


AVAILABLE LANGUAGE: PT

# Plano de Ação de Emergência

## PCH Mourão – RN1129/25 ANEEL

File: GRE.OEM.R.88.BR.H.68497.09.002.06.docx

06	15.12.25	O &M Country			BRUNA GOMIDES				JULIANA MARTINS PEREIRA			JULIANA MARTINS PEREIRA								
05	12.12.24	O &M Country			PEDRO ERNESTO			BRUNA GOMIDES		JULIANA MARTINS PEREIRA			JULIANA MARTINS PEREIRA							
04	22.12.23	O &M Country			BRUNA GOMIDES GOUVEIA			RAQUEL MARTINS		JULIANA MARTINS PEREIRA			JULIANA MARTINS PEREIRA							
03	15.12.22	O &M Country			BRUNA GOMIDES GOUVEIA				JULIANA MARTINS PEREIRA			JULIANA MARTINS PEREIRA								
02	15.12.21	O &M Country			BRUNA GOMIDES GOUVEIA				JULIANA MARTINS PEREIRA			JULIANA MARTINS PEREIRA								
01	20.12.19	O &M Country			JULIANA MARTINS PEREIRA				ANTÔNIO SERGIO PORTELINHA			ANTÔNIO SERGIO PORTELINHA								
00	30.07.19	O &M Country			JULIANA MARTINS PEREIRA				JULIANA MARTINS PEREIRA			ANTÔNIO SERGIO PORTELINHA								
REV.	DATE	DESCRIPTION			PREPARED			CONTRIBUTION			VERIFIED			VALIDATED						
PROGETTO / IMPIANTO PROJECT / PLANT  PCH MOURÃO		EGP CODE																		
		GROUP	FUNCION	TYPE	ISSUER		COUNTRY		TEC.	PLANT				SYSTEM		PROGRESSIVE		REVISION		
		GR	OE	R	8	8	B	R	H	6	8	4	9	7	0	9	0	0	2	0
CLASSIFICATION		PUBLIC		<input checked="" type="checkbox"/>	CONFIDENTIAL				<input type="checkbox"/>	UTILIZATION SCOPE Basic Design,Detailed Design,Issue for Construction, etc.										
		COMPANY		<input type="checkbox"/>	RESTRICTED				<input type="checkbox"/>											

	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68497.09.002.06
		PAGE 2 of 32

## Controle de Distribuição do Plano de Ação de Emergência


### Somente para Uso Oficial

Cópia	Entidade	Recebimento	Identificação	Assinatura

## Controle de Revisão: Atualização dos Contatos dos Agentes Internos e Externos, Treinamentos, Informações Técnicas


Revisão	Data	Preparado	Revisão / Atualização / Descrição
00	30.07.2019	JULIANA MARTINS PEREIRA	Emissão Inicial
01	20.12.19	Juliana Martins Pereira	Atualização da equipe
02	15.12.21	Juliana Martins Pereira	Atualização da equipe
03	15.12.22	Bruna Gomides	Atualização de equipe
04	22.12.23	Bruna Gomides	Atualização de equipe, Relatório de Plano de Evacuação, Relatório de Cadastramento ZAS
05	12.12.24	Pedro Ernesto	Atualização de Equipe, Contatos e Relatório de Simulado.
06	15.12.25	Bruna Gomides	Atualização de Equipe, Contatos e Relatório de Sirenes.

**Esse documento substitui o relatório GRE.OEM.R.88.BR.H.68497.09.002.05 – PCH MOURÃO.**

	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68497.09.002.06
		PAGE 3 of 32

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>4</b>
<b>2. RESPONSÁVEIS PELO DOCUMENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1. REFERÊNCIA .....</b>	<b>4</b>
<b>3. IDENTIFICAÇÃO DO REPRESENTANTE LEGAL DO EMPREENDEDOR.....</b>	<b>5</b>
<b>4. IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL TÉCNICO DO PSB E PAE .....</b>	<b>5</b>
<b>4.1. COORDENADOR RESPONSÁVEL PELO PAE .....</b>	<b>5</b>
<b>5. FICHA TÉCNICA.....</b>	<b>5</b>
<b>6. RESPONSABILIDADES GERAIS DO PAE .....</b>	<b>6</b>
<b>6.1. EMPREENDEDOR .....</b>	<b>6</b>
<b>6.2. COORDENADOR RESPONSÁVEL PELO PAE .....</b>	<b>7</b>
<b>6.3. COORDENAÇÃO TÉCNICA CIVIL - ENGENHEIRO RESPONSÁVEL PELO PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM.....</b>	<b>7</b>
<b>6.4. RESPONSÁVEL LOCAL NA BARRAGEM .....</b>	<b>7</b>
<b>6.5. ORGANIZAÇÃO DA EQUIPE TÉCNICA .....</b>	<b>7</b>
<b>7. CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA.....</b>	<b>10</b>
<b>8. AÇÕES ESPERADOS PARA CADA NÍVEL DE RESPOSTA .....</b>	<b>11</b>
<b>9. FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÕES E COMUNICAÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>9.1. SISTEMA DE PROTEÇÃO, DEFESAS CIVIS E AGENTES INTERNOS E EXTERNOS .....</b>	<b>13</b>
<b>10. SIMULAÇÃO HIDRODINÂMICA DE RUPTURA DA BARRAGEM .....</b>	<b>15</b>
<b>10.1. PARÂMETROS E CRITÉRIOS ADOTADOS – .....</b>	<b>16</b>
<b>10.2. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES.....</b>	<b>22</b>
<b>10.3. CONCLUSÕES .....</b>	<b>28</b>
<b>11. TREINAMENTOS - PAE.....</b>	<b>30</b>
<b>12. SISTEMA SONORO DE ALERTA .....</b>	<b>30</b>
<b>13. ASSINATURA DOS RESPONSÁVEIS .....</b>	<b>31</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>32</b>
<b>ANEXO 1: MAPAS ZAS .....</b>	<b>32</b>
<b>ANEXO 2: PLANO DE EVACUAÇÃO.....</b>	<b>32</b>
<b>ANEXO 3: RELATÓRIO SIMULADO DE MESA TABLETOP.....</b>	<b>32</b>
<b>ANEXO 4 – RELATÓRIO DE SIRENES.....</b>	<b>32</b>

	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68497.09.002.06
		PAGE 4 of 32

## 1. INTRODUÇÃO

O **Plano de Ação de Emergência (PAE)** é parte integrante do **Plano de Segurança da Barragem (PSB)** da PCH Mourão e tem por finalidade atender as Resoluções Normativas da ANEEL 1129 de 01 de julho de 2025 e nº 1064 de 2 de maio de 2023, que estabelece as ações a serem executadas pelo empreendedor.

O PAE constitui peça obrigatória para barragens classificadas como A ou B segundo a matriz de classificação da barragem, ou conforme sua categoria de risco e dano potencial associado como médio ou alto.

Conforme apresentado no **PSB**, a PCH Mourão foi **classificada como “C”**, avaliada na Categoria de Risco Baixo e Dano Potencial Associado Médio. O **PSB** é um documento formal em que estão estabelecidas as ações a serem executadas visando a manutenção da integridade física da barragem, bem como em caso de situação de emergência.

O presente documento apresenta o **PAE de Ruptura de Barragem**, conforme determina o §3º do Artº13 da RN1064/2023 ANEEL, e considera o conteúdo mínimo previsto no Artº12 da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, conduzida pelo responsável técnico do **PSB**.

De acordo com RN1064/2023, o **PAE** deve estar disponível no site do empreendedor, no empreendimento e nas prefeituras envolvidas, bem como ser encaminhado aos organismos de defesa civil.

O PAE pode ser encontrado no site: <https://www.enel.com.br/pt/quemsomos/archive/d2018-comportamento-etico/plano-de-acao-de-emergencia.html#>

## 2. RESPONSÁVEIS PELO DOCUMENTO

Responsável pela elaboração do documento:

- Engenheira Bruna Gomides Gouveia

Responsável pela aprovação do documento:

- Engenheira Juliana Martins Pereira

### 2.1. REFERÊNCIA

- Ref. [1]: EN783.RE.PP022 Rev.B – PCH MOURÃO - AVALIAÇÃO HIDRÁULICA E DE RUPTURA DE BARRAGEM - Dezembro de 2018.

