35	05:45	3,30	29549,62	272,86	281,80	8,94	00:15	01:35	05:45	3,17	32457,17
	139	Propriedades	9,95	267,68	275,74	8,06	00:15	01:35	04:45	3,69	29210,33	272,46	279,69	7,23	00:15	01:40	04:45	3,08	31182,46
	136	Ponte 1 - Rio Passo Fundo	10,49	267,52	273,95	6,43	00:15	01:40	04:45	4,14	28414,06	272,34	278,93	6,59	00:15	01:40	04:45	3,23	31060,32
	135	Propriedades	10,85	267,54	275,21	7,67	00:15	01:40	04:45	1,59	28385,09	272,40	279,81	7,41	00:15	01:40	04:45	1,31	30947,57
	127	Ponte 2 - Rio Uruguai	12,35	267,46	272,00	4,54	00:20	01:40	04:40	1,17	28331,63	272,24	277,23	4,99	00:20	01:45	04:40	1,11	30598,39
	125	Propriedades	12,75	266,93	270,93	4,00	00:20	01:40	04:40	2,97	56642,16	270,94	275,43	4,49	00:20	01:45	04:40	3,75	80735,95
	122	Propriedades	13,35	266,72	270,41	3,69	00:25	01:40	04:35	2,39	56593,91	270,38	274,56	4,18	00:25	01:45	04:35	3,08	80710,74
	119	Propriedades	13,95	266,64	270,21	3,57	00:25	01:40	04:05	2,01	56531,52	270,17	274,25	4,08	00:25	01:45	04:05	2,56	80672,69
105	Propriedades	16,75	266,02	268,63	2,61	00:30	01:40	04:00	2,06	56295,48	268,48	271,56	3,08	00:30	01:45	04:00	2,71	80469,09	
98	Propriedades	18,15	265,71	267,77	2,06	00:35	01:40	04:25	3,27	56216,22	267,57	270,03	2,46	00:35	01:45	05:25	4,42	80378,36	
63	Propriedades	25,15	265,24	266,34	1,10	00:35	01:40	04:25	1,74	55916,96	266,18	267,50	1,32	00:35	01:45	05:25	2,43	79966,91	
56	Propriedades	26,55	265,16	266,09	0,93	00:35	01:40	03:25	2,13	55852,38	265,93	267,06	1,13	00:35	01:45	05:25	2,97	79880,89	

(*) Até SL-105 – região de autossalvamento.

(**) Destacados propriedades atingidas conforme condição.

10.3 Zona de Autossalvamento – ZAS

Estudos de rompimentos em barragens indicam que a área de maior risco a população se encontra no trecho entre a barragem e 10 km a jusante ou o local onde o início da onda de cheia demore 30 minutos para chegar, sendo considerado sempre o ponto mais distante entre os dois critérios. Essa área é chamada de Zona de Autossalvamento (ZAS), pois em caso de rompimento não há tempo hábil para a chegada de socorro sendo que a população atingida deve sair da área de risco por conta própria mediante aviso de emergência.

No estudo de rompimento da barragem da UHE Monjolinho o local do limite da ZAS se encontra a 16,75 km de distância da barragem sendo nesse caso o critério de 30 minutos da chegada da onda de cheia para a pior condição de estudo que é o rompimento com a cheia de 10.000 anos. Dentro da ZAS existem aproximadamente (01) Casa de Força de Monjolinho, (15) regiões (casas e edificações) e (02) pontes no vale a jusante que poderão ser afetadas pela onda de cheia e/ou pela ruptura da barragem. Na Tabela 47 apresenta-se a sua localização e principais características.

Tabela 47 – Características das infraestruturas/edificações localizadas na ZAS da barragem

