

CONTROLE DE REVISÕES:

Rev.	Data	Natureza da Revisão	Elab.	Verif.	Aprov.
0	22/08/24	Emissão Final	LVDN	JDSi	JDSi
1A	04/10/24	Revisão Conforme Comentários ELEJOR	LVDN	JDSi	JDSi
1	08/10/24	Emissão Final	LVDN	JDSi	JDSi
2A	14/01/25	Detalhamento de Resultados	JMC	MW	JDSi

CLIENTE:		 ENERGIA PARA UM MUNDO SUSTENTÁVEL		IFXP00050/00-3H-RL-0105-2A	
EMPREENHIMENTO: PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS (PSB) UHE FUNDÃO					
ÁREA: CIVIL					
Data	Elaborador	Verificador	Aprovador	R. Tec.:	CREA Nº
02/06/2024	LVDN	JDSi	JDSi	DDBS	PR-70939/D

PREFÁCIO

O marco legal na segurança de barragens no Brasil é a Lei 12.334/2010, que estabeleceu a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), destinada a acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e a acumulação de resíduos industriais. A Lei 12.334/2010 criou o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB). Atualmente, esta legislação sofreu algumas modificações e passou a vigorar com as alterações de alguns de seus dispositivos, estabelecidos pela Lei 14.066/2020.

A entidade outorgante das barragens fica responsável por fiscalizar a segurança das barragens, bem como por manter o cadastro atualizado dessas barragens com identificação dos empreendedores, para fins de incorporação ao SNISB. No caso do empreendimento da Centrais Elétricas do Rio Jordão (ELEJOR), UHE Fundão (FND), a entidade fiscalizadora é a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a qual através da Resolução Normativa nº 1.064 de 02 de maio de 2023 apresenta os critérios e ações de segurança de barragens associadas a usinas hidrelétricas fiscalizadas pela ANEEL, de acordo com o que determina a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010.

Um dos instrumentos da PNSB é o Plano de Segurança da Barragem (PSB) de implementação obrigatória pelo empreendedor, cujo objetivo é auxiliá-lo na gestão da segurança e serve como uma ferramenta de planejamento da gestão da segurança da barragem.

Este documento foi revisado para estar em conformidade com a Resolução Normativa da ANEEL nº 1.064, de 2 de maio de 2023, refletindo as mais recentes diretrizes em gestão de segurança de barragens. A folha de atualização do PSB está descrita no Quadro 0.1.

QUADRO 0.1
FOLHA DE ATUALIZAÇÃO DO PSB

PSB DA UHE FUNDÃO				
Número do documento	Data	Descrição	Elaborado	Aprovado
EGVP00317/00-10-RL-2007	08/12/2017	PSB	GPdOP	AStM
IFXP00050/00-3H-RL-0105	02/06/2024	Atualização do PSB	LVDN	JDSi

Estrutura de Apresentação dos Trabalhos

O plano de segurança de barragem da UHE Fundão está organizado em 04 (quatro) Volumes. O primeiro módulo é dividido em dois tomos, onde no primeiro tomo, são apresentadas as informações gerais, ao passo que no tomo segundo é apresentada a documentação técnica do empreendimento. No volume dois são apresentados os planos e procedimentos, no volume três são apresentados os registros e controles operacionais do empreendimento e no quarto volume é apresentado o plano de ação emergencial. O conteúdo de cada é apresentado a seguir:

Volume I – Informações Gerais

• Tomo I

Capítulo 1 – Apresentação do PSB e declaração de classificação da barragem

Capítulo 2 – Identificação do Empreendedor
Capítulo 3 – Identificação da Estrutura Organizacional
Capítulo 4 – Descrição do Empreendimento
Capítulo 5 – Usos da barragem

- **Tomo II**

- Capítulo 1 – Documentação Técnica do Empreendimento

- **Volume II – Planos e Procedimentos**

- Capítulo 1 – Plano de operação dos dispositivos de descarga da barragem
- Capítulo 2 – Plano de Manutenção das estruturas e equipamentos
- Capítulo 3 – Planos de inspeções
- Capítulo 4 – Planos de monitoramento e instrumentação
- Capítulo 5 – Plano de elaboração de relatórios de segurança de barragens

- **Volume III – Registros e Controles**

- Capítulo 1 – Registros de Operação
- Capítulo 2 - Registros de Manutenção
- Capítulo 3 – Registros de Monitoramento e Instrumentação

- **Volume IV – Plano de Ação Emergencial PAE**

- Capítulo 1 – Informações gerais do PAE
- Capítulo 2 – Utilização dos procedimentos previstos no PAE
- Capítulo 3 – Procedimentos de identificação e análise das possíveis situações de emergência
- Capítulo 4 – Procedimentos preventivos e corretivos a serem adotados em situações de emergência
- Capítulo 5 – Procedimentos de notificação e alerta
- Capítulo 6 – Responsabilidades Gerais no PAE
- Capítulo 7 – Recursos Materiais e logísticos na barragem
- Capítulo 8 – Síntese do estudo de inundação e respectivos mapas
- Capítulo 9 – Divulgação treinamento e atualização do PAE
- Capítulo 10 – Encerramento das Operações
- Capítulo 11 – Referencias
- Capítulo 12 – Glossário
- Capítulo 13 – Equipe Responsável pela elaboração do PAE
- Capítulo 14 – Aprovação do PAE
- Capítulo 15 – Apêndices

LISTA DE SIGLAS

ANA - Agência Nacional de Águas

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

CCR – Concreto Compactado a Rolo

CEHPAR - Centro de Hidráulica e Hidrologia Prof. Parigot de Souza

CF/SE/TA – Casa de Força, Subestação, Tomada D'Água.

CGH – Centrais Geradoras Hidrelétricas

CMP – Cheia Máxima Provável

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos

COGT - Centro de Operação da Geração e Transmissão

CONFEA - Conselho Federal de Engenharia e Agronomia

COPEL - Companhia Paranaense de Energia

COPEL GeT – Copel Geração e Transmissão S.A.

COSR-S – Centro Regional de Operação Sul

CREA - Conselho Regional de Engenharia e Agronomia

DPA – Dano Potencial Associado

DPEG – Departamento de Engenharia de Manutenção de Geração

EL – Elevação

ELEJOR - Centrais Elétricas do Rio Jordão S.A

EM – Extensômetros Múltiplos

EPI – Equipamento de Proteção Individual

ET – Especificação técnica

FND – Fundão

FNP – PCH Fundão

MBA – Master of Business Administration

MD – Medidor de Deformação Triortogonal

MF – Marco Fixo

MS - Marco Superficial

MV – Medidor de Vazão

O&M – Operação e Manutenção

ONS – Operadora Nacional do Sistema Elétrico

PAE - Plano de Ação de Emergência

PCH – Pequena Central Hidrelétrica

PNSB - Política Nacional de Segurança de Barragens

PSB - Plano de Segurança da Barragem

PSP – Piezômetro *Standpipe*

PVC – Policloreto de polivinila

RD – rio-dacito

RPSB – Revisão Periódica de Segurança de Barragens

SCL – Santa Clara

SDSC - Sistema Digital de Supervisão e Controle

SGE – Superintendência de Geração de Energia

SNISB - Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens

STSEBI – Setor de Engenharia de Segurança de Barragens e Inspeções de Instalações

TA1 – Tomada D'Água 1

TA1/TA2 – Tomada D'Água 1 para Tomada D'Água 2

TA2 – Tomada D'Água 2

TDAP – Tomada D'Água de Alta Pressão

TE – Termômetro Elétrico

TODA – Tomada D'Água

TR – Tempo de Retorno

UHE – Usina Hidrelétrica

VECM – Divisão de Estruturas Civas e Mecânicas

ZAS – Zona de Autossalvamento

ZSS – Zona de Segurança Secundária

ÍNDICE	PÁG.
PREFÁCIO	2
LISTA DE SIGLAS	4
1 - INFORMAÇÕES GERAIS DO PAE	14
1.1 - Apresentação.....	14
1.2 - Objetivo do PAE	14
1.3 - Descrição do Empreendimento.....	15
1.3.1 - Características Gerais	16
1.3.2 - Descrição Geral da Barragem	18
1.3.3 - Órgãos Extravasores.....	19
1.3.4 - Reservatório	24
1.3.5 - Características Hidrológicas.....	25
1.3.6 - Características Geológicas e Sísmicas	30
1.3.7 - Instrumentação Civil de Auscultação.....	32
1.4 - Áreas do Entorno das Instalações e Acessos à Barragem	50
2 - UTILIZAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS PREVISTOS NO PAE	52
3 - PROCEDIMENTOS DE IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DAS POSSÍVEIS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA	53
3.1 - Detecção e Avaliação Inicial de Situação Anormal	53
3.2 - Caracterização dos Níveis de Segurança.....	56
3.3 - Procedimentos de Identificação de Mau Funcionamento ou Condições Potenciais de Ruptura.....	57
4 - PROCEDIMENTOS PREVENTIVOS E CORRETIVOS A SEREM ADOTADOS EM SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA	58
5 - PROCEDIMENTOS DE NOTIFICAÇÃO E SISTEMA DE ALERTA	61
5.1 - Objetivo	61
5.2 - Procedimentos de Notificação e Comunicação.....	61
5.3 - Sistema de Alerta	61
5.4 - Fluxograma de Notificação.....	61
6 - RESPONSABILIDADES GERAIS NO PAE.....	63
6.1 - ELEJOR	63
6.2 - ANEEL	65
6.3 - Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil	66
7 - RECURSOS MATERIAIS E LOGISTICOS NA BARRAGEM.....	67
7.1 - Sistema de Iluminação e Alimentação de Energia	67

7.2 - Recursos Materiais Mobilizáveis em Situação de Emergência	67
8 - SÍNTESE DO ESTUDO DE INUNDAÇÃO E RESPECTIVOS MAPAS	68
8.1 - Área de Estudo	68
8.2 - Critérios e Cenários de Modelagem da Cheia de Ruptura	68
8.2.1 - Brecha de Ruptura	69
8.2.2 - Cenários e Condições de Contorno	73
8.3 - Modelagem da Cheia de Ruptura - Resultados	74
8.4 - Vale a Jusante e Definição de ZAS e ZSS	83
8.4.1 - Caracterização do Vale a Jusante	83
8.4.2 - Definição e Caracterização de ZAS e ZSS	85
8.4.3 - Risco Hidrodinâmico	85
8.4.4 - Mapas de Inundação	86
9 - PLANO DE COMUNICAÇÃO, TREINAMENTOS E ATUALIZAÇÃO DO PAE	88
9.1 - Plano de Comunicação	88
9.2 - Treinamento e Simulados Práticos	88
10 - ENCERRAMENTO DAS OPERAÇÕES	88
11 - REFERÊNCIAS	88
12 - GLOSSÁRIO	89
13 - EQUIPE RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DO PAE	93
14 - APROVAÇÃO DO PAE	94
15 - APÊNDICES	95
15.1 - Ficha Técnica do Empreendimento	95
15.2 - Lista de Contatos para Notificação	99
15.2.1 - Contatos Internos	99
15.2.2 - Contatos Externos	99
15.3 - Respostas a Possíveis Condições de Emergência	101
15.4 - Formulários	102
15.4.1 - Declaração de Início de Emergência	102
15.4.2 - Declaração de Encerramento de Emergência	103
15.4.3 - Mensagens de Notificação	104
15.5 - Registros dos Treinamentos e Simulações	105
15.6 - Controle de Distribuição	105
15.7 - Mapas de Inundação	106
15.8 - Revisão de Ruptura Hipotética de Barragens em Cascata	106

LISTA DE FIGURAS	PÁG.
FIGURA 1.1 LOCALIZAÇÃO DAS ESTRUTURAS DA UHE FUNDÃO	15
FIGURA 1.2 UHE FUNDÃO – PLANTA GERAL E SEÇÃO LONGITUDINAL	18
FIGURA 1.3 UHE FUNDÃO – SEÇÃO TRANSVERSAL.....	19
FIGURA 1.4 CURVA DE DESCARGA DA UHE FUNDÃO	21
FIGURA 1.5 CURVA COTA-VOLUME DA UHE FUNDÃO.....	22
FIGURA 1.6 AMORTECIMENTO DA CHEIA DE TR 10.000 ANOS AFLUENTE À UHE FUNDÃO	23
FIGURA 1.7 AMORTECIMENTO DA CMP AFLUENTE À UHE FUNDÃO.....	24
FIGURA 1.8 SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAS E ANUAIS NA ESTAÇÃO SANTA CLARA	27
FIGURA 1.9 SÉRIE DE VAZÕES NATURAIS MÁXIMAS MENSAS E ANUAIS DA UHE FUNDÃO	28
FIGURA 1.10 ENVOLTÓRIA DOS PRINCIPAIS EVENTOS CRÍTICOS REGISTRADOS NA UHE FUNDÃO.....	30
FIGURA 1.11 HIDROGRAMAS DE PROJETO DA UHE FUNDÃO.....	30
FIGURA 1.12 LEITURAS MEDIDOR TRIORTOGONAL – EIXO X - ABERTURA E FECHAMENTO DE JUNTA.....	39
FIGURA 1.13 LEITURAS MEDIDOR TRIORTOGONAL – EIXO Y - RECALQUE DIFERENCIAL ENTRE BLOCOS.....	40
FIGURA 1.14 LEITURAS MEDIDOR TRIORTOGONAL – EIXO Z - DESLOCAMENTO DIFERENCIAL ENTRE BLOCOS.....	41
FIGURA 1.15 EXTENSÔMETROS MÚLTIPLOS – BLOCO 6 – BARRAGEM CCR.....	45
FIGURA 1.16 EXTENSÔMETROS MÚLTIPLOS – BLOCO 11 – BARRAGEM CCR.....	46
FIGURA 1.17 EXTENSÔMETROS MÚLTIPLOS – BLOCO 15 – BARRAGEM CCR.....	47
FIGURA 1.18 EXTENSÔMETROS MÚLTIPLOS – BLOCO 20 – BARRAGEM CCR.....	47
FIGURA 1.19 COMPORTAMENTO SOMADO DOS DRENOS POR ORIGEM DA VAZÃO	48
FIGURA 1.20 PERCENTUAIS DE CONTRIBUIÇÃO DE VAZÃO	49
FIGURA 1.21 PIEZÔMETRO - PSP-1	50