	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68497.09.002.06
		PAGE 5 of 32

### 3. IDENTIFICAÇÃO DO REPRESENTANTE LEGAL DO EMPREENDEDOR

- Diretor Jayme Barg

### 4. IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL TÉCNICO DO PSB E PAE


- Engenheira Juliana Martins Pereira

#### 4.1. COORDENADOR RESPONSÁVEL PELO PAE

- Marcel Leandro Cocchi da Motta

### 5. FICHA TÉCNICA

IDENTIFICAÇÃO		EMPRESA	
Nome da Usina: <b>Mourão</b>		<b>MOURÃO ENERGIA S/A</b>	
POTENCIA INSTALADA			
POTENCIA (MW):	8,2 MW	Área de Drenagem (km²):	573 km²
LOCALIZAÇÃO			
Município: Campo Mourão / PR		Estado: Paraná	
Rio: Rio Mourão		Latitude 24° 06' 18"S	
Bacia: Paraná		Longitude 52° 19' 48"W	
Código: 6/64			
VAZÃO MÉDIA DE LONGO TERMO		VAZÃO DE PROJETO DOS VERTEDOUROS	
Q <sub>MLT</sub> (m³/s)	14,4 m³/s	(Decamilar)=	560 m³/s
ÁREA INUNDADA e VOLUME		Níveis Operacionais	
Área inundada NA Normal:	11,2 Km²	N.A. Máx. Normal Montante:	609,00 m
Vol.Total (N.A.Máx. Normal):	64,67 hm³	N.A. Máx. Maximorum Montante:	610,50 m
		N.A. Máx. Normal Jusante:	541,70 m
BARRAGEM		TÚNEL DE ADUÇÃO / CONDUTO FORÇADO	
Tipo: Concreto Gravidade		Túnel de Adução:	
Altura Máxima: 19,0 m		Comprimento: 1.183,0 m	
Comprimento da crista: 493,0 m		Conduto Forçado:	
Cota da crista: 611,0 m		Diâmetro Interno: 1,52 m	
		Número de unidades: 2	
		Comprimento: 121 m	

	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68497.09.002.06
		PAGE 6 of 32

VERTEDOURO	CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO
Tipo: Soleira Livre	Diâmetro: 13,5 m
Comprimento: 130,0 m	Altura: 29,5 m
Cota da Soleira: 609,0 m	

## 6. RESPONSABILIDADES GERAIS DO PAE

### 6.1. EMPREENDEDOR

A gestão do **PAE** é atribuição da **ENEL** que, em conjunto com o **Engenheiro Responsável pela Barragem**, manterá a gestão operativa utilizando a estrutura presente na Empresa, incluindo os recursos de telecomunicação para transferência de dados e informações e, se necessário, para conectar-se a terceiros.

É atribuição do **Empreendedor**:

1. Providenciar a elaboração e atualização do PAE;
2. Promover treinamentos internos e manter os respectivos registros das atividades;
3. Participar de simulações de situações de emergência, em conjunto com os agentes externos.

Abaixo se encontram elencados os profissionais envolvidos, atribuições e responsabilidades para gerir os procedimentos em situação de emergência.

4. Participar de simulações de situações de emergência, em conjunto com os agentes externos.


Abaixo se encontram elencados os profissionais envolvidos, atribuições e responsabilidades para gerir os procedimentos em situação de emergência.

5. Notificar os órgãos fiscalizadores a nível estadual, além da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) em caso de Nível de Resposta 2 (laranja) ou Nível de Resposta 3 (vermelho).

6. Notificar a Defesa Civil (municipal, estadual e federal), as prefeituras e os órgãos ambientais competentes, em caso de situação de emergência Nível de Resposta 2 (laranja) ou Nível de Resposta 3 (vermelho), ou designar, formalmente, quem o faça formalmente.

7. Disponibilizar informações, de ordem técnica, para a Defesa Civil, prefeituras e demais agentes externos, quando solicitado formalmente.

8. O empreendedor da usina de jusante deve informar ao empreendedor da usina de montante o resultado do impacto do eventual rompimento da usina de montante na sua usina, gerando uma articulação entre empreendedores.

	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68497.09.002.06
		PAGE 7 of 32

## 6.2. COORDENADOR RESPONSÁVEL PELO PAE

O coordenador do **PAE** é responsável, por delegação do Empreendedor pelas seguintes ações;

- Detectar, avaliar e classificar as situações de emergência em potencial;
- Declarar situação de emergência e executar as ações descritas no PAE;
- Executar as ações previstas no fluxograma de notificação;
- Iniciar o processo de notificação para a zona de Autossalvamento (ZAS)
- Notificar os agentes externos e autoridades públicas em caso de situação de emergência;
- Emitir declaração de encerramento de emergência;
- Elaborar o relatório de fechamento de eventos de emergência.

O coordenador do PAE receberá treinamentos através da coordenação técnica civil.

## 6.3. COORDENAÇÃO TÉCNICA CIVIL - ENGENHEIRO RESPONSÁVEL PELO PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM

Profissional competente para dar o suporte técnico relativo ao comportamento e segurança da barragem e das estruturas hidráulicas. Responsável pela emissão de atestados de responsabilidade técnica junto ao **Conselho Regional de Engenharia e Agronomia – CREA** para os assuntos que se referem à segurança da barragem.

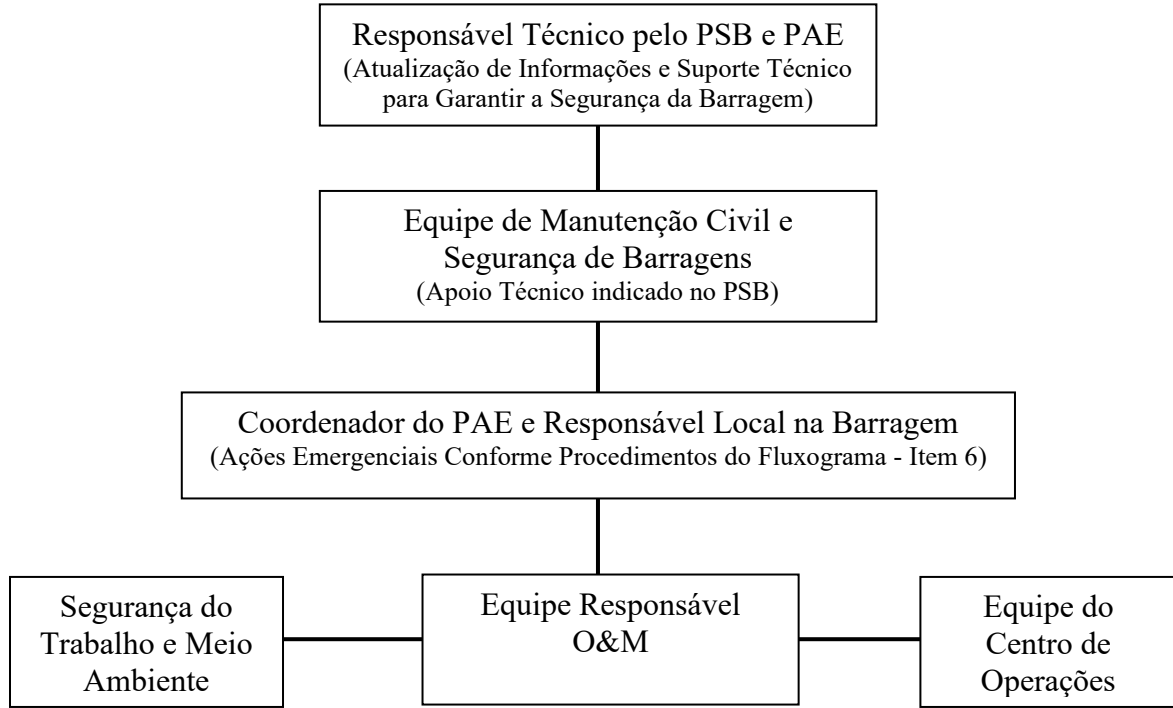
## 6.4. RESPONSÁVEL LOCAL NA BARRAGEM

Encarregado geral da barragem, indicado para execução das manobras e inspeções rotineiras de campo.

## 6.5. ORGANIZAÇÃO DA EQUIPE TÉCNICA

Será apresentada nesse item a organização da equipe técnica capacitada a realizar atividades relacionadas à segurança de barragens em situação de Emergência.

	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68497.09.002.06
		PAGE 8 of 32



**Figura 1 – Organização da Equipe Técnica**

A tabela a seguir apresenta o número de profissionais e disponibilidade em operação normal e emergencial da barragem da PCH Mourão conforme diretriz organizacional nº 1271 de 14 de março de 2025 e diretriz organizacional nº 2146 de 14 de março de 2025. A equipe disponível indicada no **item 6 do PSB**, com qualificação técnica de segurança de barragens.



	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68497.09.002.06
		PAGE 9 of 32

**Tabela 1 – Disponibilidades em Operação Normal e Emergência**

Responsável Técnico pelo PSB e PAE				
Nº de pessoas	Função	Disponibilidade em operação normal	Disponibilidade em emergência	Localização
1	Gerente	Total	Total	Rio de Janeiro-RJ

Equipe de Manutenção Civil e Segurança de Barragem				
Nº de pessoas	Função	Disponibilidade em operação normal	Disponibilidade em emergência	Localização
6	Especialista	Total	Total	Rio de Janeiro-RJ
9	Especialistas	Parcial	Total	Rio de Janeiro-RJ


Coordenador do PAE e Responsável Local na Barragem				
Nº de pessoas	Titulação	Disponibilidade em operação normal	Disponibilidade em emergência	Localização
1	Técnico	Total	Total	Campo Mourão-PR

Equipe Responsável O&M				
Nº de pessoas	Titulação	Disponibilidade em operação normal	Disponibilidade em emergência	Localização
1	Coordenador	Total	Total	Piraju-SP
1	Encarregado	Total	Total	Campo Mourão-PR
1	Mantenedor	Total	Total	Campo Mourão-PR
1	Técnico	Total	Total	Piraju-SP

Equipe de Segurança do Trabalho e Meio Ambiente				
Nº de pessoas	Titulação	Disponibilidade em operação normal	Disponibilidade em emergência	Localização
1	Gerente de QSMS	Total	Total	Rio de Janeiro-RJ
2	Coordenadoras de QSMS	Parcial	Total	Rio de Janeiro-RJ
1	Especialista de Meio Ambiente	Total	Total	Piraju-SP
1	Técnico de Segurança do Trabalho	Total	Total	Piraju-SP

Equipe do Centro de Operações				
Nº de pessoas	Titulação	Disponibilidade em operação normal	Disponibilidade em emergência	Localização
1	Gerente	Total	Total	Rio de Janeiro-RJ
1	Supervisor	Total	Total	Rio de Janeiro-RJ
2	Técnicos	Total	Total	Rio de Janeiro-RJ

Comunicação e Mídia				
Nº de pessoas	Titulação	Disponibilidade em operação normal	Disponibilidade em emergência	Localização
1	Diretora de Comunicação com a Mídia	Total	Total	Rio de Janeiro-RJ
1	Responsável Relações com a Mídia	Total	Total	Rio de Janeiro-RJ
1	Responsável de Relações Institucionais	Total	Total	Rio de Janeiro-RJ
1	Diretora de Regulação	Total	Total	Rio de Janeiro-RJ

	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68497.09.002.06
		PAGE 10 of 32

1	Responsável de Relações Institucionais	Total	Total	Rio de Janeiro-RJ
---	--	-------	-------	-------------------

## 7. CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA

As ações demandadas frente à identificação de uma anomalia na barragem da PCH Mourão serão efetuadas em função do NÍVEL DE RESPOSTA frente à situação observada.