PAE DA BARRAGEM MONJOLINHO					
Infraestrutura e Edificações na ZAS					
Denominação	Descrição	Coordenada geográfica Latitude	Coordenada geográfica Longitude	Distância do barramento (Km)	Cota (m) - TR=10.000
189	Casa de Força Monjolinho	-27° 20' 40,99"	-52° 43' 51,85"	0,15	293,71
182	Propriedades	-27° 20' 02,34"	-52° 43' 58,20"	1,55	292,29
180	Propriedades	-27° 19' 54,03"	-52° 44' 09,26"	1,95	291,16
174	Propriedades	-27° 19' 19,41"	-52° 44' 34,63"	3,25	290,57
173	Propriedades	-27° 19' 16,83"	-52° 44' 34,32"	3,33	290,70
172	Propriedades	-27° 19' 14,04"	-52° 44' 31,47"	3,45	289,68
168	Propriedades	-27° 19' 04,44"	-52° 44' 08,91"	4,15	288,43
153	Propriedades	-27° 18' 42,45"	-52° 42' 41,48"	7,19	282,63
150	Propriedades	-27° 18' 26,79"	-52° 42' 32,27"	7,75	281,89
149	Propriedades	-27° 18' 20,29"	-52° 42' 32,15"	7,95	281,80
139	Propriedades	-27° 17' 55,89"	-52° 41' 38,12"	9,95	279,69
136	Ponte 1 - Rio Passo Fundo	-27° 17' 51,84"	-52° 41' 19,01"	10,49	278,93
135	Propriedades	-27° 17' 46,69"	-52° 41' 43,79"	10,85	279,81
127	Ponte 2 - Rio Uruguai	-27° 17' 04,81"	-52° 41' 28,66"	12,35	277,23
125	Propriedades	-27° 17' 02,87"	-52° 41' 42,99"	12,75	275,43
122	Propriedades	-27° 16' 54,86"	-52° 42' 02,72"	13,35	274,56

PAE DA BARRAGEM MONJOLINHO					
Infraestrutura e Edificações na ZAS					
Denominação	Descrição	Coordenada geográfica Latitude	Coordenada geográfica Longitude	Distância do barramento (Km)	Cota (m) - TR=10.000
119	Propriedades	-27° 16' 40,14"	-52° 42' 16,33"	13,95	274,25
105	Propriedades	-27° 15' 12,25"	-52° 42' 26,94"	16,75	271,56

Próximo as propriedades atingidas foram identificadas áreas de fuga onde não há o risco de inundação e devem ser definidas como ponto de encontro da população residente na zona de autossalvamento. A população dessas áreas deve ser orientada a identificar e se locomover para as áreas de fuga em caso de situações de emergência com risco de rompimento da barragem. As edificações atingidas e as áreas de fuga estão identificadas no Mapa de Inundação – Zona de Autossalvamento MON-C-MPI-006-00-18 no Volume II – Anexo IV.