FIGURA 1.22 ACESSO A UHE FUNDÃO	51
FIGURA 2.1 PROCESSO DAS AÇÕES DO PAE	52
FIGURA 5.1 FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÃO CONFORME NÍVEL DE SEGURANÇA	62
FIGURA 6.1 FLUXOGRAMA DE AÇÕES PAE	65
FIGURA 6.2 ORGANIZAÇÃO ESQUEMATICA DO SISTEMA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL.....	66
FIGURA 8.1 ÁREA DE ESTUDO RIO JORDÃO	68
FIGURA 8.2 REGIÕES E MALHAS ADOTADAS PARA A MODELAGEM COMPUTACIONAL	69
FIGURA 8.3 REGIÕES E MALHAS ADOTADAS PARA A MODELAGEM COMPUTACIONAL	69
FIGURA 8.4 SEÇÃO MODELADA DA UHE SCL E BRECHA FINAL DA RUPTURA: CENÁRIO TR 10,000 ANOS E ROMPIMENTO DA UHE SCL.....	71
FIGURA 8.5 SEÇÃO MODELADA DA UHE FND E BRECHA FINAL DA RUPTURA: CENÁRIO TR 10,000 ANOS E ROMPIMENTO DA UHE SCL.....	71
FIGURA 8.6 SEÇÃO MODELADA DA UHE DRJ E BRECHA FINAL DA RUPTURA: CENÁRIO TR 10,000 ANOS E ROMPIMENTO DA UHE SCL.....	72
FIGURA 8.7 PROGRESSÃO DA BRECHA NO TEMPO.....	72
FIGURA 8.8 HIDROGRAMAS DAS SEÇÕES: CENÁRIO QMLT E ROMPIMENTO DA UHE SCL	77
FIGURA 8.9 HIDROGRAMAS AFLUENTES E DEFLUENTES AOS RESERVATÓRIOS: CENÁRIO QMLT E ROMPIMENTO DA UHE SCL.....	77
FIGURA 8.10 HIDROGRAMAS DAS SEÇÕES: CENÁRIO TR 10,000 ANOS E SEM ROMPIMENTO DA UHE SCL	79
FIGURA 8.11 HIDROGRAMAS AFLUENTES E DEFLUENTES AOS RESERVATÓRIOS: CENÁRIO TR 10,000 ANOS E SEM ROMPIMENTO DA UHE SCL	79
FIGURA 8.12 HIDROGRAMAS DAS SEÇÕES: CENÁRIO TR 10,000 ANOS E ROMPIMENTO DA UHE SCL	81
FIGURA 8.13 HIDROGRAMAS AFLUENTES E DEFLUENTES AOS RESERVATÓRIOS: CENÁRIO TR 10,000 ANOS E ROMPIMENTO DA UHE SCL.....	81
FIGURA 8.14 HIDROGRAMAS DAS SEÇÕES (DETALHE DO MOMENTO DA RUPTURA): CENÁRIO TR 10,000 ANOS E ROMPIMENTO DA UHE SCL.....	82

FIGURA 8.15 HIDROGRAMAS AFLUENTES E DEFLUENTES AOS RESERVATÓRIOS (DETALHE DO MOMENTO DA RUPTURA): CENÁRIO TR 10,000 ANOS E ROMPIMENTO DA UHE SCL	82
FIGURA 8.16 OCUPAÇÃO VALE A JUSANTE UHE FUNDÃO	84

LISTA DE QUADROS	PÁG.
QUADRO 0.1 FOLHA DE ATUALIZAÇÃO DO PSB.....	2
QUADRO 1.1 FOLHA DE ATUALIZAÇÃO DO PAE.....	14
QUADRO 1.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS UHE FUNDÃO	16
QUADRO 1.3 CURVA DE DESCARGA VERTEDOURO UHE FUNDÃO.....	20
QUADRO 1.4 RESUMO DOS RESULTADOS DO AMORTECIMENTO DE CHEIAS DA UHE FUNDÃO.....	22
QUADRO 1.5 CARACTERÍSTICAS GERAIS RESERVATÓRIO UHE FUNDÃO.....	24
QUADRO 1.6 VAZÕES MÉDIAS MENSAS E ANUAIS DA UHE FUNDÃO (M ³ /S)	25
QUADRO 1.7 VAZÕES MÁXIMAS ANUAIS DA UHE FUNDÃO	28
QUADRO 1.8 INSTRUMENTAÇÃO DA BARRAGEM DE CCR	33
QUADRO 1.9 VAZÕES BARRAGEM.....	34
QUADRO 1.10 MEDIDORES DE DEFORMAÇÃO TRIORTOGONAL	38
QUADRO 1.11 PIEZÔMETROS - BARRAGEM	41
QUADRO 1.12 EXTENSÔMETROS DA BARRAGEM DE CCR	44
QUADRO 1.13 INSTALAÇÃO INSTRUMENTAÇÃO CASA DE FORÇA	49
QUADRO 3.1 PROCEDIMENTOS DE DETECÇÃO COMUNICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO INICIAL DE SITUAÇÃO ANORMAL.....	54
QUADRO 3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA.....	56
QUADRO 3.3 DEFINIÇÃO DO NÍVEL DE SEGURANÇA E RESPECTIVO PROCEDIMENTO DE AÇÃO CONFORME OCORRENCIA	57
QUADRO 4.1 PROCEDIMENTOS DE COMUNICAÇÃO E DE AÇÃO IMEDIATA EM SITUAÇÃO DE ATENÇÃO.....	58
QUADRO 4.2 PROCEDIMENTOS DE COMUNICAÇÃO E DE AÇÃO IMEDIATA EM SITUAÇÃO DE ALERTA	59
QUADRO 4.3 PROCEDIMENTOS DE COMUNICAÇÃO E DE AÇÃO IMEDIATA EM SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA.....	60
QUADRO 6.1 ATRIBUIÇÕES E RESPONSABILIDADES NO PAE	63

QUADRO 8.1 CARACTERÍSTICAS DAS BRECHAS – ROMPIMENTO CONSIDERANDO QMLT (PIPPING)	70
QUADRO 8.2 CARACTERÍSTICAS DAS BRECHAS – DURANTE PASSAGEM DA VAZÃO MILENAR (OVERTOPPING).....	70
QUADRO 8.3 CARACTERÍSTICAS DAS BRECHAS – DURANTE PASSAGEM DA VAZÃO DECAMILENAR (OVERTOPPING).....	70
QUADRO 8.4 CARACTERÍSTICAS DAS BRECHAS – CASO A RUPTURA A MONTANTE CAUSE RUPTURA A JUSANTE	70
QUADRO 8.5 CENÁRIOS DE RUPTURA AVALIADOS.....	73
QUADRO 8.6 TEMPO DE TRÁFEGO DO PICO DA ONDA DE CHEIA A PARTIR DA RUPTURA DAS BARRAGENS	74
QUADRO 8.7 SEÇÕES DE REFERÊNCIA – RESUMO DA MÁXIMA PROFUNDIDADE (M) EM CADA SEÇÃO	75
QUADRO 8.8 SEÇÕES DE REFERÊNCIA – RESUMO DA VELOCIDADE (M/S) EM CADA SEÇÃO.....	75
QUADRO 8.9 SEÇÕES DE REFERÊNCIA – RESUMO DA MÁXIMA COTA (M) EM CADA SEÇÃO.....	76
QUADRO 8.10 SEÇÕES DE REFERÊNCIA – TRÂNSITO DE CHEIA: CENÁRIO QMLT E ROMPIMENTO DA UHE SCL	78
QUADRO 8.11 SEÇÕES DE REFERÊNCIA – TRÂNSITO DE CHEIA: CENÁRIO TR 10,000 ANOS E SEM ROMPIMENTO DA UHE SCL	80
QUADRO 8.12 SEÇÕES DE REFERÊNCIA – TRÂNSITO DE CHEIA: CENÁRIO TR 10,000 ANOS E ROMPIMENTO DA UHE SCL.....	83
QUADRO 8.13 CARACTERIZAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES UHE FUNDÃO	84
QUADRO 8.14 CARACTERIZAÇÃO DO RISCO HIDRODINÂMICO	86
QUADRO 8.15 RISCO HIDRODINÂMICO NA ÁREA AFETADA PELA MANCHA DE INUNDAÇÃO.....	86
QUADRO 13.1 EQUIPE TÉCNICA.....	93
QUADRO 14.1 CONTROLE DE REVISÃO DO PAE.....	94
QUADRO 15.1 LISTA DE CONTATOS INTERNOS.....	99
QUADRO 15.2 LISTA DE CONTATOS EXTERNOS	99
QUADRO 15.3 CONTROLE DE TREINAMENTO DO PAE.....	105

QUADRO 15.4 RELAÇÃO DAS ENTIDADES QUE RECEBERAM CÓPIA DO PAE 105

1 - INFORMAÇÕES GERAIS DO PAE

1.1 - Apresentação

As barragens induzem riscos e em casos de acidentes podem gerar consequências graves. Quando tais situações ocorrem é necessário atenuar as consequências sendo fundamental socorrer as pessoas e proteger os bens em perigo. O PAE é um documento formal elaborado pelo empreendedor no qual são estabelecidas as ações a serem executadas pelo mesmo em caso de situação de emergência.

Segundo a Lei 14.066/2020, o presente PAE da barragem da UHE Fundão deverá ser revisto periodicamente, a critério do órgão fiscalizador, nas seguintes ocasiões:

- Quando o relatório de inspeção ou a Revisão Periódica de Segurança de Barragem assim o recomendar;
- Sempre que a instalação sofrer modificações físicas, operacionais ou organizacionais capazes de influenciar no risco de acidente ou desastre;
- Quando a execução do PAE em exercício simulado, acidente ou desastre indicar a sua necessidade;
- Em outras situações, a critério do órgão fiscalizador.

Nas revisões serão incluídas as novas informações e removidos os dados desatualizados e/ou incorretos. As folhas corrigidas deverão ser anotadas adequadamente em seu rodapé e suas cópias serão distribuídas para todas as pessoas que participem do PAE e tenham em seu poder uma cópia para uso.

O Quadro 1.1 apresenta a folha controle de atualizações do PAE da barragem da UHE Fundão, no qual o presente documento compõe a 1ª revisão. Esse quadro deverá ser mantido sempre atualizado, expondo as revisões realizadas.

A 1ª revisão deste documento se justifica pela necessidade de adequação a Resolução Normativa ANEEL nº 1.064 de 02 de maio de 2023.

QUADRO 1.1
FOLHA DE ATUALIZAÇÃO DO PAE

PAE DA BARRAGEM DA UHE FUNDÃO				
CONTROLE DE ATUALIZAÇÕES DO PAE				
ATUALIZ.	DATA	DESCRIÇÃO	ELABORADOR	APROVADO
Versão inicial	Dezembro/2017	Emissão Inicial do Plano de Ação de Emergência da UHE Fundão	GPdOP	AStM
1ª Revisão	Abril/2024	Revisão do Plano de Ação de Emergência da UHE Fundão	LVDN	JDSi

1.2 - Objetivo do PAE

O objetivo do PAE é definir o quem faz o que, onde, como e quando em situações de emergência na barragem. Estabelecendo um sistema de informação e comunicação para os diferentes cenários de segurança e perigo com as autoridades de defesa civis

competentes, para que sejam ativados os sistemas alerta e se for o caso realizar as evacuações. O PAE deve reduzir o risco de ruptura da barragem, identificando situações que podem representar perigo para a segurança da barragem, junto com a organização das respostas e ações as ações apropriadas.

1.3 - Descrição do Empreendimento

A Usina Hidrelétrica de Fundão está localizada na bacia do rio Paraná, sub-bacia do rio Iguaçu, no curso d'água do rio Jordão. A casa de força (margem direita) está localizada no município de Foz do Jordão a 76 km de Guarapuava. Além disso, a barragem está localizada no leito do rio, ou seja, da margem direita para à esquerda do rio. E nessa última, localiza-se o município de Pinhão.

FIGURA 1.1
LOCALIZAÇÃO DAS ESTRUTURAS DA UHE FUNDÃO



O arranjo do empreendimento foi concebido de modo a aproveitar a queda natural existente ao longo da curva em forma de “U” que o rio Jordão faz para a esquerda, a jusante do local da barragem. As estruturas são divididas em duas regiões onde na primeira, está a barragem de concreto compactado a rolo CCR, o vertedouro em soleira livre, a PCH no pé da barragem com potência instalada de 2,5 MW e tomada d'água. O segundo grupo conta com o túnel de baixa pressão com seção arco retângulo de 9,4 m e 150,0 m de comprimento, a câmara de carga, os dois tuneis de alta pressão e casa de foça abrigada

com uma unidade do tipo Francis de eixo vertical com potência total de 61 MW.

1.3.1 - Características Gerais

As características gerais da barragem são apresentadas no Quadro 1.2.

QUADRO 1.2
CARACTERÍSTICAS GERAIS UHE FUNDÃO

Identificação			
Empreendimento	Nome	UHE Fundão	
	Código	FND	
Localização	Estado	Paraná	
	Município	Pinhão	
	Região hidrográfica	Iguaçu	
	Bacia hidrográfica	Paraná	
	Rio	Jordão	
	Coordenadas	Latitude	25°42'31"S
		Longitude	55°02'17"O
Estrada de acesso	BR - 373		
Empreendedor	Nome	Centrais Elétricas do Rio Jordão - ELEJOR	
	Endereço	R. José de Alencar, 2021 - Juvevê	
	Responsável legal	Cleverson Moraes Silveira	
	Contato	Fixo	Contato
		Celular	(41) 98853-8876
	E-mail	cleverson@elejor.com.br	
	Responsável técnico (Segurança de Barragens)	Emerson Luís Alberti	
	Contato	Fixo	Contato
Celular		(41) 99994-3148	
E-mail	emerson@elejor.com.br		
Projeto	Autor	Intertechne	
	Ano	2002	
	Localização	Av. Iguaçu, 100, Rebouças, Curitiba/PR	
	Contato	Roberto Eugênio Bertol	
Construção	Construtor	Construtora Triunfo	
	Período de construção	2001/2006	
Exploração	Início	2001	
Reservatório	Nível máximo normal (m)	705,50	
	Área para o nível máximo normal (km ²)	2,15	
	Volume para o nível máximo normal (hm ³)	34,49	
	Nível máximo Maximorum (m)	711,00	
	Uso do reservatório	Geração Energia	

Bacia hidrográfica	Área (km ²)	4.090
	Precipitação média anual (mm)	1.257,8
	Cobertura vegetal	Floresta
	Tipo de ocupação	Rural
	Singularidades	-
Empreendedores Vizinhos	Montante	UHE Santa Clara
	Jusante	UHE Jordão
Barragem		
Tipo estrutural		Gravidade
Cota do coroamento (m)		712,50
Borda livre (m)		1,67
Altura máxima acima da fundação (m)		65,0
Altura máxima acima do leito do curso de água (m)		42,5
Comprimento do coroamento (m)		397
Largura do coroamento (m)		-
Paramento de montante	Inclinação	Vertical
	Tipo de proteção	-
Paramento de jusante	Inclinação	0,75 H 1,0 V
	Tipo de proteção	-
Dispositivo de drenagem		Galeria
Volume total (m ³)		-
Características Geológicas Regionais		
Tipo de formação		Derrame Basáltico
Características de Permeabilidade do reservatório		Pouco Permeável
Suscetibilidade a escorregamento de taludes do reservatório		Não
Vertedouro		
Número		1
Localização		Corpo da Barragem
Tipo		Soleira Livre
Cota da Soleira (m)		705,50
Largura (m)		249,9
Recorrência Vazão de projeto (anos)		10.000
Vazão de Projeto (m ³ /s)		7.189
Tomada de Água		
Número		2
Localização		Câmara de Carga
Vazão (sob o nível máximo normal) (m ³ /s)		150,0
Tipo de comporta		Vagão
Dimensões Principais (m)		3,75 x 4,80
Possibilidade de manobra manual		Sim
Comando à distância		Sim
Condições de acesso		Boas
Riscos a Jusante		

Extensão (km)	~10 até res. Jordão
Ocupação a jusante	Rural
Meios de comunicação	Sistema de Alerta Sonoro
Existem procedimentos de emergência?	Plano de Ação de Emergência

1.3.2 - Descrição Geral da Barragem

A barragem tipo gravidade é composta de 25 (vinte e cinco) blocos de CCR, composta de uma galeria de drenagem, praticamente em toda a sua extensão entre a margem direita e esquerda, de dimensão média de 2,50 m de largura por 3,00 m de altura. A entrada e saída da galeria localizam-se na elevação El. 689,35 m, distantes 4,50 m da face montante da barragem, enquanto que o ponto mais baixo se localiza na El. 672,25 m. A crista da barragem está na El. 712,50 m, enquanto que a El. 685,70 m corresponde ao seu pé. A crista da soleira vertente encontra-se na El. 705,50 m. O comprimento total da galeria de drenagem é de aproximadamente 47,00 m. Na Figura 1.2 é apresentada a planta e seção longitudinal da barragem e na Figura 1.3 a seção transversal da barragem.