Os níveis de resposta **NORMAL (NR-0)** e **ATENÇÃO (NR-1)** se referem às situações anômalas que não comprometem, imediatamente, a segurança da barragem, mas que demandam ações ditas preventivas de modo a evitar a evolução. Os níveis de **ALERTA (NR-2)** e **EMERGÊNCIA (NR-3)**, por se referirem às situações de risco à segurança no curto prazo ou de ruptura iminente, ativam um processo de emergência na estrutura, exigindo o cumprimento do estabelecido neste PAE.

Os critérios para o enquadramento do NÍVEL DE RESPOSTA encontram-se indicados na Tabela 2.

Tabela 2 – Critérios para enquadramento do Nível de Resposta (NR) (Parte 1/2)

<b>SITUAÇÃO ADVERSA</b>	<b>NORMAL (NR-0)</b>	Quando as anomalias encontradas não comprometem a segurança da barragem, mas devem ser monitoradas e controladas ao longo do tempo. Configura <b>ESTADO NORMAL</b> . Segurança da estrutura não é afetada.
	<b>ATENÇÃO (NR-1)</b>	Quando as anomalias encontradas não comprometem a segurança da barragem no curto prazo, mas devem ser controladas, monitoradas ou reparadas. Configura <b>ESTADO DE ATENÇÃO</b> . Segurança da estrutura pode ser afetada em médio prazo.

	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68497.09.002.06
		PAGE 11 of 32

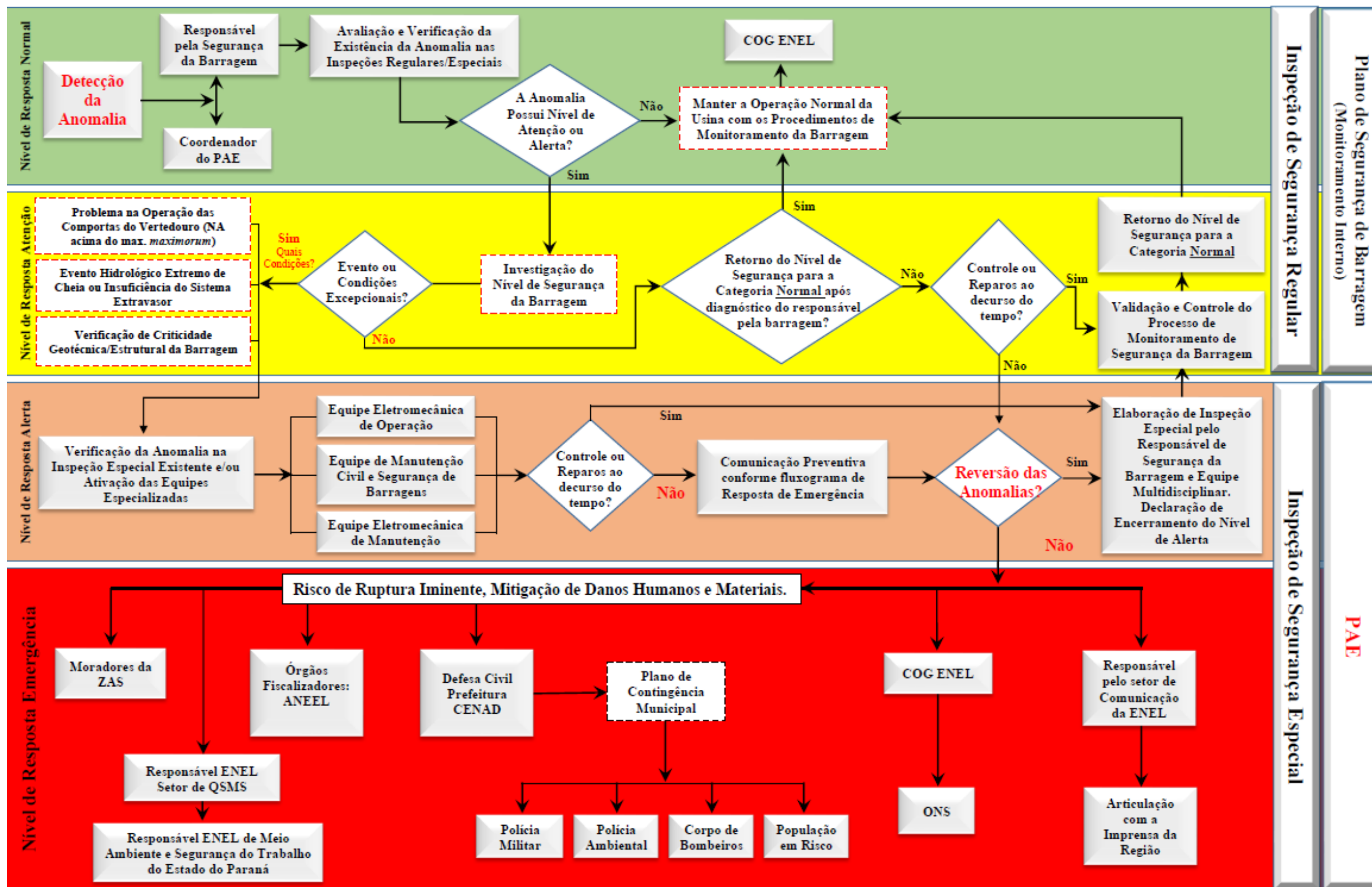
Tabela 2 – Critérios para enquadramento do Nível de Resposta (NR) (Parte 2/2)


<b>SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA</b>	<b>ALERTA (NR-2)</b>	<p>Quando as anomalias encontradas representam risco à segurança da barragem no curto prazo, devendo ser tomadas providências para a eliminação do problema.</p> <p>Configura <b>ESTADO DE ALERTA</b>.</p> <p>Segurança da estrutura pode ser afetada em curto prazo, sendo a situação ainda passível de mitigação.</p> <p>Considera-se que não há certeza de que se consiga controlar a situação, requerendo total prioridade das ações mitigadoras.</p> <p>Requer a realização de atividade(s) de Inspeção de Segurança Especial.</p>
	<b>EMERGÊNCIA (NR-3)</b>	<p>Quando as anomalias encontradas representem risco de ruptura iminente ou em que a ruptura está ocorrendo, devendo ser tomadas medidas para prevenção e redução dos danos materiais e humanos decorrentes do colapso da barragem.</p> <p>Configura <b>ESTADO DE EMERGÊNCIA</b>.</p> <p><b>O alerta para a evacuação da Zona de Autossalvamento é obrigatório, assim como o acionamento de todos os agentes externos listados neste PAE.</b></p> <p>A Situação de Emergência encontra-se fora do controle e está afetando a segurança estrutural da barragem de maneira severa e irreversível. Um acidente é inevitável ou a estrutura já se encontra em colapso.</p>

## 8. AÇÕES ESPERADOS PARA CADA NÍVEL DE RESPOSTA

As ações esperadas para cada situação envolvem a adoção de ações de controle/resposta e de notificação próprias para cada nível de resposta conforme indicado no fluxo a seguir.