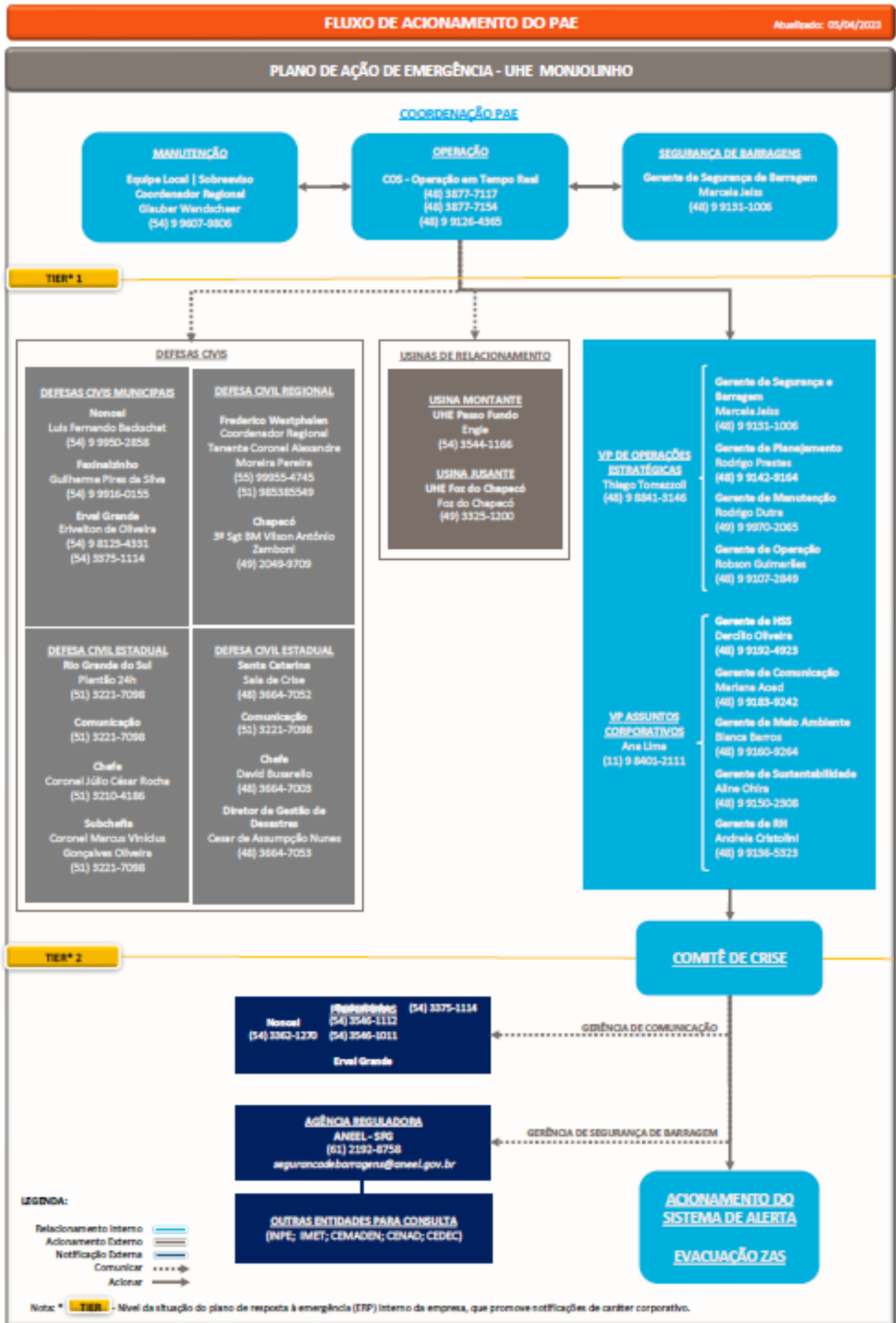
11 FLUXO DE INFORMAÇÃO E ACIONAMENTO

11.1 Meios de Comunicação

O acionamento de emergências será realizado através de telefone com a Defesa Civil do Rio Grande do Sul, bem como com a Defesa Civil municipais, Corpo de Bombeiros, Polícia Militar, Polícia Civil e Prefeituras dos municípios de Faxinalzinho e Nonoai (atingidos).

11.2 Acionamento em Caso de Emergências

O acionamento em caso de emergência dos agentes envolvidos se dará pelo Fluxograma 3 que mostra a sequência de tramitação das informações. Este fluxograma apresenta o responsável pelo acionamento, COS-Florianópolis e MONJOLINHO ENERGÉTICA S.A., e os agentes externos envolvidos, Defesa Civil do Rio Grande do Sul, bem como com a Defesa Civil municipais, Corpo de Bombeiros, Polícia Militar, Polícia Civil e Prefeituras dos municípios de Faxinalzinho e Nonoai.



Fluxograma 3 – Acionamento emergências

Este fluxograma está apresentado no Volume II – Anexo V no desenho MON-C-FLA-007-00-18 e deverá ficar na Usina em local de fácil visualização em caso de emergência com o contato dos atingidos para evacuação da área em casos extremos.

Este fluxograma deverá ser acionado nas seguintes hipóteses:

- Cheias ocorridas a partir do **tempo de recorrência de 1.000 anos**, ou seja, **vazão afluyente maior que 5.119 m³/s**, juntamente com aumento da Pluviometria na região. Nesta condição os proprietários atingidos deverão ser avisados para evacuação da área de inundação;
- Vazamento na Barragem sem controle com risco de colapso ou rompimento.

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

O rebaixamento do reservatório é uma condição possível de ser realizada (em condições hidrológicamente favoráveis) até o limite imposto pela tomada de água e que reduz de maneira substancial os danos a jusante decorrentes do rompimento da barragem. É um procedimento que pode ser realizado com segurança permitindo a redução dos esforços sobre o barramento facilitando trabalhos de recuperação da estrutura.

11.3 Plano de Segurança e Contingências

O Plano de Segurança e Contingências da UHE Monjolinho está apresentado no Anexo IV.

Este plano tem como objetivo orientar os operadores, mantenedores, seguranças e equipes terceirizadas, sobre como proceder no caso de ocorrências diretas e indiretas que possam comprometer a integridade física de pessoas, a confiabilidade operacional e as estruturas civis dos empreendimentos.

Os manuais deste plano fornecem informações de interesse para o desenvolvimento das atividades integrantes dos serviços de Infraestrutura da UHE Monjolinho, principalmente durante a vigência de situações não normais, decorrentes de condições hidrológicas adversas, caracterizadas por elevadas vazões que possam provocar grandes danos à Barragem, bem como a terceiros situados a jusante.