FIGURA 1.2
UHE FUNDÃO – PLANTA GERAL E SEÇÃO LONGITUDINAL

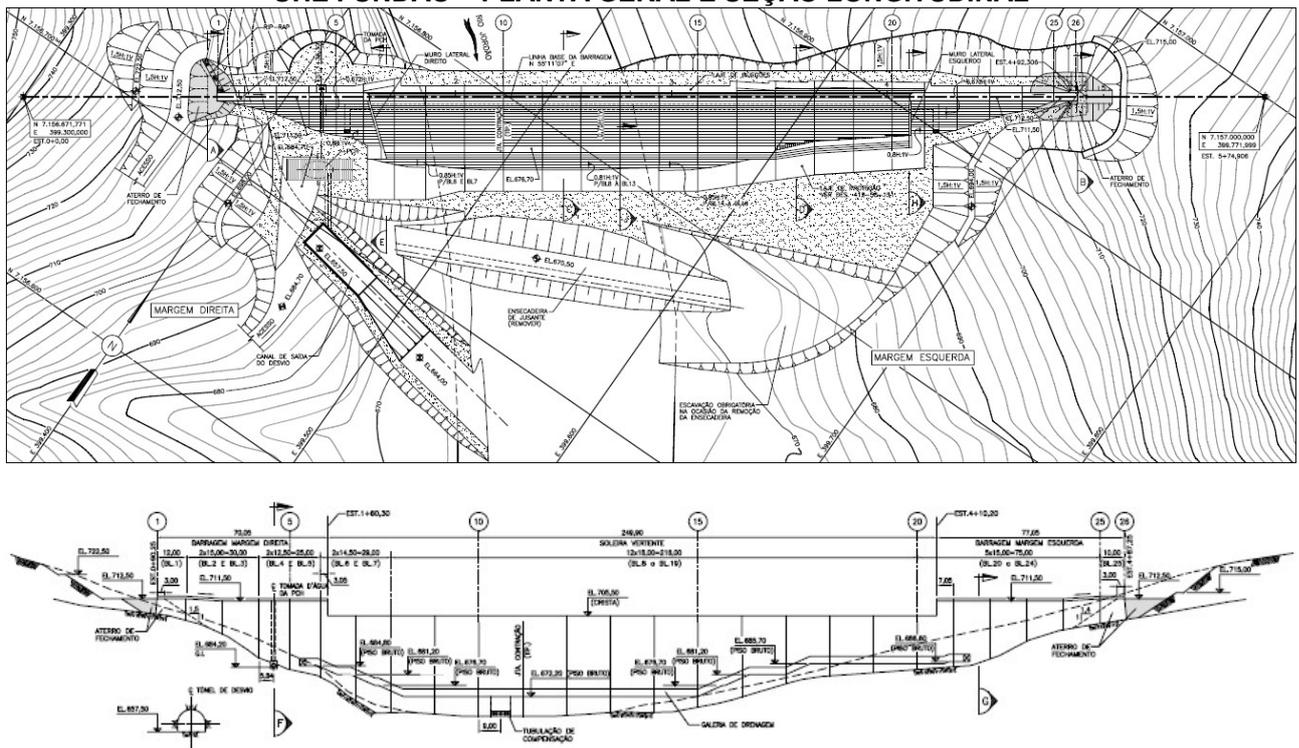
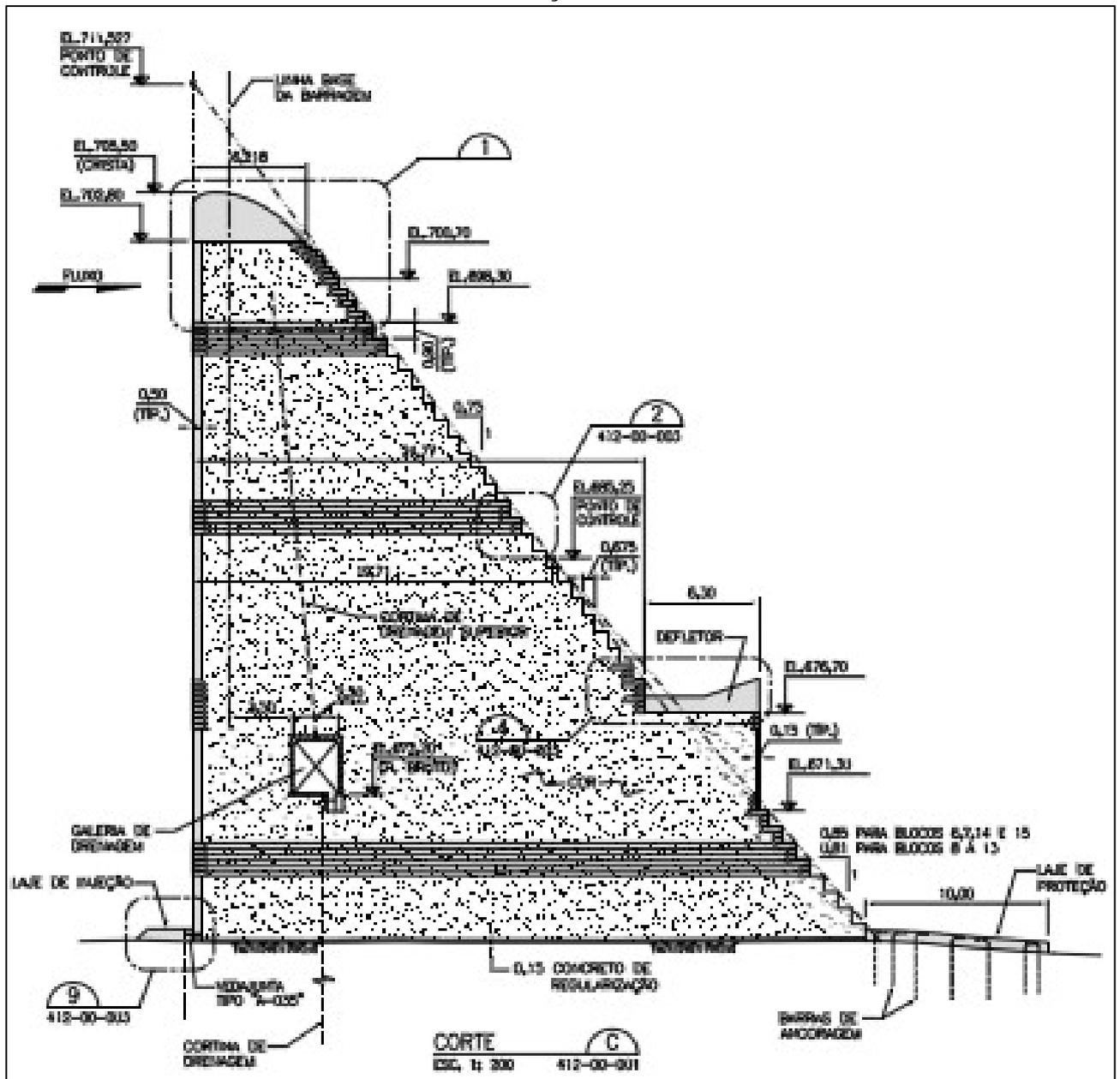


FIGURA 1.3
UHE FUNDÃO – SEÇÃO TRANSVERSAL



1.3.3 - Órgãos Extravasores

O vertedouro da UHE Fundão compreende uma soleira livre vertente de 249,9 m com paramento de montante vertical e de jusante com inclinação 0,75H:1,0V disposta sobre o maciço de CCR. A soleira vertente não apresenta comporta e possui crista na El. 705,50.

Visando reduzir a energia do escoamento e facilitar a construção da barragem, a calha do vertedouro apresenta degraus com altura de 0,6 m e largura de 0,45 m (valores típicos aproximados). Ao final da calha, na El. 685,70, foi prevista uma calha defletora com 6,5 m de largura e ângulo de saída de 10°. Já o maciço junto ao pé de jusante da soleira vertente foi protegido por uma laje de concreto armado ancorada à rocha, com 10,0 m de comprimento.

Capacidade de Descarga do Vertedouro

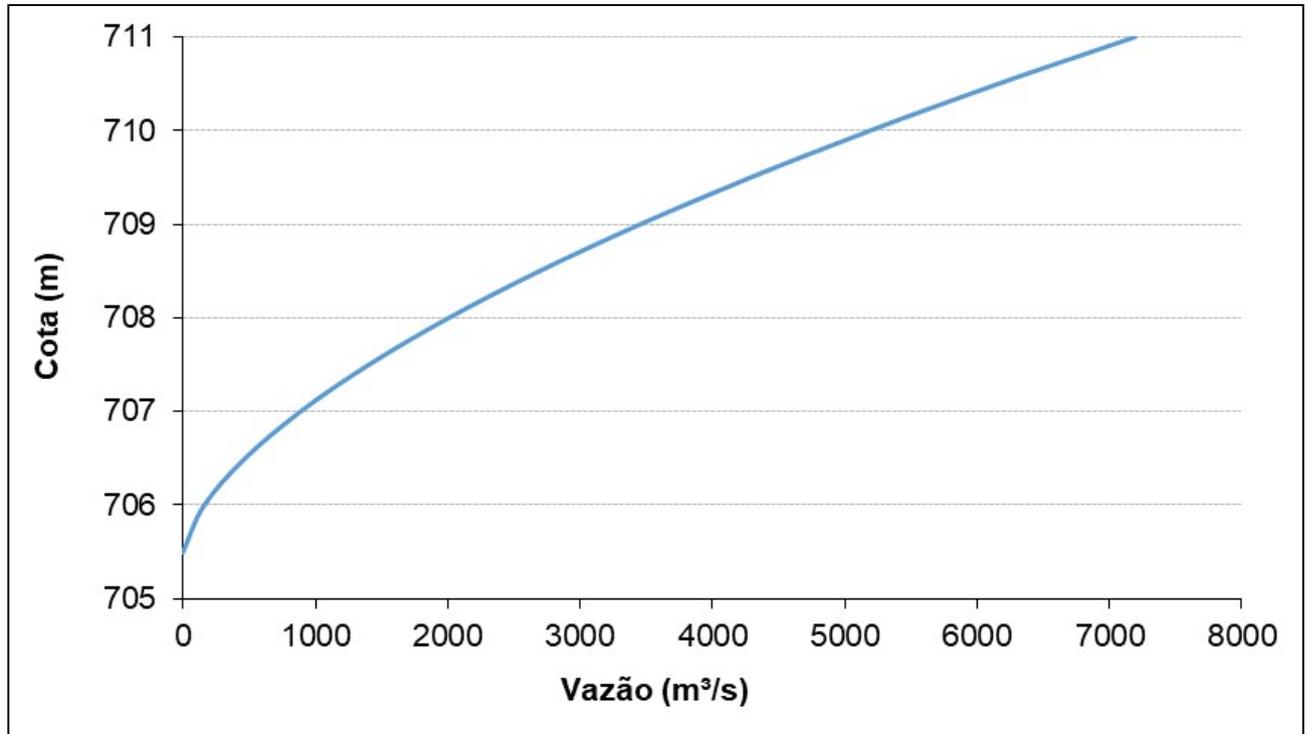
Na RPSB de 2022, realizada pela Nova Engevix, foi elaborada a atualização da capacidade de descarga da UHE Fundão, conforme apresentado no Quadro 1.3 e na Figura 1.4.

A capacidade de descarga da barragem na cota 711,00 m é de 7.189 m³/s. Este valor é apenas 0,53% inferior ao valor fornecido nos documentos da barragem, que é de 7.227 m³/s.

QUADRO 1.3
CURVA DE DESCARGA VERTEDOIRO UHE FUNDÃO

Cota (m)	Descarga (m³/s)
705,50	0
706,00	159
706,50	466
707,00	885
707,50	1400
708,00	2004
708,50	2689
709,00	3450
709,50	4284
710,00	5186
710,50	6155
711,00	7189

Fonte: RPS Nova Engevix (2022).

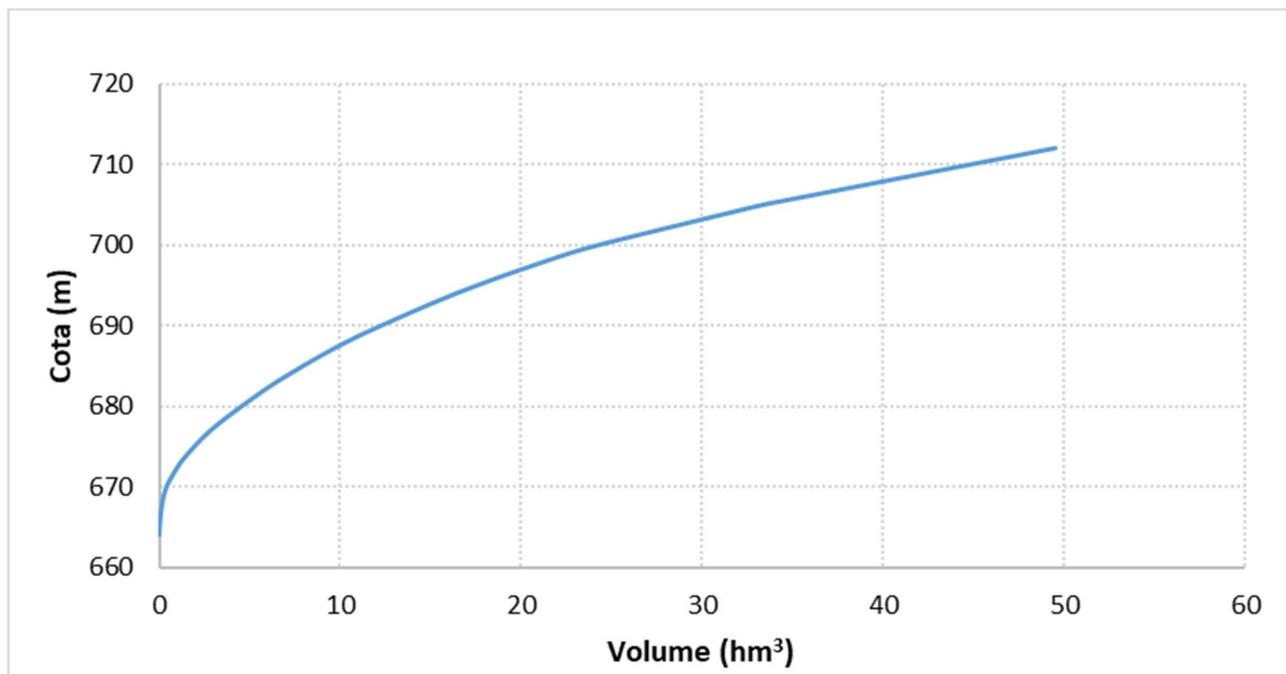
FIGURA 1.4
CURVA DE DESCARGA DA UHE FUNDÃO

Fonte: RPS Nova Engevix (2022).