## 9. FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÕES E COMUNICAÇÃO



	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68497.09.002.05
		PAGE 13 of 32


## 9.1. SISTEMA DE PROTEÇÃO, DEFESAS CIVIS E AGENTES INTERNOS E EXTERNOS

CARGO	CONTATO	ENDEREÇO ELETRÔNICO	TELEFONE
<b>Responsável Legal</b> Diretor	Jayme Barg		
<b>Engenheiro Responsável pelo Plano de Segurança de Barragem e Gerente Segurança de Barragem e Infraestrutura Civil</b>	Juliana Martins Pereira		
<b>Responsável pelas ações do PAE</b>	Marcel Leandro Cocchi da Motta		
<b>Coordenação de O&amp;M</b>	Diego Rosa		
<b>Mantenedor Operação</b>	Gilmar Alves Batista		
<b>Diretor de Segurança do Trabalho e Meio Ambiente QSMS</b>	Thiago De Figueiredo Mundim		
<b>Coordenadora de Segurança do Trabalho</b>	Múcio Carvalho		
<b>Coordenadora de Meio Ambiente</b>	Soraya Cavalieri		
<b>Responsável pela Segurança do Trabalho</b>	Aleandro Rogerio Zanelatto		
<b>Responsável de Meio Ambiente</b>	Deivd Luis Santana Da Silva		
<b>Gerente do Centro de Operações - COG</b>	Ighor Teixeira Logsdon		
<b>Tempo Real - COG</b>	Tempo Real		
<b>Diretor de Comunicação</b>	Helio Muniz		
<b>Responsável de Relações com a Mídia</b>	Maria Fernanda de Freitas		
<b>Responsável de Relações Institucionais</b>	Alexandra Valença		
<b>Diretora de Regulação</b>	Anna Paula Pacheco		
<b>Responsável de Regulação</b>	Aldo de Jesus Pessanha		

	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68497.09.002.05
		PAGE 14 of 32

ENTIDADE	ENDEREÇO ELETRÔNICO	TELEFONE	ENDEREÇO
Prefeitura Municipal de Campo Mourão	<a href="mailto:prefeitura@campomourao.pr.gov.br">prefeitura@campomourao.pr.gov.br</a>	(44) 3518-1144	Rua Brasil - n° 1487, Centro.
CEPDEC – Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil do Paraná	<a href="mailto:defesacivil@defesacivil.pr.gov.br">defesacivil@defesacivil.pr.gov.br</a>	(41) 3281-2513	Palácio das Araucárias - Rua Jacy Loureiro de Campos, S/N - Setor C - Curitiba/PR
5ª CORPDEC – Coordenadoria Regional de Proteção e Defesa Civil	<a href="mailto:defesacivil-santoangelo@casamilitar.rs.gov.br">defesacivil-santoangelo@casamilitar.rs.gov.br</a>	(44) 3218-6150	Av. Guaira, 63 - Zona 07, Centro, Maringá-PR, 87020-050
11º Batalhão de Polícia Militar	<a href="mailto:cmt_10bpm@pmerj.rj.gov.br">cmt_10bpm@pmerj.rj.gov.br</a>	(44) 3525-3013	Av. José Tadeu Nunes, 216, Jd. N. Sra. Aparecida - Campo Mourão/PR
5º Grupamento de Bombeiros	<a href="mailto:5gb-cmourao@pm.pr.gov.br">5gb-cmourao@pm.pr.gov.br</a>	(44) 3523-3797	Av. João Bento, 660, Centro - Campo Mourão/PR
SEAMA – Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente	<a href="mailto:seamacampo@gmail.com">seamacampo@gmail.com</a>	(44) 3525-4449	R. Amílton Tavela Borges, 159 - Conj. Res. Ilha Bela, Campo Mourão - PR

ENTIDADE	CARGO	CONTATO	ENDEREÇO ELETRÔNICO	TELEFONE
Prefeitura Municipal de Campo Mourão	Prefeito	Douglas Fabrício	<a href="mailto:prefeitura@campomourao.pr.gov.br">prefeitura@campomourao.pr.gov.br</a>	(44) 3518-1144
Defesa Civil Municipal	Coordenador	Ireno Reis	<a href="mailto:ireno.reis.pereira@gmail.com">ireno.reis.pereira@gmail.com</a>	(42) 3220-1030

	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68497.09.002.05
		PAGE 15 of 32

## 10. SIMULAÇÃO HIDRODINÂMICA DE RUPTURA DA BARRAGEM

A seguir, será apresentado de forma sucinta, os estudos de ruptura de barragem da PCH Mourão, de acordo com a Ref. [01].

Para a elaboração do plano de ação emergencial, foi considerado o cenário para a Fase de Iminente Colapso que consiste na Ruptura da Barragem e os possíveis danos que uma de onda decorrente deste fenômeno poderia acarretar no vale a jusante da PCH Mourão.

A PCH Mourão foi construída no rio Mourão, no município de Campo Mourão, na região noroeste do Estado do Paraná, a aproximadamente 456 km da capital Curitiba. As coordenadas geográficas da usina são 24°06'18"S e 52°19'48"W.

A área da bacia de drenagem do aproveitamento é de 573 km<sup>2</sup> e o respectivo reservatório apresenta um espelho d'água de 11,20 km<sup>2</sup> com nível máximo normal na El. 609,00 m.

Este aproveitamento está constituído por uma barragem de concreto, com vertedouro de soleira livre, descarregador de fundo, tomada d'água, túnel de adução, chaminé de equilíbrio, dois condutos forçados de aço, casa de força, canal de fuga e subestação. Uma parte do reservatório e todo o circuito hidráulico de geração estão situados no Parque Estadual Lago Azul.

A barragem possui 495 m de comprimento total, sendo 130 m de vertedouro de soleira livre e 19 m de altura máxima.


A jusante do barramento se encontram, a ponte da BR 487 a aproximadamente 100 m do eixo do barramento e, a uma distância de aproximadamente 8 km pela calha do rio, a PCH Salto Natal, que aproveita uma queda d'água de 89,61 m e com área do reservatório de 0,61 km<sup>2</sup>.

A seguir, serão apresentados os principais aspectos dos estudos de ruptura de barragem da PCH Mourão, de acordo com a Ref. [01].

**Cenário 1:** Ruptura da barragem para “sunny day”, com a vazão média de longo termo  $Q_{mlt} = 13,4 \text{ m}^3/\text{s}$ .

**Cenário 2:** Ruptura por transbordamento, para a cheia de projeto com período de retorno de 1.000 anos, de  $846,3 \text{ m}^3/\text{s}$

A **Tabela 2** a seguir apresenta o tempo de chegada da onda proveniente de uma ruptura hipotética da barragem, assim como as cotas máximas que serão atingidas.

	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68497.09.002.05
		PAGE 16 of 32

**Tabela 3 - Curva cota x volume do reservatório da barragem da Usina Mourão**

Seção	Distância desde a barragem	Vazão Máxima	Nível de Água Máximo	Nível de Água inicial	Tempo de Chegada da Onda	LE <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>
	(m)	(m³/s)	(m)	(m)	(h)	(m)	(m/s)
<b>CENÁRIO 1</b>							
Ponte	3	18130	581,16	576,55	1	155	16,5
Casa de Força	2672	16820	538,82	524,87	3	213	12,3
PCH Salto Natal	8150	14531	527,72	518,80	10	692	1,8
<b>CENÁRIO 2</b>							
Ponte	3	20469	<b>579,77</b>	579,07	1	162	17,3
Casa de Força	2672	19356	539,78	528,91	3	222	12,7
PCH Salto Natal	8150	17429	528,48	522,38	10	694	2,1

## 10.1. PARÂMETROS E CRITÉRIOS ADOTADOS –

### 10.1.1. Geometria do Trecho

Nas imagens de satélite disponibilizadas através do Site BingMap, conforme apresentado na Figura 2 a seguir, o trecho do rio Mourão que seria afetado num eventual rompimento do barramento da PCH Mourão é caracterizado por baixa densidade demográfica e extensas propriedades rurais.





**Figura 2 - Imagem de satélite do trecho modelado, com a localização das pontes (Bing Map)**

Os dados geométricos utilizados foram o perfil longitudinal do rio, as seções transversais e os dados gerais de interesse da barragem. O perfil longitudinal do rio e as seções transversais foram obtidos do SRTM com 30 m de resolução, com espaçamento suficiente para a realização de simulações.

A barragem possui 495 m de extensão, com a sua crista na cota 611,00 m e a cota mais baixa da barragem está na cota 592,00 m, aproximadamente, resultando na altura máxima de 19 m.

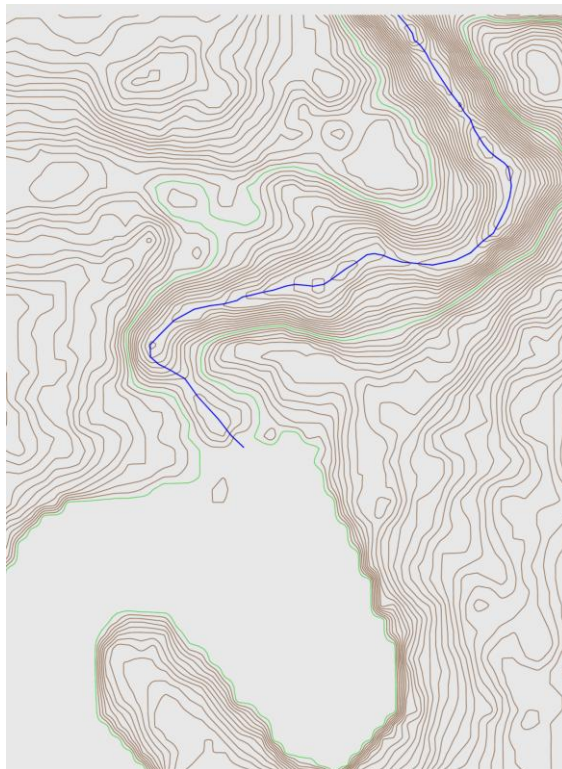
Os dados cartográficos obtidos do SRTM possuem discrepâncias em relação à altimetria e, desta forma, para manter as mesmas características, os dados da barragem foram alterados para que ficassem na mesma base dos dados do SRTM, fazendo a transposição de cotas e mantendo a sua altura.