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

As declarações estão apresentadas no Anexo V e conforme abaixo:



DECLARAÇÃO DE INÍCIO DE EMERGÊNCIA URGENTE

Situação: _____

Empreendedor: _____

Barragem: _____

Eu, _____ (nome e cargo) _____, na condição de Coordenador do PAE da Barragem _____ e no uso das atribuições e responsabilidade que me foram delegadas, efetuo o registro da Declaração de Emergência, na situação de _____, para a barragem

_____ a partir das horas e minutos do dia

____/____/____ em função da ocorrência

de: _____

_____.

_____ (local) _____, de _____ de

_____.

(Nome e assinatura)

(cargo e RG)



DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DE EMERGÊNCIA URGENTE

SITUAÇÃO: _____

Empreendedor: _____

BARRAGEM: _____

Eu, _____ (nome e cargo)
_____, na condição de coordenador do
PAE da Barragem _____ e no uso das atribuições e
responsabilidades que me foram delegadas, efetuo o registro da Declaração de
Encerramento da Emergência, na Situação de _____
_____, a partir das horas e minutos do dia ____/____
/_____, em função da recuperação das condições adequadas de Segurança da
Barragem e eliminação do Risco de Ruptura.

OBS:

_____.

_____(local)_____, _____ de _____ de _____.

(Nome e assinatura)

(cargo e RG)



MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO

Mensagem resultante da aplicação do *Plano de Ação de Emergência - PAE* da Barragem _____ em ____/____/____.

Município: _____ Rio: _____ Bacia Hidrográfica _____

A partir das ____: ____ h de ____/____/____, está sendo ativado o nível de resposta:

Verde - Normal Amarelo - Atenção Laranja – Alerta Vermelho -Emergência

Esta mensagem está sendo enviada simultaneamente:

Empreendedor:

Entidade Fiscalizadora: Agência Nacional de Energia Elétrica

SECRETARIA DE ESTADO DE DEFESA CIVIL DO ESTADO - RS

SECRETARIA MUNICIPAL DE DEFESA CIVIL – PASSO FUNDO E FEDERICO WESTPLHALEN

Barragens a montante: UHE Passo Fundo

Barragem a jusante: UHE Foz do Chapecó

Descrição da situação (causas, evolução)

A causa da Declaração é (descrição mínima da situação, identificação da condição anormal, possíveis danos, risco de ruptura potencial ou real, etc.)

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

A implementação eficaz de um PAE exige que os documentos base sejam controlados, com a distribuição de cópias restringidas a todas as entidades com responsabilidades instituídas, garantindo o conhecimento e a utilização de planos sempre atualizados. Assim, deve estar identificada a relação das entidades que receberam cópia (Tabela 48).

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

Tabela 48 – Entidades que recebem Cópia PAE

Entidade	Nº de cópias (Digital)
Secretaria De Estado de Defesa Civil Do Estado - RS	1
Secretaria Municipal de Defesa Civil – Nonoai	1
Secretaria Municipal de Defesa Civil – Faxinalzinho	1
Secretaria Municipal de Defesa Civil – Erval Grande	1

14 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

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 de Ação de Emergências realizar novos levantamentos cartográficos/topográficos de modo a melhorar a precisão dos dados e dos mapas de inundação obtidos bem como novas simulações de cheia e rompimentos com todos os dados de topografia, hidrologia e sócio econômicos atualizados.

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 de a Barragem ter sido classificada como Classe B - Categoria de Risco - Baixo e Dano Potencial Associado - Alto.

Recomenda-se após a condição de enchente maiores que TR 10 anos ($Q \Rightarrow 2.200 \text{ m}^3/\text{s}$) deverá ser realizada uma inspeção no Barramento para verificar as condições gerais da estrutura civil, em particular a calha do vertedouro no trecho em rocha sã. Essa inspeção pode ser realizada pela equipe de segurança de barragem do empreendedor.

Recomenda-se após condição de cheia igual ou maior que TR 100 anos ($Q \Rightarrow 3.673 \text{ m}^3/\text{s}$) seja realizada uma inspeção de Segurança Especial na estrutura do barramento e região do entorno. Essa inspeção deve ser realizada por equipe de consultores especialistas.

15 EQUIPE TÉCNICA

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

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

16 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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

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

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

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

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

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

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

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.

17 ANEXOS

Anexo I – Dados (somente digital)

Anexo II – Modelo (somente digital)

Anexo III – Apresentação PAE

Anexo IV – Manual de Segurança e Contingência

Anexo V – Formulários

Anexo VI – ART's

ANEXO III – APRESENTAÇÃO PAE

ANEXO V - FORMULÁRIOS

ANEXO VI - ARTS