Curva cota – volume da UHE Fundão

A curva cota-volume da UHE Fundão foi fornecida pela ELEJOR, sendo apresentada na Figura 1.5. Em seu nível normal, o volume total armazenado é de cerca de 34,6 hm³.

FIGURA 1.5
CURVA COTA-VOLUME DA UHE FUNDÃO



Fonte: ELEJOR (2022).

Amortecimento de cheias pelo vertedouro da UHE Fundão

Na RPSB de 2022, realizada pela Nova Engevix, foi elaborada a atualização do amortecimento de cheias pelo vertedouro da UHE Fundão, conforme apresentado no Quadro 1.4. Como pode ser observado, para nenhuma das recorrências avaliadas ocorreu o galgamento da barragem.

QUADRO 1.4
RESUMO DOS RESULTADOS DO AMORTECIMENTO DE CHEIAS DA UHE FUNDÃO

TR (anos)	Q _{afluente} (m³/s)	Q _{defluente} (m³/s)	N.A. MÁXIMO (m)	OCORRÊNCIA DE GALGAMENTO
2	670	667	706,7	Não
5	1137	1134	707,2	Não
10	1491	1487	707,5	Não
20	1845	1840	707,9	Não
50	2313	2308	708,2	Não
100	2667	2662	708,5	Não
500	3488	3483	709,0	Não
1000	3842	3836	709,2	Não
5000	4664	4656	709,7	Não
10000	5017	5009	709,9	Não
CMP	6856	6852	710,8	Não

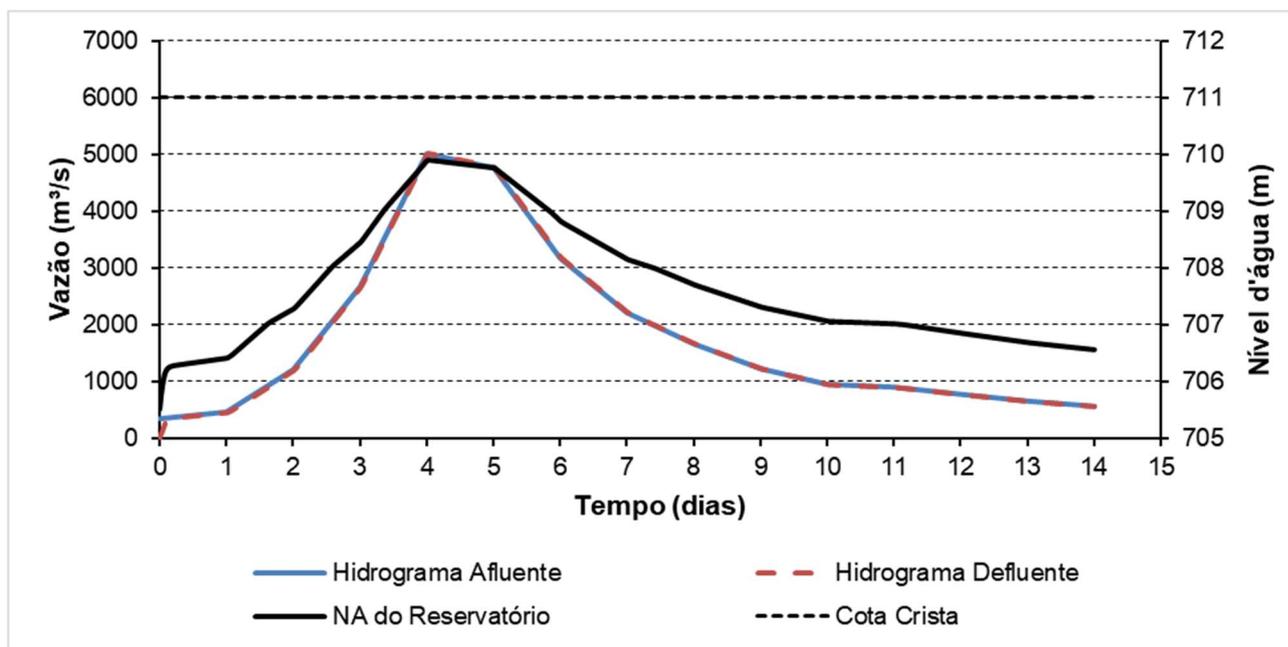
Fonte: RPS Nova Engevix (2022).

Pelos critérios estabelecidos pela Eletrobrás (2003), barragens de concreto como a UHE Fundão devem respeitar uma borda livre mínima de 0,5 m. Assim, sabendo que a cota do

coroamento da barragem é de 712,5 m e que o nível máximo alcançado foi de 710,8 m na passagem da CMP, constata-se que a borda livre mínima obtida foi de 1,67 m, valor este superior ao mínimo recomendado. Já para TR 10.000 anos, o nível máximo alcançado foi 709,9 m, o que resulta em uma borda livre ainda maior de 2,60 m. Portanto, percebe-se que o vertedouro da UHE Fundão atende as recomendações vigentes.

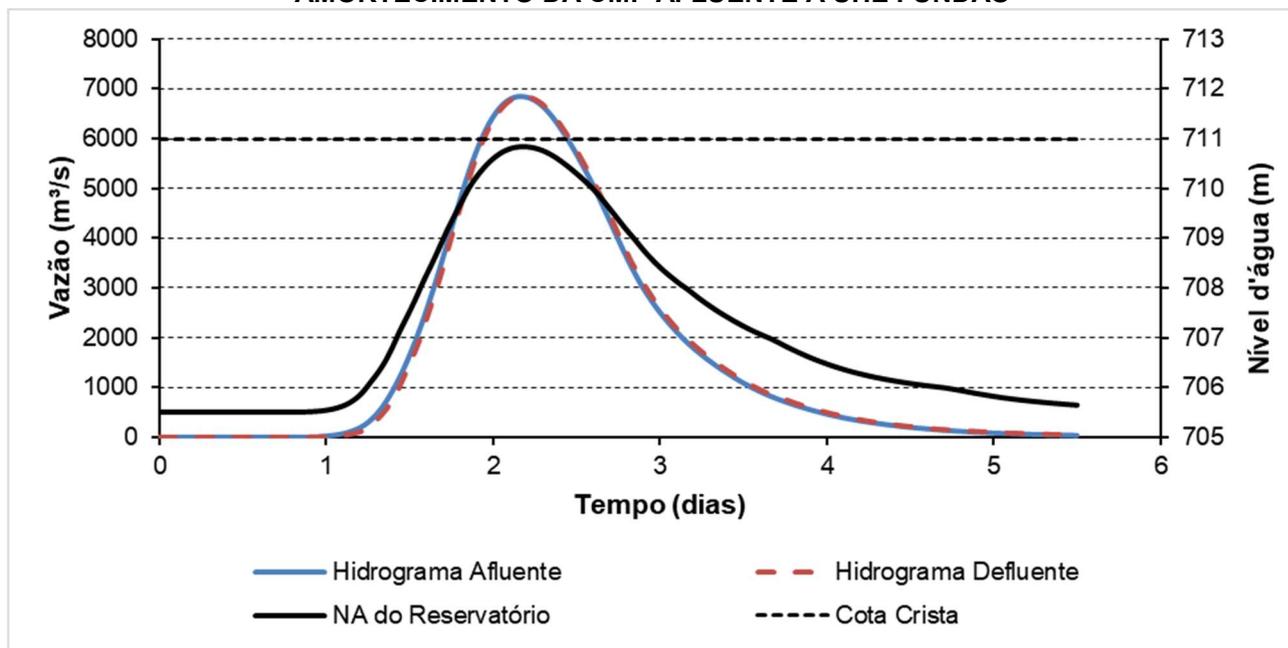
Na Figura 1.6 e na Figura 1.7 são apresentados os hidrogramas afluentes, defluentes e os níveis d'água alcançados na passagem das cheias de projeto com recorrência de 10.000 anos e na passagem da CMP, respectivamente. Os amortecimentos corresponderam a reduções bem baixas nos picos dos hidrogramas afluentes, na ordem de 0,16% e 0,05% para TR 10.000 anos e CMP, respectivamente.

FIGURA 1.6
AMORTECIMENTO DA CHEIA DE TR 10.000 ANOS AFLUENTE À UHE FUNDÃO



Fonte: RPS Nova Engevix (2022).

FIGURA 1.7
AMORTECIMENTO DA CMP AFLUENTE À UHE FUNDÃO



Fonte: RPS Nova Engevix (2022).

1.3.4 - Reservatório

A UHE Fundão deverá operar a fio d'água, ou seja, o seu reservatório operará sem deplecionamento, deixando-se, entretanto, 0,50 para a regularização diária de vazões.

A borda livre das estruturas foi determinada de acordo com a metodologia proposta por Savelli et al (1962). Nesta metodologia a borda livre é determinada em função da altura de onda gerada pelo efeito continuado do vento sobre o reservatório. Como critério de projeto considerou-se como vento extremo o correspondente a uma velocidade de 160 km/h e como vento normal o vento com velocidade de 100 km/h. O vento extremo associa-se ao nível máximo normal do reservatório, enquanto que o vento normal associa-se ao nível máximo maximorum (proveniente da passagem da cheia de projeto pelo vertedouro). Deve-se observar que a adoção destes ventos provém de recomendações apresentadas na bibliografia corrente.

No caso da UHE Fundão, a altura de onda resultou em 0,60 m para o caso excepcional (vento de 100 km/h) e 1,12 m para o caso normal (vento de 160 km/h). Tem-se, portanto, para os níveis máximos normais e máximos excepcionais, as elevações 706,62 e 711,60 m, respectivamente. Com isso definiu-se a cota de proteção tanto da barragem quanto da tomada d'água na El. 712,50 m.

As características gerais do reservatório são apresentadas no Quadro 1.5.

QUADRO 1.5
CARACTERÍSTICAS GERAIS RESERVATÓRIO UHE FUNDÃO

Parâmetro	Valor
Nível Mínimo Normal Montante (m)	705,50
Nível Máximo Normal Montante (m)	705,50

Parâmetro	Valor
Nível Máximo Maximorum Montante (m)	711,0
Nível Mínimo Jusante (m)	602,00
Nível Máximo Normal Jusante (m)	609,00
Nível Máximo Maximorum Jusante (m)	615,00
Área N.A Máximo Maximorum (km ²)	2,50
Área N.A Máximo Normal (km ²)	2,15
Área N.A Mínimo Normal (km ²)	2,15
Volume N.A Máximo Normal (m ³)	34.490.000
Volume Abaixo da Soleira do Vertedouro (m ³)	34.490.000
Volume Útil (m ³)	11.450.000
Vida Útil do reservatório com Santa Clara (anos)	1.326
Vida Útil do reservatório sem Santa Clara (anos)	171
Profundidade Média (m)	16,00
Profundidade Máxima (m)	~52,00
Tempo de Formação do Reservatório (dias)	3,80
Tempo de residência (dias)	3,80

1.3.5 - Características Hidrológicas

A principal documentação apresentada, no que tange aos aspectos hidrológicos, é o Projeto Básico, elaborado pela Intertechne em 2002. Esses estudos foram atualizados mais recentemente em 2022, na RPSB, pela Nova Engevix.

Vazões médias mensais e anuais da estação fluviométrica de referência

A partir da série de vazões médias diárias da estação Santa Clara (Cód. 65825000), determinaram-se as vazões médias mensais e anuais desta estação (Quadro 1.6 e Figura 1.8). Vale ressaltar que, pelo fato de a estação estar localizada a cerca de 12 km do eixo do barramento, foi feita uma regionalização da vazão média considerando a área de drenagem da estação (3.930 km²) e do barramento (4.090 km²), resultando num fator de 1,04.

É possível observar que as maiores vazões médias estão concentradas no mês de julho, cuja a média da série histórica é de cerca de 137 m³/s. A vazão média de longo termo (Q_{MLT}), também chamada de média das médias é de aproximadamente 118 m³/s. Este valor é cerca de 12% maior do que a Q_{MLT} apresentada no Projeto Básico (INTERTECHNE, 2002) de 104,8 m³/s.

QUADRO 1.6
VAZÕES MÉDIAS MENSAS E ANUAIS DA UHE FUNDÃO (M³/S)

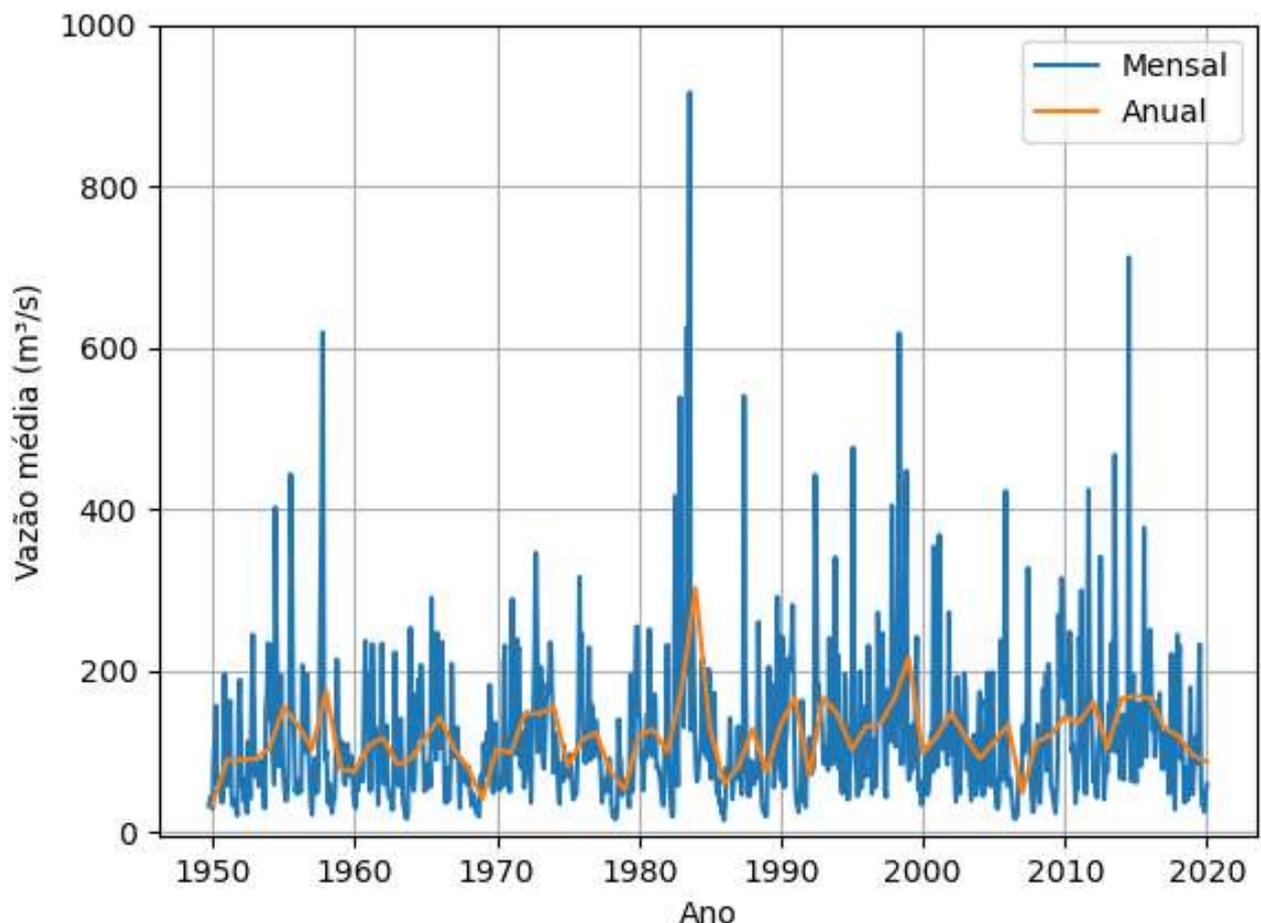
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1950	99,5	116,8	162,1	58,6	69,5	49,8	67,7	34,6	53,6	202,0	108,5	55,4	89,8
1951	99,5	144,2	171,0	46,8	31,6	36,1	37,5	24,9	18,6	166,4	190,3	123,3	90,9
1952	70,8	48,6	36,0	64,4	22,4	115,7	66,8	40,0	172,6	253,3	161,9	68,5	93,4
1953	73,9	78,1	54,3	88,1	88,9	84,9	46,0	27,8	155,8	183,3	241,1	145,9	105,7