O modelo digital de elevação obtido do SRTM foi processado por meio do aplicativo Global Mapper e por meio deste, foram extraídas curvas de nível espaçadas de 2m em 2m.

Os dados obtidos do SRTM indicam que o reservatório se encontra na cota 582m e, como o modelo digital de terreno obtido com resolução de 30m não permite detectar a presença de barragens, etc., as curvas de nível de jusante foram criadas de tal forma que o curso d'água aparentasse com grande declividade no trecho imediatamente a jusante da barragem.

Assim, as cotas de fundo e da crista da barragem passaram a ser 581,00m e 600,00m, respectivamente.

O aspecto das curvas de nível nas proximidades da barragem é apresentado na figura a seguir.



**Figura 3 - Aspecto das curvas de nível nas imediações da barragem**

#### **10.1.2. Formação da Brecha de Ruptura**

Para o presente caso, por se tratar de barragem de concreto, admitiu como tipo de rompimento, ruptura “instantânea”, com tempo de formação da brecha igual a 1 minuto, tendo a brecha com formato retangular, com 160m de largura e cota de base igual a 582,5m.

A largura de 160m foi adotada considerando a largura do vertedouro de 130m e blocos laterais que totalizam 160m nas juntas de concretagem, conforme figura a seguir.

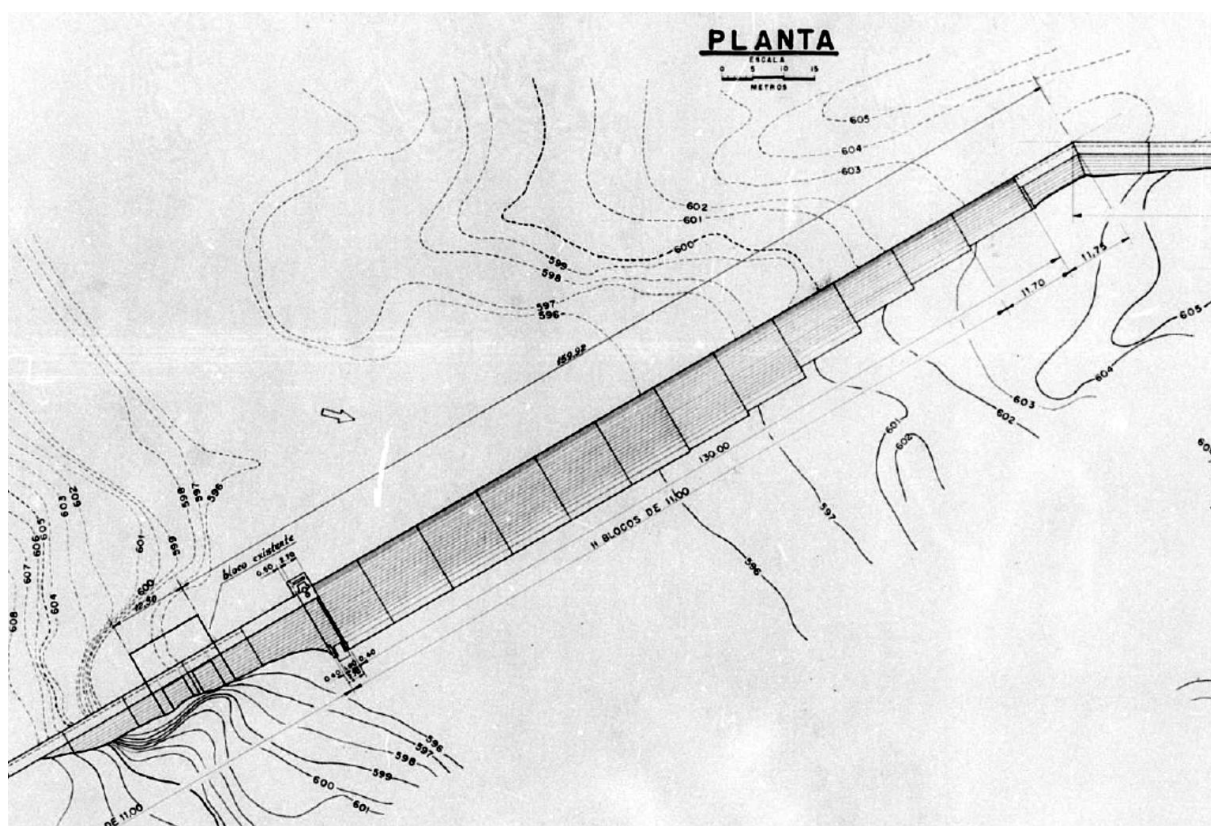


Figura 4 - Vertedouro e barragem da margem direita

### 10.1.3. Cenários de Ruptura considerados e Condições Iniciais

Com relação às causas da ruptura e às características do escoamento afluente no momento da mesma, foram considerados dois cenários:

**Cenário 1:** Ruptura da barragem para “sunny day”, com a vazão média de longo termo  $Q_{mlt} = 13,4 \text{ m}^3/\text{s}$ . Para as simulações, foi adotada a vazão de  $50 \text{ m}^3/\text{s}$ , para suplantar os problemas de convergência do modelo matemático (esta vazão é pequena face as resultantes da ruptura hipotética da barragem).

**Cenário 2:** Ruptura por transbordamento (overtopping), para a cheia de projeto com período de retorno de 1.000 anos, de  $846,3 \text{ m}^3/\text{s}$

Nos dois cenários foi considerado que o reservatório da PCH Salto Natal se encontra na cota 518,00 m, correspondente ao seu NA máximo normal.

#### 10.1.4. Topologia do modelo matemático

Para a representação do reservatório, foi utilizada a curva Cota x Volume e, para representar a vazão afluente ao reservatório, foi criado um afluente fictício a montante da barragem, formando uma confluência com o curso onde está conectado o reservatório.

A curva cota x volume é apresentada na Tabela 3 a seguir e a sua adequação para ser coerente com as cotas obtidas do SRTM, na Tabela 4.

**Tabela 4 - Curva cota x volume do reservatório da barragem da Usina Mourão**

Cota	Volume	V. Útil
(m)	(hm <sup>3</sup> )	(%)
601,76	7,40	0
602,00	8,27	1,52
602,50	10,27	5,01
603,00	12,67	9,20
603,50	15,07	13,39
604,00	17,87	18,28
604,50	20,67	23,17
605,00	24,67	30,16
605,50	29,07	37,84
606,00	33,87	46,22
606,50	38,67	54,60
607,00	43,47	62,98
607,50	48,27	71,36
608,00	53,07	79,75
608,50	58,67	89,52
609,00	64,67	100,00
609,50	71,07	111,18
610,00	77,87	120,00

**Tabela 5 – Curva cota x volume do reservatório da barragem da Usina Mourão, com as cotas coerentes com os dados utilizados nas simulações**

Cota (m)	Volume (hm³)
580,00	0,00
584,00	1,00
586,00	3,00
589,00	5,00
590,76	7,40
591,00	8,27
591,50	10,27
592,00	12,67
592,50	15,07
593,00	17,87
593,50	20,67
594,00	24,67
594,50	29,07
595,00	33,87
595,50	38,67
596,00	43,47
596,50	48,27
597,00	53,07
597,50	58,67
598,00	64,67
598,50	71,07
599,00	77,87
599,50	86,00
600,00	94,00
600,50	103,00





**Figura 5 - Posição das seções topobatimétricas utilizadas**


## **10.2. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES**

Os resultados das simulações hidrodinâmicas das ondas de ruptura da barragem são apresentados na forma de linhas de água para diferentes instantes, sendo apresentadas, também, as envoltórias dos níveis máximos alcançados em diferentes seções transversais do curso d'água, ao longo do trecho simulado.

### **10.2.1. Resultados do Cenário 1 – Ruptura da Barragem em “sunny day”**

Os resultados das simulações hidrodinâmicas da ruptura da barragem, em “sunny day”, são apresentados, a seguir, na Tabela 5 e da Figura 6 à Figura 8.

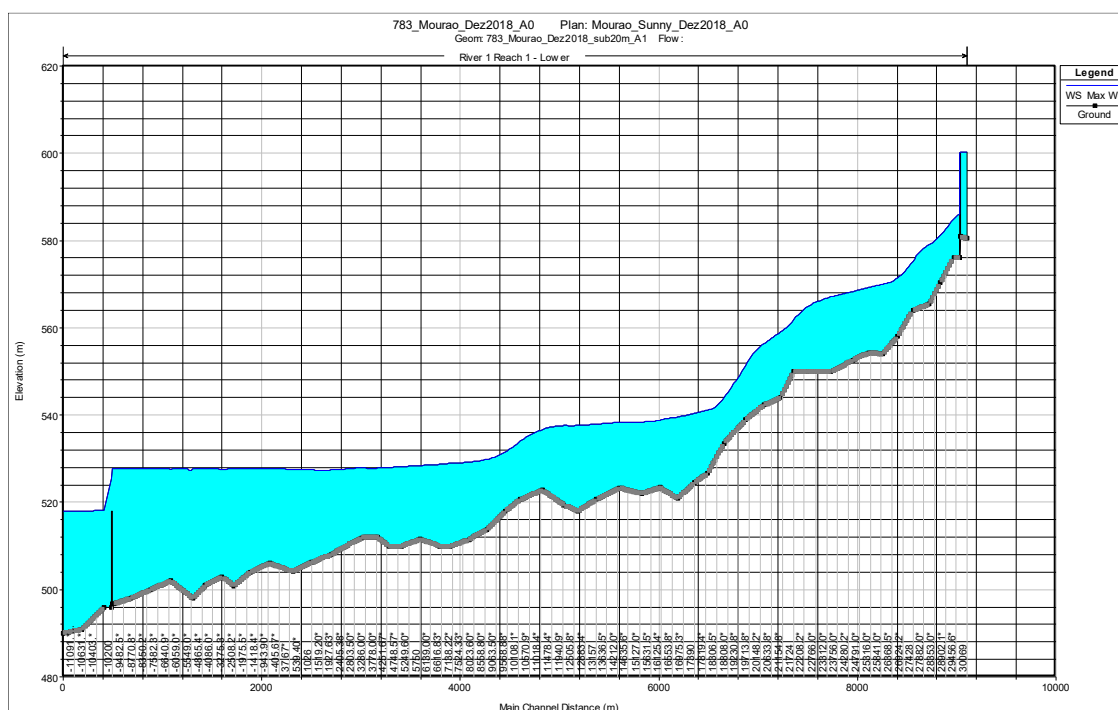
Observa-se que, para efeito de simulação, considerou-se que o rompimento teria ocorrido com a vazão no curso d'água seria aquela correspondente à vazão média de longo termo.