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1954	239,9	113,2	92,9	57,8	401,3	266,4	148,1	81,4	105,1	199,5	106,1	64,8	156,4
1955	46,5	36,3	43,4	63,7	177,6	442,5	344,2	160,7	124,2	47,1	58,9	45,2	132,5
1956	62,0	64,3	49,1	215,8	198,6	141,2	102,3	201,4	104,8	61,8	32,6	20,2	104,5
1957	61,8	92,5	54,2	47,7	49,7	134,5	265,7	410,8	593,9	189,8	156,0	102,3	179,9
1958	56,9	33,6	58,7	30,0	21,9	38,2	40,5	82,5	219,8	132,1	112,6	116,1	78,6
1959	92,5	69,0	59,4	57,8	71,7	109,8	69,4	73,4	94,4	75,3	45,3	31,0	70,7
1960	28,1	68,0	51,3	74,7	61,8	94,0	61,0	168,7	242,7	179,9	203,4	74,5	109,0
1961	48,1	53,5	241,6	147,2	131,9	131,0	60,1	32,3	68,9	112,2	242,6	126,8	116,3
1962	56,9	119,1	136,8	53,0	41,1	44,8	35,5	25,8	64,8	231,6	100,9	95,8	83,8
1963	53,9	109,5	142,4	93,0	34,1	27,5	16,6	14,4	20,3	166,0	261,7	162,9	91,9
1964	56,0	48,8	75,0	176,9	117,0	195,2	149,2	215,6	176,6	99,9	47,7	81,0	119,9
1965	50,3	83,0	87,6	56,2	282,1	107,7	250,7	129,3	89,5	252,5	196,6	124,2	142,5
1966	106,0	245,0	145,4	48,5	33,5	45,1	74,0	37,1	74,6	213,2	139,8	94,8	104,7
1967	94,9	122,5	133,5	68,3	27,7	89,3	68,9	61,8	80,1	64,1	58,4	81,4	79,2
1968	63,1	41,1	30,4	46,8	41,5	28,7	20,8	20,0	17,2	47,9	69,8	47,1	39,5
1969	111,3	78,7	70,9	125,9	96,3	188,3	138,1	54,5	48,3	139,0	138,6	69,8	105,0
1970	59,4	48,6	62,4	54,0	72,7	218,0	233,3	55,7	68,9	117,5	46,8	132,3	97,4
1971	300,2	153,7	105,1	95,9	246,1	230,4	246,6	79,5	115,6	128,4	53,2	72,2	152,2
1972	81,3	151,6	110,9	93,8	34,1	110,3	151,5	223,7	354,8	267,0	100,1	112,0	149,3
1973	202,8	182,7	87,6	77,1	127,8	163,0	189,7	177,5	241,8	232,8	159,0	71,5	159,4
1974	112,8	123,7	105,8	51,6	33,2	82,4	83,2	62,5	107,6	68,1	73,1	70,5	81,2
1975	67,1	96,3	75,5	47,5	38,2	54,7	44,4	77,9	135,9	323,2	161,4	252,7	114,6
1976	144,4	88,4	83,8	91,4	82,9	227,4	88,7	163,7	152,6	92,6	171,3	139,7	127,2
1977	120,9	103,7	98,7	75,2	34,3	64,6	50,8	48,2	49,6	81,4	90,5	75,1	74,4
1978	29,3	17,6	25,4	13,1	14,8	23,6	142,5	96,3	83,3	42,6	64,7	54,4	50,6
1979	60,0	50,8	40,3	28,3	190,2	61,5	46,9	99,9	179,0	251,7	251,5	150,3	117,5
1980	142,2	91,3	90,1	50,7	101,6	91,3	150,1	149,8	257,6	158,5	96,1	164,9	128,7
1981	176,6	167,4	78,5	82,3	74,6	65,9	50,0	33,4	30,0	113,8	97,9	241,5	101,0
1982	95,3	55,6	34,3	17,1	17,7	200,4	418,8	123,3	54,1	245,5	528,4	297,0	174,0
1983	217,8	133,4	210,4	203,8	556,4	395,3	883,0	128,0	279,1	270,7	172,7	89,8	295,0
1984	60,5	63,0	90,7	97,1	125,6	208,7	101,2	200,2	129,4	90,9	208,4	199,0	131,2
1985	64,2	94,0	66,7	177,9	71,1	45,8	63,4	33,9	37,2	20,3	22,9	12,1	59,1
1986	30,4	80,7	69,0	71,7	144,9	117,9	38,4	56,7	73,8	67,3	66,2	134,1	79,3
1987	61,3	110,5	43,9	71,9	532,4	208,0	121,1	70,8	40,9	80,1	88,4	84,0	126,1
1988	55,0	69,2	64,1	70,9	263,8	167,7	74,2	34,4	24,1	23,6	17,0	17,6	73,5
1989	119,5	209,3	129,9	87,6	187,1	52,0	81,3	148,6	294,1	169,4	86,7	62,1	135,6
1990	246,5	97,5	51,9	109,0	126,5	221,1	203,1	209,6	237,5	287,6	157,8	80,0	169,0
1991	36,2	31,2	22,6	47,2	36,0	165,0	101,6	58,0	28,7	84,2	97,4	120,5	69,0
1992	85,5	69,9	75,4	79,5	433,1	366,2	168,2	187,5	151,2	156,6	135,8	84,0	166,1
1993	94,0	109,5	79,2	74,4	238,1	128,9	137,3	82,4	154,2	337,9	90,2	224,7	145,9
1994	76,6	127,4	55,7	45,1	95,3	201,4	190,9	79,7	37,7	71,7	133,1	122,2	103,1
1995	474,1	166,4	85,4	68,3	41,9	63,9	199,8	50,9	97,0	153,8	87,8	67,3	129,7
1996	141,7	238,3	186,0	127,8	44,3	60,5	114,2	53,9	82,0	286,7	156,9	148,5	136,7
1997	142,5	252,1	127,2	47,5	39,2	178,2	143,5	143,7	114,3	407,8	280,4	138,5	167,9

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1998	105,9	148,6	190,2	610,5	248,0	82,6	117,0	153,7	344,8	445,7	101,8	61,7	217,6
1999	65,5	132,0	75,9	133,7	87,5	196,5	243,8	49,7	62,1	44,0	30,9	38,6	96,7
2000	52,2	107,5	89,0	43,4	56,4	75,6	125,9	72,1	350,5	265,7	124,5	79,4	120,2
2001	166,9	375,4	168,4	105,1	105,0	125,7	131,9	89,0	81,5	275,7	96,5	103,0	152,0
2002	139,0	124,5	65,1	35,5	196,1	81,5	45,0	71,7	143,9	151,7	203,9	181,9	120,0
2003	76,4	119,1	106,9	55,5	36,2	100,4	122,2	51,9	45,2	64,8	140,1	179,0	91,5
2004	92,4	43,5	43,5	46,4	169,8	157,9	204,8	73,7	53,3	199,2	203,9	65,5	112,8
2005	60,5	31,4	26,6	25,6	8,6	144,2	97,2	9,3	92,0	348,0	-	-	84,3
Mínima	28,1	17,6	22,6	13,1	8,6	23,6	16,6	9,3	17,2	20,3	17,0	12,1	39,5
Média	104,1	107,7	89,6	86,3	123,4	134,1	136,9	96,4	130,6	168,6	132,2	106,5	117,9
Máxima	474,1	375,4	241,6	610,5	556,4	442,5	883,0	410,8	593,9	445,7	528,4	297,0	295,0

Fonte: RPS Nova Engevix (2022).

FIGURA 1.8
SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAS E ANUAIS NA ESTAÇÃO SANTA CLARA



Fonte: RPS Nova Engevix (2022).

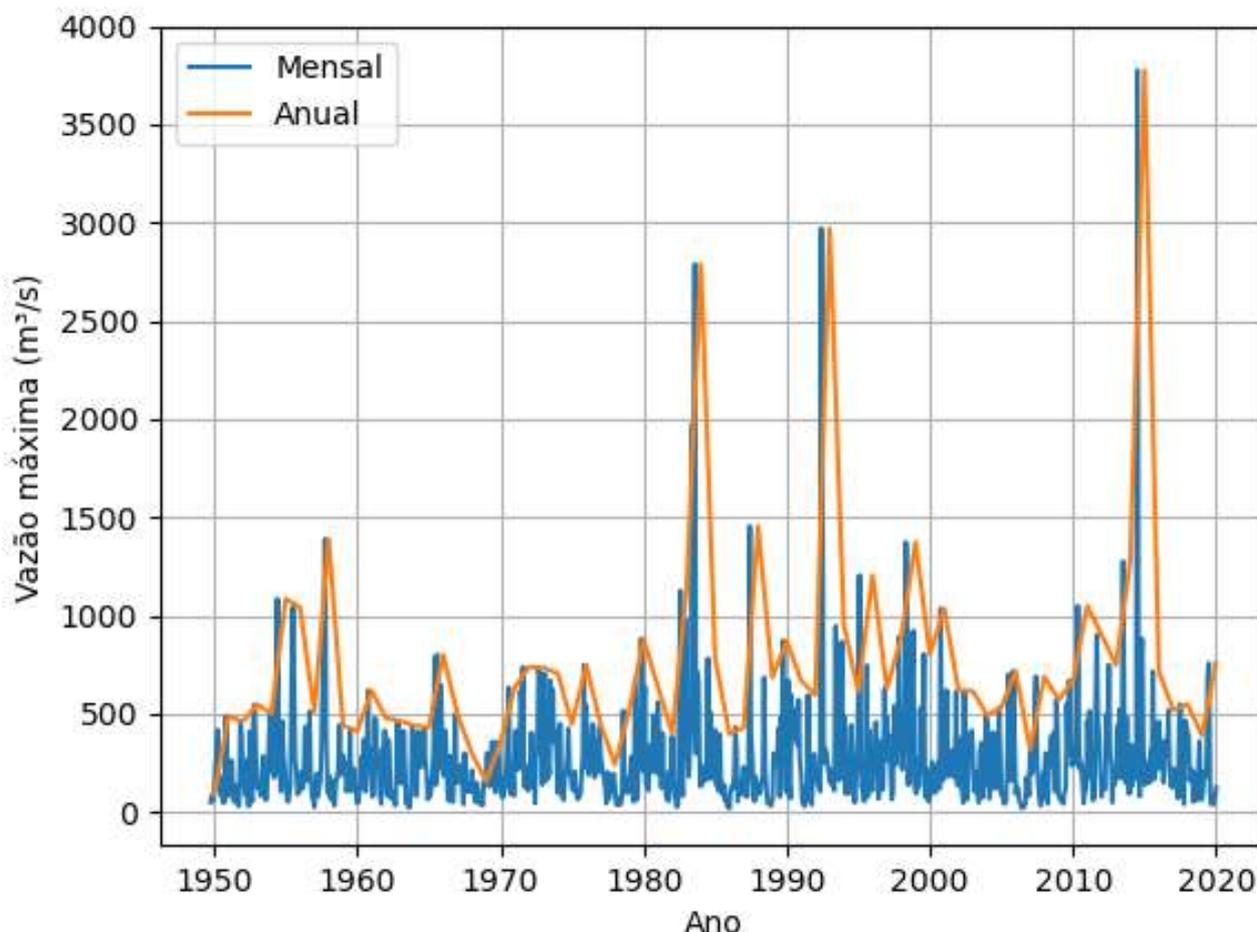
Vazões máximas mensais e anuais

As vazões máximas de um rio podem ser entendidas como valores associados a um risco de serem iguados ou ultrapassados (TUCCI, 2004). Para o estudo das vazões máximas,

utilizou-se o método probabilístico que consiste na previsão de cheias futuras associadas a um período de recorrência baseadas nos registros passados (série histórica).

A série de vazões mensais e anuais máximas obtidas a partir da série de vazões média diárias naturais da UHE Fundão estão apresentadas na Figura 1.9 e no Quadro 1.7. Pela série apresentada, observa-se que o maior valor de vazão da série histórica corresponde ao ano de 2014, tendo-se atingido o valor de 3.775,0 m³/s.

FIGURA 1.9
SÉRIE DE VAZÕES NATURAIS MÁXIMAS MENSAIS E ANUAIS DA UHE FUNDÃO



Fonte: RPS Nova Engevix (2022).