	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68497.09.002.05
		PAGE 23 of 32

**Tabela 6 – Resultados da Envolvória da Onda de Ruptura da Barragem - Cenário 1 (Ruptura em “sunny day”)**

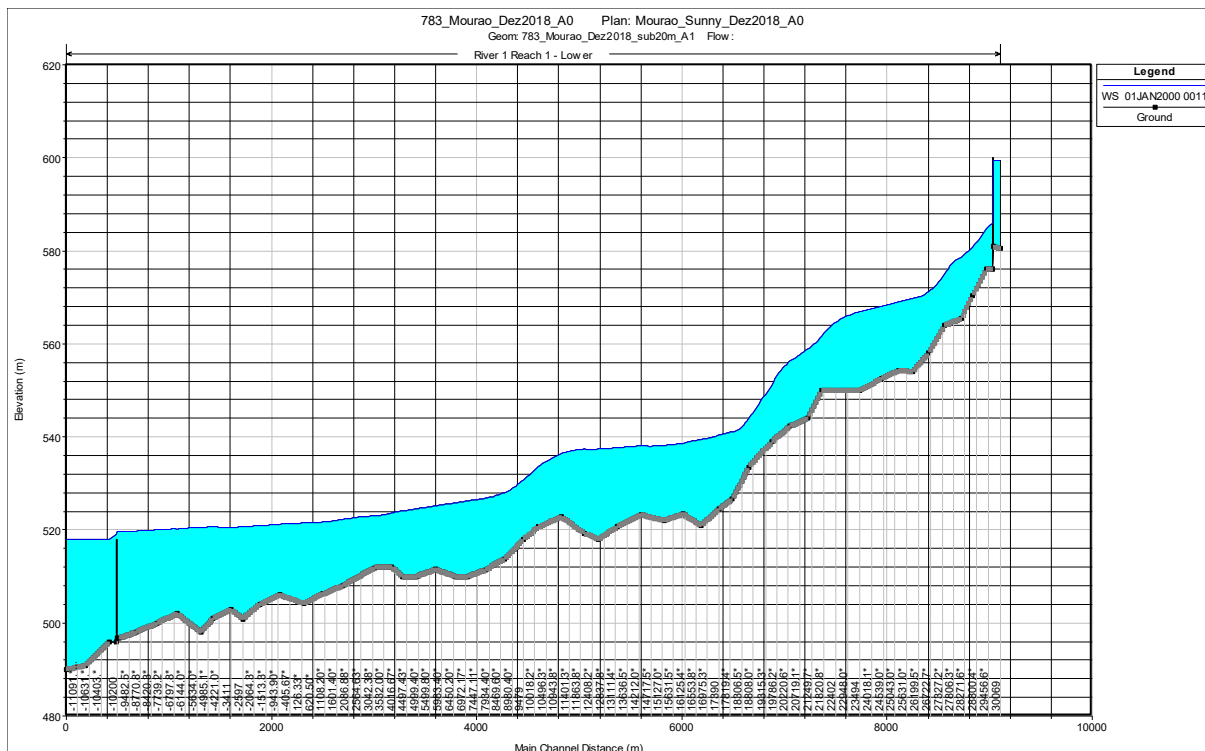
Seção	Progressiva (m)	Vazão Máxima (m³/s)	Largura Superficial (m)	Cota NA Max (m)	Velocidade (m/s)	Tempo de Chegada da onda (min)	NA Inicial (m)
28597	0	18206	162	581.16	21.3	0	577.04
Ponte	3	18130	155	579.02	16.5	1	576.55
27428	201	17859	115	575.22	25.6	1	571.05
26622	309	17706	141	571.45	20.0	1	566.91
25946	473	17645	255	569.96	11.8	1	564.62
25211	632	17643	202	569.26	13.2	2	558.55
24455	779	17629	166	568.33	12.4	2	555.88
23494	918	17618	158	567.09	14.0	2	555.26
22402	1080	17614	121	564.85	19.5	2	552.94
21724	1297	17611	103	561.82	26.0	2	551.88
21060	1532	17607	101	559.09	21.3	3	551.37
20293	1671	17606	123	556.42	16.7	3	550.59
19569	1800	17602	98	551.27	29.5	3	544.59
18639	1976	17245	108	544.06	24.3	3	541.92
17891	2157	16957	198	541.12	10.1	3	540.36
17390	2377	16921	134	540.43	10.8	3	533.90
16768	2539	16870	189	539.56	11.3	3	526.47
C. Força	2672	16820	213	538.82	12.3	3	524.87
15209	2841	16805	242	538.39	7.9	3	524.79
14308	3023	16763	356	538.41	3.5	4	524.53
13157	3209	16763	280	537.92	7.9	4	524.41
12701	3426	16762	363	537.64	7.1	4	524.42
12018	3659	16753	262	537.64	4.9	4	524.41
11093	3851	16753	220	536.67	15.0	5	524.41
10198	3985	16497	139	534.01	18.1	5	524.41
9479	4206	15605	125	531.56	18.3	5	524.21
8648	4430	15277	179	529.84	12.7	5	521.55
7756	4574	15103	230	529.21	8.8	6	518.79
7061	4761	14825	354	529.04	5.9	6	518.80
6528	4947	14932	308	528.69	6.7	6	518.80
5750	5126	14845	252	528.44	6.8	6	518.80
4916	5240	14763	236	528.15	7.2	7	518.80
4330	5433	14687	281	528.04	5.9	7	518.80
3860	5621	14701	278	527.85	7.7	7	518.80
3122	5754	14585	383	527.94	3.7	7	518.80

Seção	Progressiva (m)	Vazão Máxima (m³/s)	Largura Superficial (m)	Cota NA Max (m)	Velocidade (m/s)	Tempo de Chegada da onda (min)	NA Inicial (m)
1848	5862	14626	359	527.42	7.3	8	518.80
1026	6026	14529	367	527.43	5.1	8	518.80
215	6336	14542	403	527.59	4.0	8	518.80
-849	6528	14553	446	527.69	3.1	8	518.80
-1798	6719	14542	441	527.64	3.2	8	518.80
-2597	6951	14551	455	527.69	2.8	9	518.80
-3411	7148	14534	387	527.58	3.2	9	518.80
-4626	7313	14541	589	527.77	1.9	9	518.80
-5464	7430	14540	692	527.78	1.8	9	518.80
-6484	7599	14530	613	527.45	1.9	9	518.80
-8210	7722	14534	741	527.74	1.7	10	518.80
-8911	7949	14532	729	527.72	1.9	10	518.80
Barragem.	8150	14531	692	527.72	1.8	10	518.80