QUADRO 1.7
VAZÕES MÁXIMAS ANUAIS DA UHE FUNDÃO

ANO	VAZÃO MÁXIMA (m ³ /s)	ANO	VAZÃO MÁXIMA (m ³ /s)
1950	487	1985	397
1951	461	1986	432
1952	547	1987	1454
1953	503	1988	685
1954	1085	1989	873
1955	1043	1990	670
1956	511	1991	596

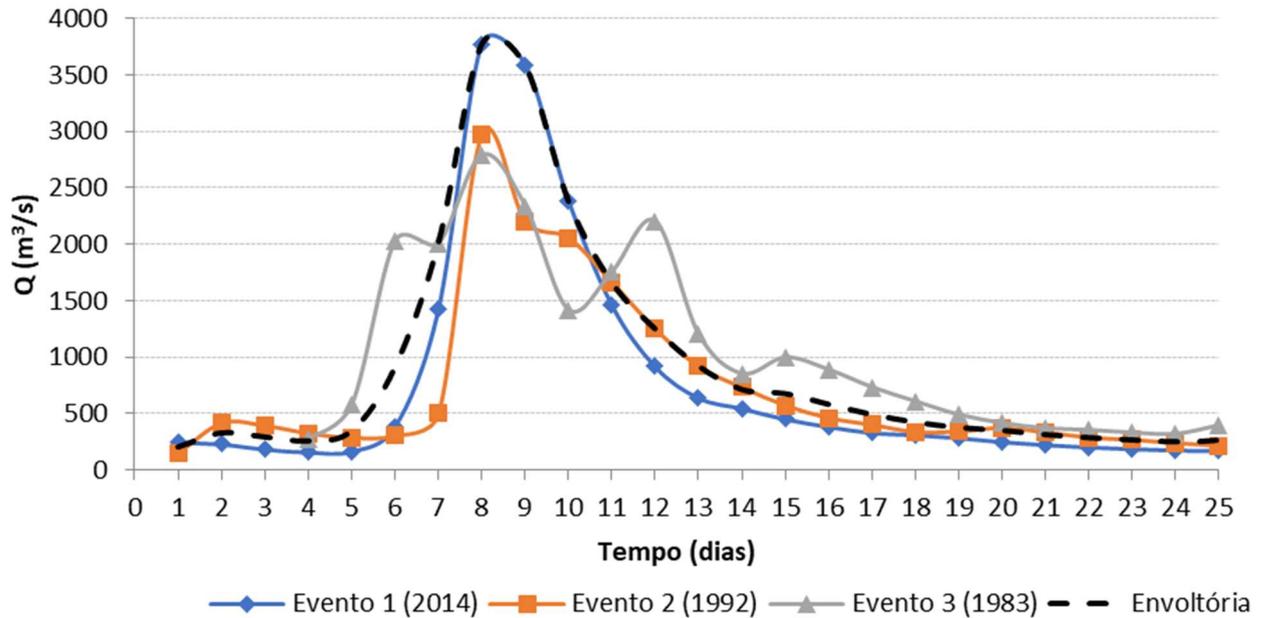
ANO	VAZÃO MÁXIMA (m³/s)	ANO	VAZÃO MÁXIMA (m³/s)
1957	1390	1992	2971
1958	442	1993	946
1959	412	1994	614
1960	619	1995	1205
1961	478	1996	629
1962	463	1997	891
1963	440	1998	1373
1964	432	1999	804
1965	801	2000	1035
1966	498	2001	620
1967	300	2002	616
1968	156	2003	494
1969	357	2004	533
1970	634	2005	718
1971	738	2006	318
1972	735	2007	690
1973	707	2008	572
1974	449	2009	669
1975	748	2010	1049
1976	447	2011	902
1977	242	2012	749
1978	516	2013	1276
1979	882	2014	3775
1980	638	2015	715
1981	401	2016	519
1982	1126	2017	549
1983	2789	2018	390
1984	782	2019	757

Fonte: RPS Nova Engevix (2022).

Hidrograma de projeto a partir de dados fluviométricos

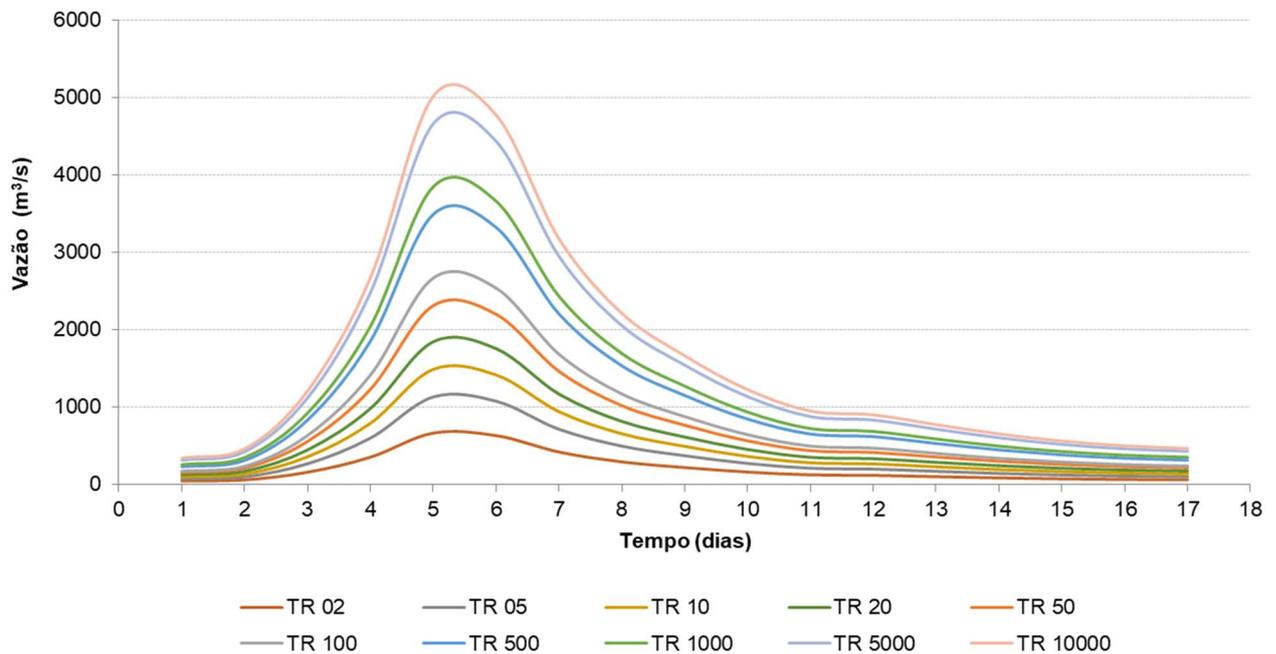
A definição do hidrograma afluente à UHE Fundão, com base na vazão, foi realizada na RPSB de 2022 pela Nova Engevix. Na metodologia utilizada, a forma do hidrograma de projeto é definida a partir de hidrogramas críticos observados.

FIGURA 1.10
ENVOLTÓRIA DOS PRINCIPAIS EVENTOS CRÍTICOS REGISTRADOS NA UHE FUNDÃO



Fonte: RPS Nova Engevix, 2022.

FIGURA 1.11
HIDROGRAMAS DE PROJETO DA UHE FUNDÃO



Fonte: RPS Nova Engevix, 2022.

1.3.6 - Características Geológicas e Sísmicas

O rio Jordão tem suas cabeceiras localizadas na Serra da Esperança, próximo da escarpa que separa os basaltos, a oeste das rochas sedimentares da Bacia do Paraná a leste. O rio

Jordão tem seu curso inteiramente situado sobre basalto. A geomorfologia da região pode ser descrita como um extenso planalto, Planalto de Guarapuava com altitudes que atingem mais de 1100 m nas proximidades da serra e diminuem gradativamente para oeste. Devido à disposição dos derrames basálticos, as encostas dos vales mostram uma topografia em degraus muito característica, com saltos e corredeiras.

A sequência de derrames basálticos, na área em apreço, assemelha-se à encontrada na Usina de Segredo e na Barragem de Derivação do Jordão.

- Um pacote principal - situado aproximadamente entre as elevações 500,00 e 810,00 formado por basaltos senso estrito, ou seja, derrames de rochas básicas, de espessuras variadas, cada um deles formados por basaltos maciços escuros na base e por basaltos vesículo-amigdalóides e brechas basálticas no terço superior;
- Um derrame espesso de uma rocha classificada como rio-dacito, uma rocha ácida a intermediária, de coloração cinza-claro, que recobre o pacote principal;
- Uma sequência superior de derrames básicos, escuros, situados acima do derrame de rio-dacito, caracterizada, em sua porção inicial, por um horizonte de rocha preta, afanítica, com uma fraturação micro-colunar muito típica.

Pode-se notar que a camada de rio-dacito forma a superfície do altiplano, onde se caracteriza por uma cobertura de vegetação de campo, com afloramentos frequentes de rocha. Já os basaltos ocorrem nos vales dos rios principais, abaixo do rio-dacito, e tendem a apresentar uma cobertura vegetal de mata cerrada. O horizonte de basalto micro-colunar, situado acima do rio-dacito, também aflora em muitas áreas do altiplano, mas não ocorre na área dos aproveitamentos.

Em termos de geologia estrutural, as feições principais dessas rochas relacionam-se com a disposição em camadas dos derrames, tanto de basaltos como de rio-dacito, e com as formas de fraturação relacionadas com a evolução tectônica e morfológica da região. As feições mais comuns são:

- As estruturas primárias dos derrames;
- As fraturas de descompressão;
- As fraturas de natureza tectônica.

A localização de todas essas investigações, tanto as efetuadas para o Projeto de Viabilidade quanto às executadas para o Projeto Básico, são mostradas no Desenho 0123-FD-DE-310-12-001. Os resultados das investigações são apresentados nos perfis geológicos dos Desenhos 0123-FD-DE-310-12-002 e 0123-FD-DE-310-12-003.

Nesses perfis, as litologias e alguns dados de classificação geomecânica - recuperação/RQD, grau de coerência e permeabilidade - são mostradas por meio de minilogs. Nesses minilogs são definidas as superfícies da rocha decomposta e saprolito, da rocha dura, pouco a moderadamente alterada/fraturada, considerada como adequada para fundação de estruturas de concreto com alguma ressalva, e a superfície da rocha sã.

O Desenho 0123-FD-DE-310-12-002 mostra perfis geológicos no final do circuito hidráulico e casa de força. O corte "A" abrange o desemboque do túnel de adução a baixa carga, câmara de compensação, tomada de água, túneis forçados, casa de força e canal de fuga.

O corte B é um perfil transversal da casa de força, paralelo ao eixo das unidades, passando pelas sondagens SR-55 e 56. No Desenho 0123-FD-DE-310-12-003 a Seção “C” mostra o emboque de montante do túnel de adução a baixa carga e a Seção “D” é transversal ao túnel de adução, no seu ponto de menor cobertura de rocha. No mesmo desenho, o Corte “E” é um perfil geológico pelo eixo da barragem e o Corte “F” é um perfil pelo túnel de desvio.

A estratigrafia de derrames mostrada na Seção “A” é aproximadamente similar à que foi observada em Segredo e na Derivação do Jordão, segundo os estudos da COPEL, mas com os derrames em posição um pouco mais elevada. O derrame inferior foi correlacionado com o derrame FG da usina de Segredo, o qual é um derrame muito espesso e que apresenta, no topo, uma camada de brecha basáltica igualmente espessa (camada “F”). Esta camada de brecha tem espessuras irregulares, tal como se observa na seção em apreço.

Acima do derrame FG ocorre o derrame E, bastante espesso e predominantemente formado por basaltos densos, colunares. O derrame E é recoberto pelo derrame D, pouco espesso, e pelos derrames C e B. Acima dessa sequência, devem ocorrer o derrame A e o derrame de rio-dacito (RD), nenhum dos quais foi atingido pelas sondagens.

Na Seção “A”, tal como nas demais seções, mostram-se também as espessuras de solo, rocha alterada e rocha praticamente sã, assim como o posicionamento das superfícies da rocha sã, da rocha alterada dura e do saprolito. Nota-se que as coberturas de solo e saprolito são bastante pequenas abaixo da El.650,00, onde a rocha pertence aos derrames F/G e E, e mais espessa daí para cima, com as coberturas e geometria dos topos de rocha sendo controlados pelos contatos entre derrames.

As sondagens efetuadas para o projeto, tanto na área da casa de força e final do circuito hidráulico, como na área da barragem, indicam que o maciço local é muito pouco permeável e que os contatos de derrame estão predominantemente fechados e sem alteração, salvo aqueles muito próximos da superfície das encostas.

O maciço rochoso, dessa forma, é de boa qualidade, na maior parte da área, salvo por alguns pontos localizados próximos das encostas ou afetados pelos contatos entre derrames. As principais características geológicas e geotécnicas das diferentes estruturas comentadas abaixo.

1.3.7 - Instrumentação Civil de Auscultação

Introdução

A localização da instrumentação é apresentada nos desenhos:

- 123-FD-DE-412-41-1 - Barragem CCR - Soleira vertente - Instrumentação - Planta e perfil.
- 123-FD-DE-412-41-2 - Barragem CCR - Soleira vertente - Instrumentação - Cortes.
- 123-FD-DE-412-41-3 - Barragem CCR - Soleira vertente - Instrumentação - Galeria de drenagem - Medidores de vazão - Medidores de vazão - Plantas, cortes e detalhes.

- 123-FD-DE-412-41-4 - Barragem CCR - Soleira vertente - Instrumentação - Galeria de drenagem - Piezômetros - Piezômetros - Cortes e detalhes.
- 123-FD-DE-412-41-5 - Barragem CCR - Soleira vertente - Instrumentação - Galeria de drenagem - Extensômetros - Extensômetros - Cortes e detalhes.
- 123-FD-DE-412-41-6 - Barragem CCR - Soleira vertente - Instrumentação - Galeria de drenagem - Piezômetros - Piezômetros.
- 123-FD-DE-412-41-7 - Barragem CCR - Soleira vertente - Instrumentação - Marcos fixos - Forma e armadura - Forma e armadura - Plantas, cortes e detalhes.
- 123-FD-DE-412-41-8 - Barragem CCR - Soleira vertente - Instrumentação - Medidor triortogonal - Corte e detalhe - Corte e detalhe.
- 123-FD-DE-412-41-9 - Barragem CCR - Soleira vertente - Instrumentação - Marcos superficiais - Planta, corte e detalhes - Planta, corte e detalhes.
- 123-FD-DE-412-41-10 - Barragem CCR - Soleira vertente - Instrumentação - Termômetros - Cortes e detalhes - Cortes e detalhes.

A instrumentação instalada na barragem da UHE Fundão visa o acompanhamento do comportamento das estruturas de concreto e do maciço basáltico de fundação, e permite comparar os dados das leituras com os limites previstos em cálculo, possibilitando detectar qualquer anomalia estrutural a tempo de executar medidas preventivas e corretivas.

No Quadro 1.8 são apresentados os resumos dos instrumentos instalados na Barragem CCR.

QUADRO 1.8
INSTRUMENTAÇÃO DA BARRAGEM DE CCR

Instrumento	Sigla	Quantidade
Extensômetro Múltiplo	EM	22
Medidor de Vazão Triangular	MV	3
Piezômetros tipo Standpipe	PSP	48
Termômetro elétrico	TE	13
Medidor de Deformação Triortogonal	MD	22
Drenos de fundação, cortina e junta	DRF, DRC e DRJ	235
Marco superficial	MS	08

Fonte: RPS Nova Engevix (2022).

Análise das leituras dos instrumentos da Barragem CCR

a) Marcos Fixos

São instrumentos utilizados para verificações topográficas adicionais se necessário e como referência para locação e acompanhamento e locação de todas as estruturas da Usina.

b) Medidores de Vazão

São instrumentos utilizados para monitoramento das vazões que infiltram pelas estruturas de barramento e suas fundações.

A vazão dos medidores de vazão deve, em condições normais, ter relação direta com os níveis do reservatório e deve ter suas leituras próximas da média, ou seja, com comportamento constante ao longo do tempo para níveis d'água estáveis. Mudanças bruscas ou significativas de vazão devem ser investigadas.

A diminuição das vazões de infiltração deve ser acompanhada e, se for significativa pode ser decorrência do entupimento dos drenos. Nesse caso, esses devem ser lavados e verificados para observar se as vazões retornam aos níveis anteriores.

Aumentos bruscos, por outro lado, podem significar a abertura de caminhos preferenciais de percolação e "piping".

Os medidores apresentam poucas oscilações, sendo essas motivadas pelo reservatório, o que indica comportamento normal. Observa-se maiores valores lidos no MV-2 em comparação aos demais, indicando haver maior percolação pela esquerda hidráulica. As leituras encontram-se abaixo dos níveis de controle estabelecidos.