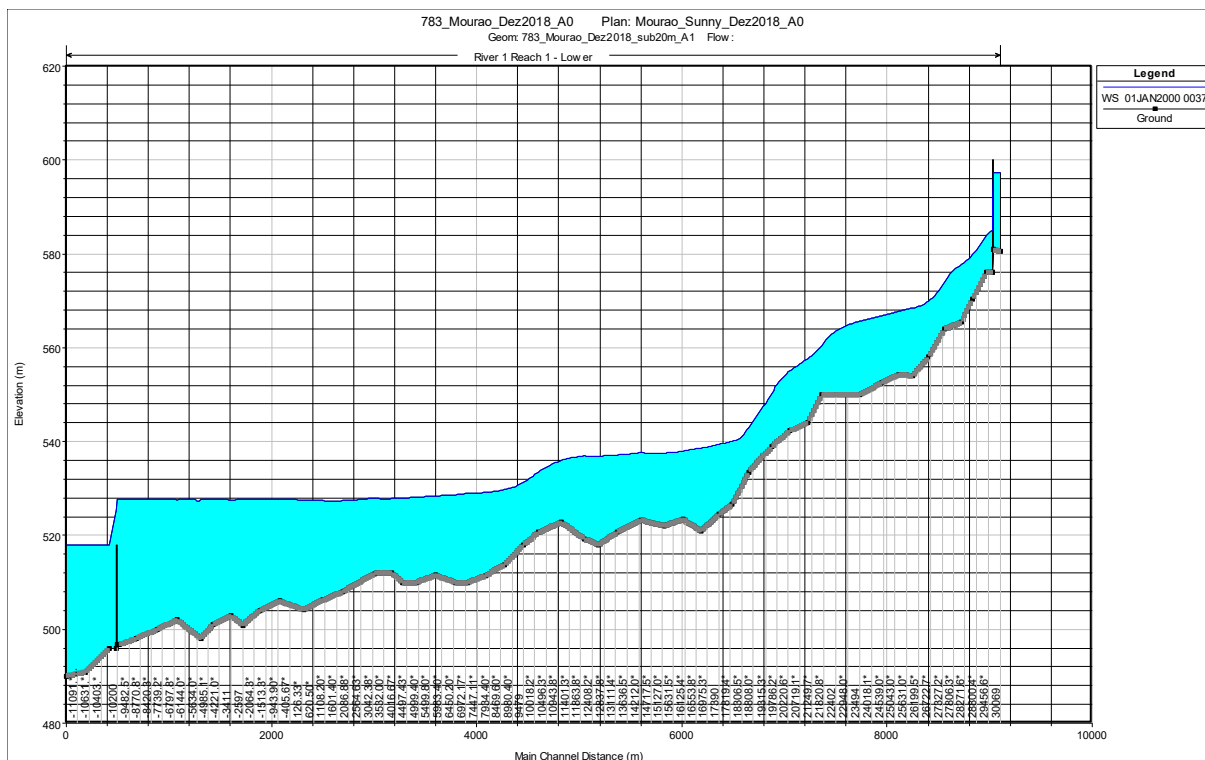


**Figura 6 – Cenário 1 - Envolvória dos níveis d'água máximos no trecho de jusante da barragem – Ruptura da barragem em "sunny day"**





**Figura 7 – Cenário 1- Chegada da onda de ruptura da barragem na última seção a jusante (barragem da PCH Salto Natal)**



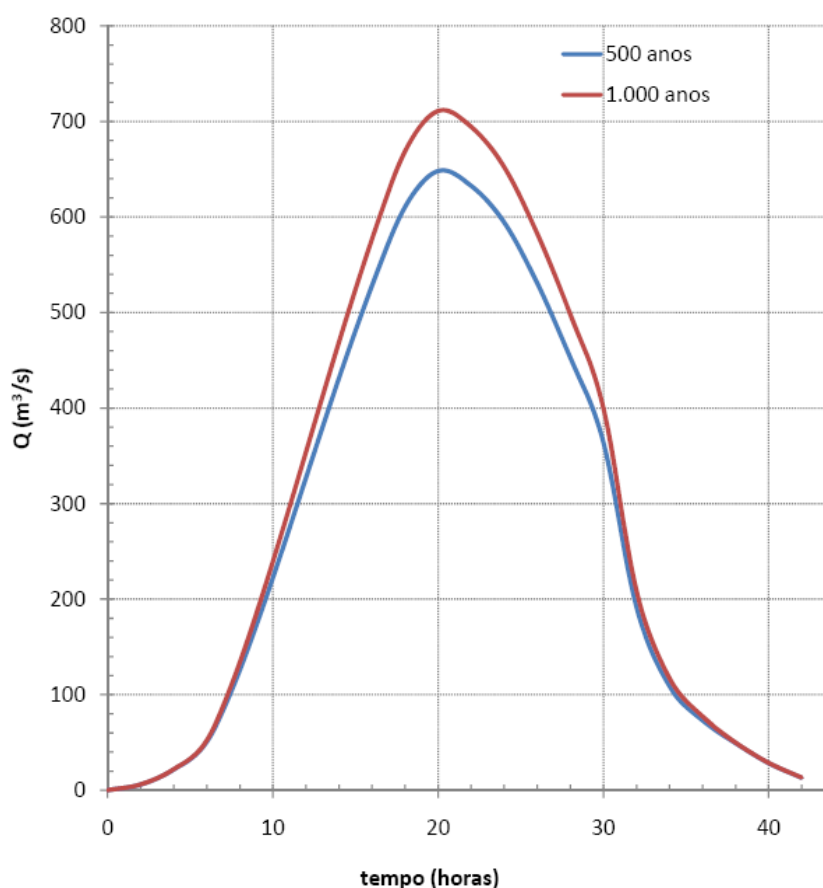
**Figura 8 – Cenário 1 - Nível máximo na última seção a jusante (barragem da PCH Salto Natal)**

### 10.2.2. Resultados do Cenário 2 – Ruptura da Barragem por “Overtopping”

Os resultados das simulações hidrodinâmicas da ruptura da barragem, por “overtopping”, são apresentados, a seguir na Tabela 6 e da Figura 10 à Figura 12.

Observa-se que, para efeito de simulação, considerou-se que a vazão no curso d’água seria aquela correspondente à vazão máxima de projeto, com recorrência de 1.000 anos.

A figura a seguir, apresenta os hidrogramas para as cheias com períodos de retorno de 500 e de 1000 anos, extraído do relatório de avaliação hidrológica e hidráulica da PCH Mourão.



**Figura 9 - Hidrogramas das vazões com período de retorno de 500 e 1000 anos**

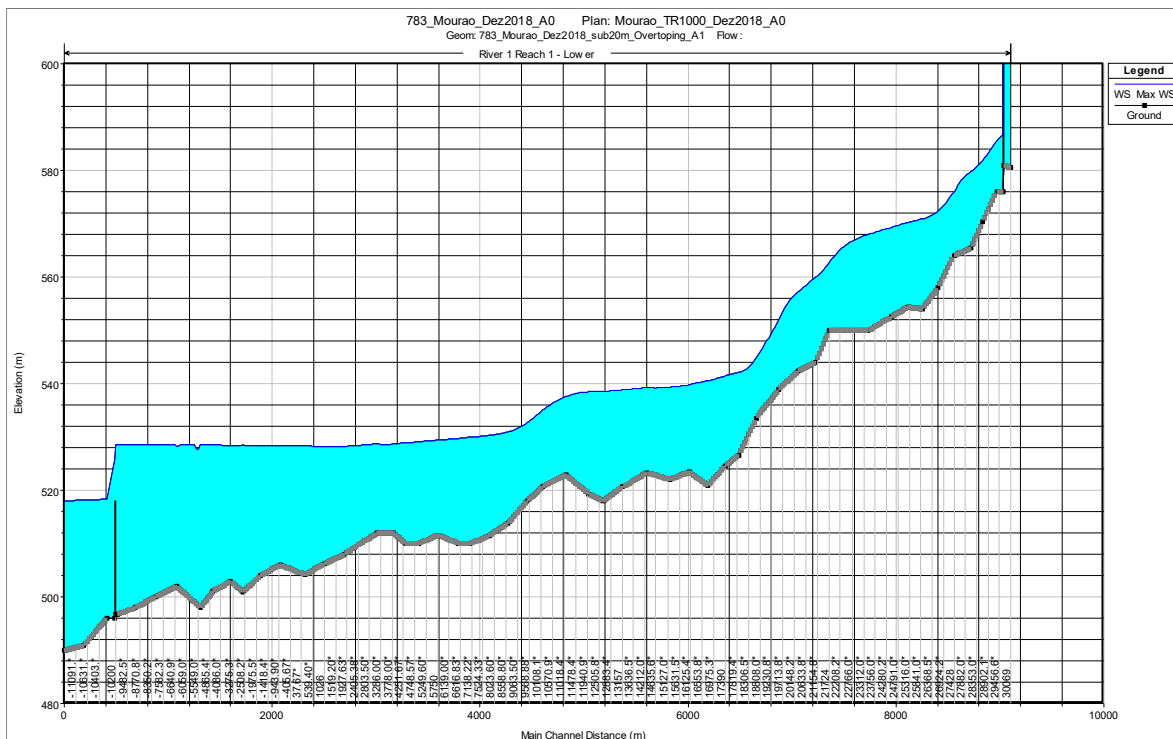


Figura 10 – Cenário 2 - Envoltória dos níveis d'água máximos e linha d'água para a vazão milenar, no trecho de jusante da barragem – Ruptura da Barragem por "Overtopping"

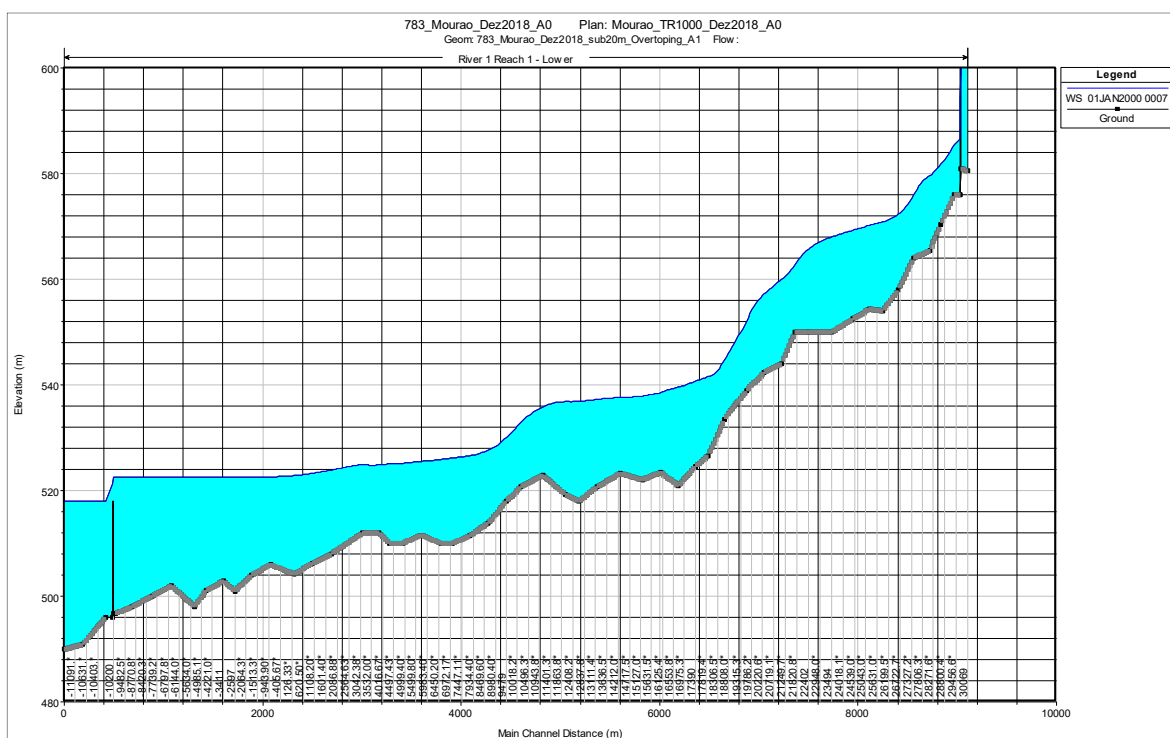


Figura 11– Cenário 2 - Chegada da onda de ruptura da barragem na última seção de jusante, na

### barragem da PCH Salto Natal

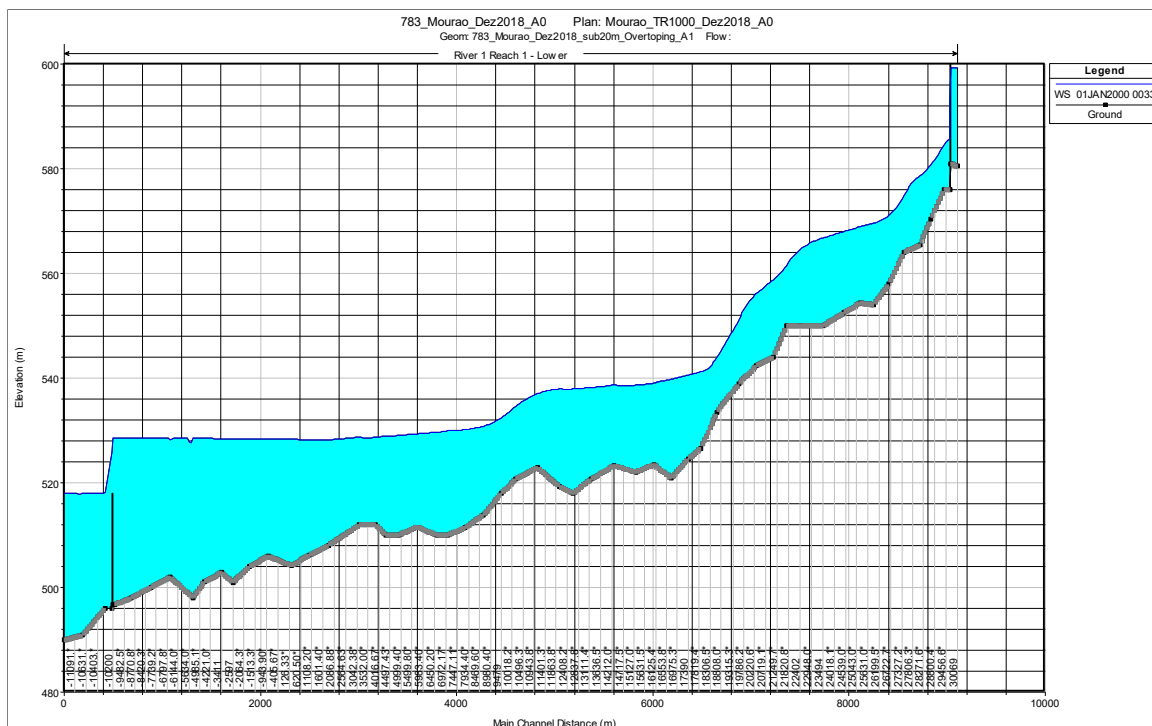



Figura 12 – Cenário 2 - Nível máximo na última seção a jusante, na barragem da PCH Salto Natal

### 10.3. CONCLUSÕES

A análise da propagação da onda de ruptura da barragem, constata-se que a onda de ruptura da barragem por transbordamento (Cenário 2 – Ruptura por “overtopping”) é ligeiramente superior àquela resultante da onda ruptura da barragem por “piping” (Cenário 1 – Ruptura em “Sunny Day”). Apresenta-se resumidamente, no quadro a seguir, os principais resultados das análises hidrodinâmicas de propagação das ondas de ruptura da barragem:

Tabela 7 - Resumo dos resultados de ruptura da barragem

Principais Resultados das Simulações Hidrodinâmicas	Cenário 1 – Ruptura por “piping” (“Sunny Day”)	Cenário 2 – Ruptura por Transbordamento (“Overtopping”)
Tempo de chegada da onda na ponte da rodovia	1 min	1 min
Vazão Máxima na seção da casa de força da PCH Mourão (m³/s)	16800	19400
NA Máximo na seção da casa de força da PCH Mourão(m)	538,8	539,8


	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68497.09.002.05
		PAGE 29 of 32

Distância da barragem à casa de força da PCH Mourão	2,7	2,7
---	-----	-----

Devido ao fato da barragem ser de concreto, a sua eventual ruptura é do tipo frágil, isto é, o rompimento se processa de forma muito rápida, da ordem de alguns minutos e, em caso de iminência da ruptura, esse tempo não é expressivo, porém poderá ser suficiente para se tomar medidas emergenciais, com comunicações e ações preventivas para se evitar ou reduzir as perdas de vidas humanas.

De acordo com o mapa da envoltória da área de inundação, os locais mais críticos quanto às consequências de uma eventual ruptura da barragem é a ponte da rodovia e a casa de força.

O tempo de chegada da onda de ruptura da barragem até a casa de força é de aproximadamente 3 minutos.

	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68497.09.002.05
		PAGE 30 of 32

## 11. TREINAMENTOS - PAE

Todos os participantes do Plano de Ação Emergencial deverão ser alvo de treinamento para conscientização e familiarização com as atividades que deverão exercer. O treinamento deverá dar ênfase à mobilização dos recursos internos envolvidos.

Anualmente os integrantes deverão participar dos cursos de reciclagem das atividades, que terão como finalidade a preparação para a prontidão efetiva, e que serão ministrados após a atualização geral dos cadastros e antes do início da estação chuvosa.


Os treinamento seguirão conforme resolução 1064/2023 :

*§ 8º O exercício prático de simulação de situação de emergência deve ser realizado com a população da ZAS com frequência e organização definida conjuntamente com os órgãos de proteção e defesa civil, no que couber.*

*§ 9º A frequência para realização do exercício prático de simulação de que trata o §8º não deverá exceder 3 anos, salvo manifestação dos órgãos de proteção e defesa civil competentes.”*

## 12. SISTEMA SONORO DE ALERTA

Foram identificados moradores permanentes dentro da Zona de Autossalvamento (ZAS) da PCH Mourão, foi definido o sistema de alerta sonoro composto por sirenes estrategicamente instaladas. Essa solução visa atender eventuais necessidades de comunicação emergencial, de acordo com o § 6º *O PAE deverá contemplar a previsão de instalação de sistema sonoro ou de outra solução tecnológica de maior eficácia em situação de alerta ou emergência, nos locais habitados na ZAS, devendo conter avaliação quanto a essa abrangência e cabendo ao empreendedor sua implantação, operação e manutenção em articulação com os órgãos locais de proteção e defesa civil.*

	Operation & Maintenance	<b>CODE</b> GRE.OEM.R.88.BR.H.68497.09.002.05
		<b>PAGE</b> 31 of 32

### 13. ASSINATURA DOS RESPONSÁVEIS

-----


**Jayme Barg**

Responsável Legal  
 CREA: 1989105709

-----

**Eng. Juliana Martins Pereira**

Responsável Técnico  
 CREA: 2605272010

	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68497.09.002.05
		PAGE 32 of 32

## ANEXOS

### ANEXO 1: MAPAS ZAS

Item	Nº Enel Green Power	Título
1	GRE.OEM.R.88.BR.H.01113.09.005.00	Relatório Cadastramento ZAS
2	GRE.OEM.R.88.BR.H.01113.09.009.00	Mapa Propriedades ZAS

### ANEXO 2: PLANO DE EVACUAÇÃO

Item	Nº Enel Green Power	Título
1	GRE.OEM.R.88.BR.H.01113.09.007.00	Plano de Evacuação

### ANEXO 3: RELATÓRIO SIMULADO DE MESA TABLETOP

Item	Nº Enel Green Power	Título
1	GRE.OEM.R.88.BR.H.68497.09.019.00.00	Simulado de Mesa

### ANEXO 4 – RELATÓRIO DE SIRENES

Item	Nº Enel Green Power	Título
1	GRE.OEM.R.88.BR.H.68497.09.034.00	Relatório Sirenes