O Quadro 1.9 apresenta a evolução das vazões a partir do ano de 2015.

**QUADRO 1.9
VAZÕES BARRAGEM**

Data	MV 01		MV 02		MV 03		Percolação Fissura Jusante ⁽¹⁾		N.A. (m)
	(l/min)	(l/s)	(l/min)	(l/s)	(l/min)	(l/s)	(l/min)	(l/s)	
19/11/2015	9,56	0,16	22,40	0,37	7,55	0,13	4,80	0,08	705,722
01/12/2015	10,11	0,17	22,40	0,37	8,03	0,13	3,60	0,06	705,635
18/12/2015	8,03	0,13	20,65	0,34	8,52	0,14	2,80	0,05	705,62
05/01/2016	6,65	0,11	18,18	0,30	8,03	0,13	2,00	0,03	705,713
13/01/2016	8,03	0,13	24,23	0,40	10,68	0,18	1,80	0,03	705,919
25/01/2016	4,34	0,07	11,26	0,19	3,12	0,05	1,40	0,02	705,299
11/02/2016	4,01	0,07	13,13	0,22	4,01	0,07	0,80	0,01	705,314
23/02/2016	3,70	0,06	13,79	0,23	3,40	0,06	0,90	0,02	705,033
10/03/2016	5,42	0,09	24,23	0,40	5,04	0,08	1,10	0,02	705,789
22/03/2016	3,70	0,06	19,80	0,33	4,01	0,07	0,45	0,01	705,259
30/03/2016	3,70	0,06	13,79	0,23	3,40	0,06	0,90	0,02	705,272
07/04/2016	3,12	0,05	14,48	0,24	2,85	0,05	0,40	0,01	705,283
19/04/2016	3,70	0,06	15,18	0,25	3,12	0,05	0,00	0,00	705,341
27/04/2016	4,34	0,07	14,48	0,24	3,70	0,06	0,00	0,00	705,387
13/05/2016	3,70	0,06	18,18	0,30	3,70	0,06	0,00	0,00	705,037
03/06/2016	11,26	0,19	49,00	0,82	25,18	0,42	0,00	0,00	705,685
12/07/2016	7,55	0,13	20,65	0,34	7,55	0,13	3,40	0,06	705,375
20/07/2016	10,11	0,17	20,65	0,34	7,55	0,13	3,70	0,06	705,251
05/08/2016	5,81	0,10	16,64	0,28	6,22	0,10	4,80	0,08	705,325

Data	MV 01		MV 02		MV 03		Percolação Fissura Jusante ⁽¹⁾		N.A. (m)
	(l/min)	(l/s)	(l/min)	(l/s)	(l/min)	(l/s)	(l/min)	(l/s)	
25/08/2016	5,81	0,10	15,90	0,26	5,42	0,09	5,20	0,09	705,16
31/08/2016	5,42	0,09	14,48	0,24	4,68	0,08	4,80	0,08	705,248
09/09/2016	5,81	0,10	15,18	0,25	4,34	0,07	4,60	0,08	705,259
27/09/2016	7,55	0,13	16,64	0,28	4,68	0,08	3,20	0,05	705,353
10/10/2016	6,65	0,11	16,64	0,28	4,34	0,07	2,60	0,04	705,299
31/10/2016	5,42	0,09	22,40	0,37	4,34	0,07	1,80	0,03	705,367
01/11/2016	6,65	0,11	16,64	0,28	4,34	0,07	2,60	0,04	705,331
18/11/2016	5,42	0,09	15,18	0,25	3,12	0,05	0,30	0,01	705,227
06/12/2016	5,04	0,08	16,64	0,28	4,34	0,07	0,20	0,00	705,418
19/12/2016	6,65	0,11	16,64	0,28	5,04	0,08	0,30	0,01	705,162
28/12/2016	5,04	0,08	17,40	0,29	3,70	0,06	0,15	0,00	705,275
09/01/2017	3,70	0,06	15,18	0,25	2,85	0,05	0,10	0,00	705,265
20/01/2017	6,65	0,11	18,18	0,30	8,03	0,13	2,00	0,03	705,279
30/01/2017	3,70	0,06	18,18	0,30	3,70	0,06	0,10	0,00	705,269
22/02/2017	4,01	0,07	16,64	0,28	3,12	0,05	0,10	0,00	705,256
06/03/2017	6,65	0,11	16,64	0,28	4,01	0,07	0,10	0,00	705,338
23/03/2017	5,04	0,08	17,40	0,29	4,68	0,08	0,15	0,00	705,295
10/04/2017	3,12	0,05	15,90	0,26	3,12	0,05	0,15	0,00	705,35
18/04/2017	3,70	0,06	16,64	0,28	3,70	0,06	0,25	0,00	705,277
27/04/2017	6,22	0,10	18,18	0,30	6,22	0,10	0,30	0,01	705,123
08/05/2017	4,34	0,07	20,65	0,34	3,70	0,06	0,65	0,01	705,325
24/05/2017	4,34	0,07	25,18	0,42	3,70	0,06	0,35	0,01	705,264
23/06/2017	10,68	0,18	37,12	0,62	18,98	0,32	0,60	0,01	705,534
29/06/2017	5,42	0,09	15,18	0,25	3,12	0,05	0,30	0,01	705,349
06/07/2017	5,42	0,09	15,90	0,26	4,01	0,07	0,30	0,01	705,252
10/08/2017	7,09	0,12	17,40	0,29	5,04	0,08	2,40	0,04	705,302
04/09/2017	7,09	0,12	16,64	0,28	3,70	0,06	2,00	0,03	705,327
03/10/2017	7,55	0,13	16,64	0,28	3,70	0,06	0,80	0,01	705,33
06/11/2017	5,04	0,08	17,40	0,29	2,59	0,04	0,80	0,01	705,297
13/11/2017	12,49	0,21	35,92	0,60	18,18	0,30	0,50	0,01	705,732
04/12/2017	8,52	0,14	27,15	0,45	11,26	0,19	0,20	0,00	705,738
15/12/2017	4,68	0,08	15,90	0,26	3,70	0,06	0,20	0,00	705,362
28/12/2017	9,56	0,16	33,59	0,56	18,98	0,32	0,20	0,00	705,913
11/01/2018	7,55	0,13	26,16	0,44	11,87	0,20	0,15	0,00	705,652
22/01/2018	8,52	0,14	32,46	0,54	14,48	0,24	0,05	0,00	705,735
05/02/2018	3,70	0,06	14,48	0,24	4,34	0,07	0,00	0,00	705,395
20/02/2018	4,01	0,07	16,64	0,28	3,70	0,06	0,05	0,00	705,322
08/03/2018	2,85	0,05	19,80	0,33	3,70	0,06	0,00	0,00	705,242
22/03/2018	2,35	0,04	13,13	0,22	1,35	0,02	0,00	0,00	705,288
03/04/2018	2,35	0,04	13,13	0,22	3,70	0,06	0,10	0,00	705,327
04/05/2018	2,59	0,04	14,48	0,24	3,70	0,06	0,10	0,00	705,294

Data	MV 01		MV 02		MV 03		Percolação Fissura Jusante ⁽¹⁾		N.A. (m)
	(l/min)	(l/s)	(l/min)	(l/s)	(l/min)	(l/s)	(l/min)	(l/s)	
16/05/2018	3,40	0,06	16,64	0,28	4,01	0,07	0,30	0,01	705,296
08/06/2018	5,04	0,08	18,18	0,30	3,70	0,06	1,50	0,03	705,234
20/06/2018	3,70	0,06	16,64	0,28	3,70	0,06	2,00	0,03	705,294
28/06/2018	4,34	0,07	16,64	0,28	3,40	0,06	1,50	0,03	705,318
09/07/2018	5,04	0,08	14,48	0,24	2,85	0,05	1,50	0,03	705,299
02/08/2018	2,85	0,05	14,48	0,24	5,04	0,08	1,50	0,03	705,106
15/08/2018	4,34	0,07	15,18	0,25	5,04	0,08	1,50	0,03	705,134
31/08/2018	4,68	0,08	16,64	0,28	5,81	0,10	2,50	0,04	705,389
12/09/2018	4,01	0,07	15,18	0,25	6,22	0,10	2,50	0,04	705,222
20/09/2018	7,09	0,12	17,40	0,29	6,22	0,10	2,50	0,04	705,349
03/10/2018	4,01	0,07	15,90	0,26	5,42	0,09	2,00	0,03	705,337
23/10/2018	4,68	0,08	15,90	0,26	5,42	0,09	1,20	0,02	705,273
09/11/2018	2,59	0,04	15,18	0,25	4,34	0,07	0,30	0,01	705,204
23/11/2018	3,70	0,06	14,48	0,24	3,40	0,06	0,25	0,00	705,232
04/12/2018	3,40	0,06	15,18	0,25	4,68	0,08	0,10	0,00	705,321
11/12/2018	3,40	0,06	16,64	0,28	3,70	0,06	0,05	0,00	705,382
17/12/2018	2,59	0,04	13,13	0,22	4,68	0,08	0,00	0,00	705,243
03/01/2019	4,34	0,07	15,90	0,26	3,40	0,06	0,00	0,00	705,363
09/01/2019	4,34	0,07	13,79	0,23	3,70	0,06	0,05	0,00	705,335
17/01/2019	3,70	0,06	13,13	0,22	2,85	0,05	0,00	0,00	705,338
07/02/2019	3,40	0,06	13,79	0,23	3,12	0,05	0,00	0,00	705,399
21/02/2019	4,01	0,07	15,18	0,25	4,68	0,08	0,00	0,00	705,233
12/03/2019	2,85	0,05	14,48	0,24	4,34	0,07	0,00	0,00	705,23
26/03/2019	3,40	0,06	13,13	0,22	3,40	0,06	0,00	0,00	705,184
03/04/2019	2,85	0,05	12,49	0,21	2,13	0,04	0,00	0,00	705,266
15/04/2019	2,13	0,04	8,03	0,13	2,13	0,04	0,05	0,00	705,433
08/05/2019	3,40	0,06	15,18	0,25	3,70	0,06	0,15	0,00	705,387
16/05/2019	3,70	0,06	14,48	0,24	3,70	0,06	0,02	0,00	705,261
04/06/2019	18,98	0,32	58,04	0,97	32,46	0,54	0,30	0,01	706,402
17/06/2019	6,22	0,10	22,40	0,37	7,55	0,13	0,35	0,01	705,344
02/07/2019	5,04	0,08	15,18	0,25	4,68	0,08	0,35	0,01	705,26
02/08/2019	5,42	0,09	15,90	0,26	3,70	0,06	0,90	0,02	705,293
03/09/2019	7,09	0,12	15,90	0,26	4,34	0,07	2,40	0,04	705,336
20/09/2019	6,22	0,10	13,13	0,22	4,68	0,08	2,90	0,05	705,401
01/10/2019	6,65	0,11	13,13	0,22	3,40	0,06	1,20	0,02	705,36
15/10/2019	5,81	0,10	14,48	0,24	3,40	0,06	0,60	0,01	705,36
06/11/2019	5,42	0,09	13,79	0,23	3,70	0,06	0,20	0,00	705,344
19/11/2019	5,04	0,08	14,48	0,24	3,40	0,06	0,10	0,00	705,33
28/11/2019	3,40	0,06	15,18	0,25	4,01	0,07	0,10	0,00	705,332
19/12/2019	3,70	0,06	13,79	0,23	3,70	0,06	0,10	0,00	705,257
14/01/2020	2,35	0,04	11,87	0,20	2,85	0,05	0,00	0,00	705,291

Data	MV 01		MV 02		MV 03		Percolação Fissura Jusante ⁽¹⁾		N.A. (m)
	(l/min)	(l/s)	(l/min)	(l/s)	(l/min)	(l/s)	(l/min)	(l/s)	
21/01/2020	3,12	0,05	12,49	0,21	3,40	0,06	0,00	0,00	705,41
12/02/2020	1,35	0,02	11,26	0,19	1,71	0,03	0,00	0,00	705,414
27/02/2020	1,35	0,02	9,56	0,16	2,13	0,04	0,00	0,00	705,284
10/03/2020	2,35	0,04	9,56	0,16	4,68	0,08	0,00	0,00	705,374
26/03/2020	2,35	0,04	13,13	0,22	2,85	0,05	0,00	0,00	705,065
20/05/2020	4,68	0,08	16,64	0,28	2,13	0,04	1,40	0,02	705,126
26/06/2020	4,68	0,08	16,64	0,28	2,13	0,04	1,40	0,02	705,354
25/08/2020	13,13	0,22	42,16	0,70	16,64	0,28	1,40	0,02	705,653
14/09/2020	3,70	0,06	14,48	0,24	3,12	0,05	0,50	0,01	705,325
07/10/2020	3,70	0,06	15,90	0,26	2,85	0,05	0,00	0,00	705,454
15/12/2022	3,70	0,06	169,04	2,82	7,55	0,13	0,10	0,00	705,4
24/01/2023	2,13	0,04	15,90	0,26	3,40	0,06	0,10	0,00	705,1
16/02/2023	2,13	0,04	15,90	0,26	3,40	0,06	0,15	0,00	705,2
28/02/2023	4,34	0,07	23,30	0,39	12,49	0,21	0,15	0,00	705,76
15/03/2023	1,91	0,03	13,79	0,23	3,12	0,05	0,00	0,00	705,4
30/03/2023	1,91	0,03	13,13	0,22	2,59	0,04	0,00	0,00	705,4
06/04/2023	1,35	0,02	13,13	0,22	2,59	0,04	0,00	0,00	705,25
20/04/2023	4,01	0,07	27,15	0,45	15,90	0,26	0,30	0,01	705,9
08/05/2023	1,35	0,02	13,13	0,22	2,85	0,05	0,15	0,00	705,23
18/05/2023	1,35	0,02	12,49	0,21	2,59	0,04	0,30	0,01	705,1
06/06/2023	1,53	0,03	13,13	0,22	2,85	0,05	0,55	0,01	705,22
19/06/2023	1,71	0,03	14,48	0,24	3,40	0,06	0,65	0,01	705,27
06/07/2023	1,53	0,03	14,48	0,24	2,85	0,05	0,70	0,01	705,26
19/07/2023	13,13	0,22	43,48	0,72	28,17	0,47	1,00	0,02	705,8
04/08/2023	2,85	0,05	16,64	0,28	4,68	0,08	0,64	0,01	705,29
16/08/2023	2,13	0,04	15,18	0,25	3,40	0,06	0,70	0,01	705,25
06/09/2023	2,13	0,04	14,48	0,24	2,85	0,05	0,50	0,01	705,2
19/09/2023	2,13	0,04	15,18	0,25	2,85	0,05	0,50	0,01	705,18
03/10/2023	2,35	0,04	14,48	0,24	2,59	0,04	0,30	0,01	705,29
18/10/2023	10,68	0,18	47,58	0,79	28,17	0,47	0,60	0,01	706,16
07/11/2023	9,56	0,16	42,16	0,70	25,18	0,42	0,30	0,01	706,47
23/11/2023	5,04	0,08	24,23	0,40	13,79	0,23	0,25	0,00	705,7
01/12/2023	3,40	0,06	21,51	0,36	11,87	0,20	0,04	0,00	705,53
18/12/2023	1,53	0,03	13,13	0,22	3,12	0,05	0,04	0,00	705,35
08/01/2024	1,91	0,03	14,48	0,24	4,34	0,07	0,00	0,00	705,51
19/01/2024	1,53	0,03	13,13	0,22	2,85	0,05	0,02	0,00	705,29
05/02/2024	1,19	0,02	13,13	0,22	3,40	0,06	0,00	0,00	705,48
19/02/2024	1,04	0,02	12,49	0,21	2,85	0,05	0,00	0,00	705,3
04/03/2024	0,90	0,02	13,13	0,22	2,85	0,05	0,00	0,00	705,29
20/03/2024	1,53	0,03	15,18	0,25	4,34	0,07	0,00	0,00	705,45
04/04/2024	1,35	0,02	12,49	0,21	2,85	0,05	0	0	705,29

Data	MV 01		MV 02		MV 03		Percolação Fissura Jusante ⁽¹⁾		N.A. (m)
	(l/min)	(l/s)	(l/min)	(l/s)	(l/min)	(l/s)	(l/min)	(l/s)	
18/04/2024	1,53	0,03	18,18	0,30	7,55	0,13	0	0	705,44
07/05/2024	1,04	0,02	13,79	0,23	3,12	0,05	0,09	0,00	705,22
17/05/2024	0,90	0,02	11,87	0,20	2,35	0,04	0,14	0,00	705,24

Fonte: RPS Nova Engevix (2022).

c) Marcos Superficiais

Não constam tabelas e gráficos com o histórico das leituras dos marcos superficiais.

d) Medidores de Deformação Triortogonal

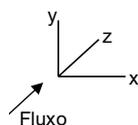
Foram instalados 19 (dezenove) medidores de deformação triortogonal na Barragem, conforme Quadro 1.10.

QUADRO 1.10
MEDIDORES DE DEFORMAÇÃO TRIORTOGONAL

Estrutura	Entre Blocos	Medidor	Deslocamento Horizontal ¹ (Mm)	Largura Média (M)
Barragem CCR	3 e 4	MD-01	4,00	16
	4 e 5	MD-02	3,13	12,5
	5 e 6	MD-03	2,75	11
	6 e 7	MD-04	3,63	14,5
	7 e 8	MD-05	4,00	16
	8 e 9	MD-06	4,50	18
	9 e 10	MD-07	4,50	18
	10 e 11	MD-08	4,50	18
	11 e 12	MD-09	4,50	18
	12 e 13	MD-10	4,50	18
	13 e 14	MD-11	4,50	18
	14 e 15	MD-12	4,50	18
	15 e 16	MD-13	4,50	18
	16 e 17	MD-14	4,13	16,5
	17 e 18	MD-15	4,13	16,5
	18 e 19	MD-16	4,50	18
	19 e 20	MD-17	4,50	18
	20 e 21	MD-18	4,13	16,5
	21 e 22	MD-19	3,75	15

Fonte: RPS Nova Engevix (2022).

NOTA: (1) Deformação no sentido perpendicular ao fluxo. Direção dos deslocamentos diferenciais.



X = abertura ou fechamento de junta.
 Y = recalque diferencial entre os blocos.
 Z = deslocamento diferencial horizontal entre os blocos.

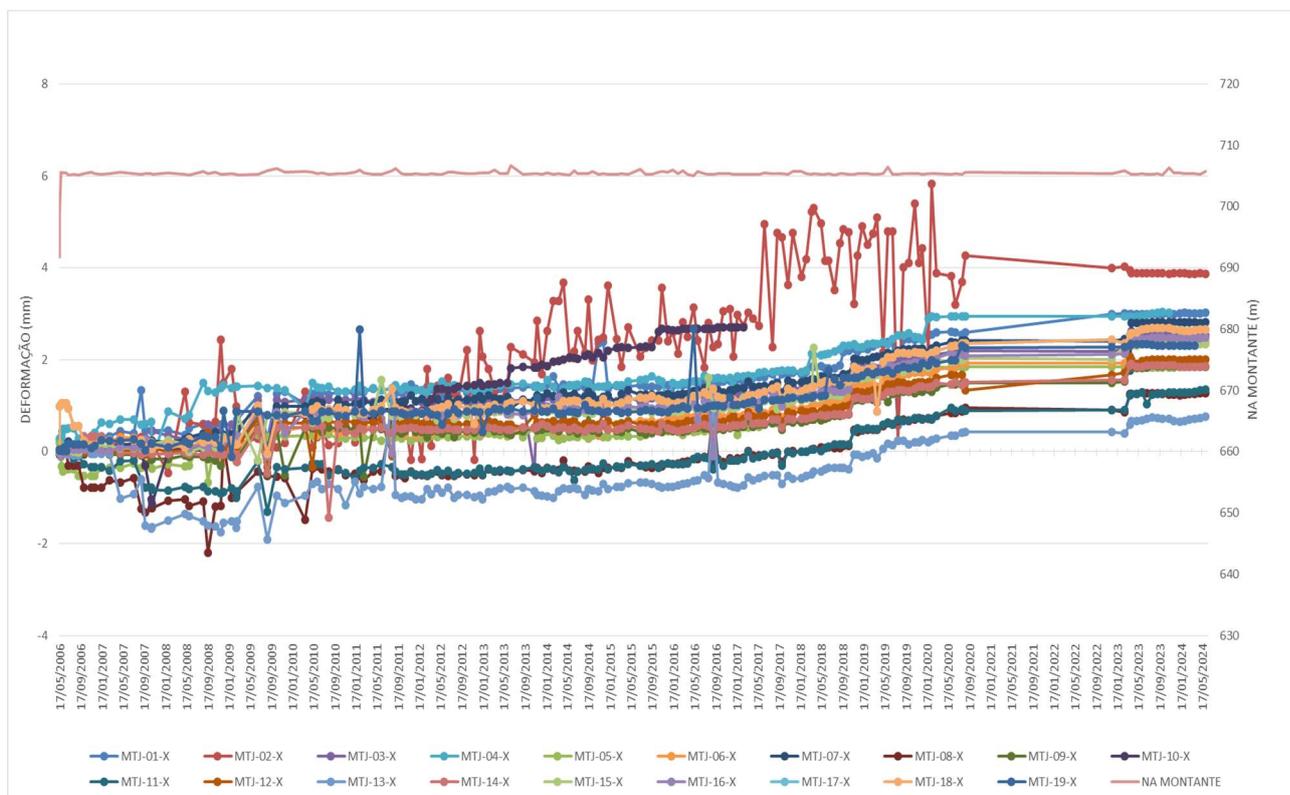
A seguir estão apresentados os gráficos do resumo das leituras nos eixos (X) de abertura ou fechamento de junta, (Y) de recalque diferencial entre os blocos e (Z) deslocamento diferencial horizontal entre os blocos.

Os gráficos indicam uma tendência de crescimento das leituras nos três eixos. Por se tratar de comportamento similar em todos os instrumentos e em todos os eixos, considera-se que essas leituras estejam associadas a troca de operador, aferição do relógio comparador, ou a qualquer outro fator externo que não foi computado.

É importante verificar se as leituras diferentes das médias persistem e se são consistentes com outros instrumentos, como os extensômetros por exemplo. Neste caso deve-se verificar os motivos causadores das deformações e adotar medidas corretivas ou mitigatórias para manter as deformações em patamares controláveis e estáveis.

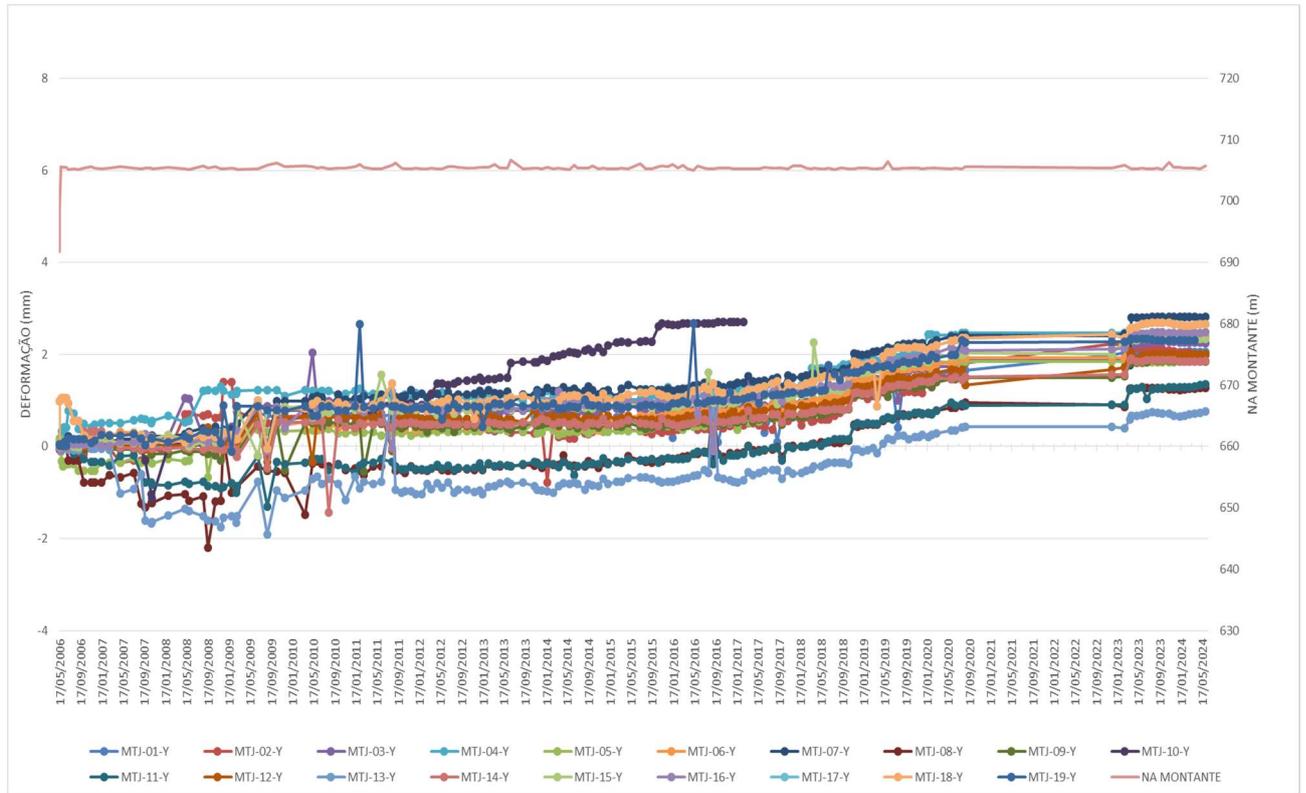
Da Figura 1.12 a Figura 1.14 são apresentadas as deformações nos eixos X, Y e Z dos medidores triortogonais instalados na barragem de CCR.

FIGURA 1.12
LEITURAS MEDIDOR TRIORTOGONAL – EIXO X - ABERTURA E FECHAMENTO DE JUNTA



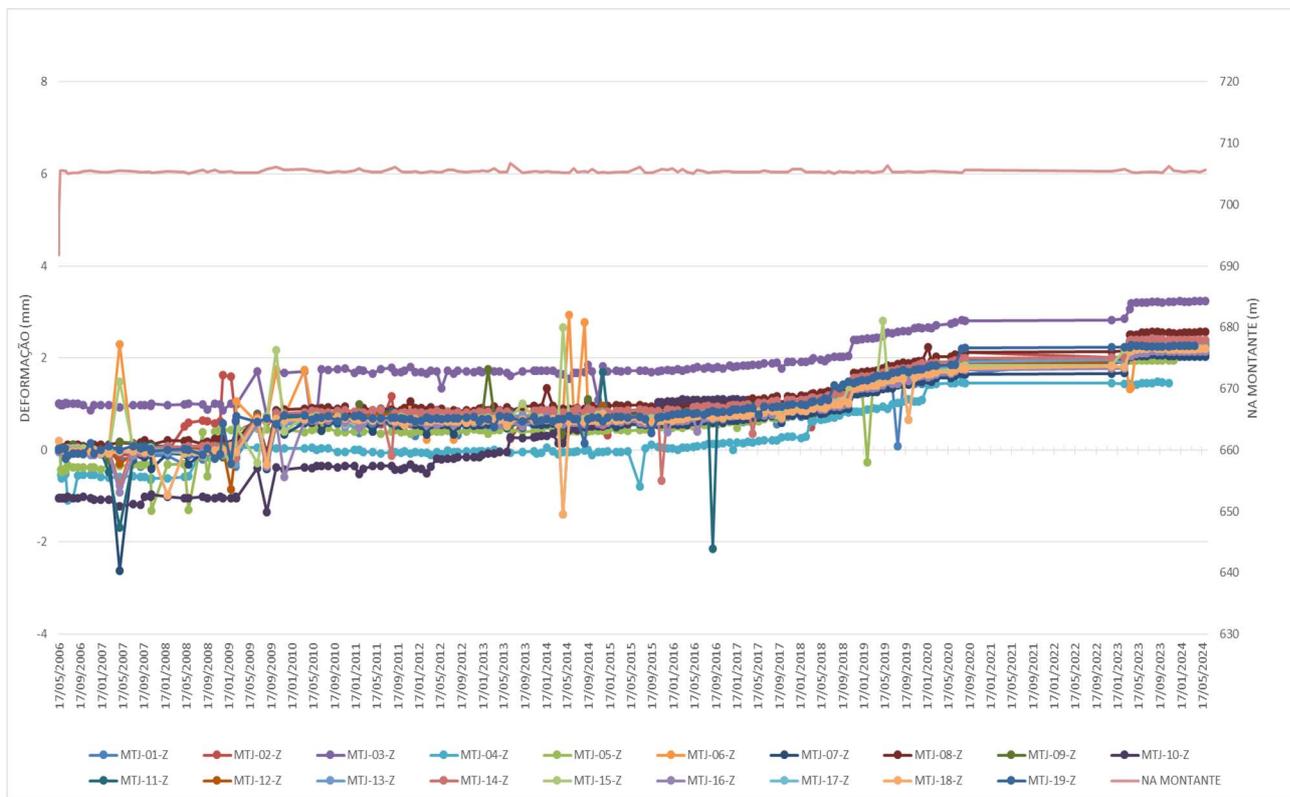
Fonte: RPS Nova Engenix (2022).

FIGURA 1.13
LEITURAS MEDIDOR TRIORTOGONAL – EIXO Y - RECALQUE DIFERENCIAL ENTRE BLOCOS



Fonte: RPS Nova Engevix (2022).

FIGURA 1.14
LEITURAS MEDIDOR TRIORTOGONAL – EIXO Z - DESLOCAMENTO DIFERENCIAL ENTRE BLOCOS



Fonte: RPS Nova Engevix (2022).

e) Piezômetros (Stand Pipe) – Barragem CCR

Foram instalados 42 (quarenta e dois) piezômetros na Barragem, conforme o Quadro 1.11. As informações dos instrumentos foram atualizadas conforme verificações realizadas em 2023. Somente os instrumentos dos blocos 17 e 20 não tiveram alteração nos seus dados de instalação adicionados nas planilhas de leituras

QUADRO 1.11
PIEZÔMETROS - BARRAGEM

Bloco	Piezômetro	Cota de topo (m)	Cota de Instalação (m)	Cota piso Galeria (m)	Inclinação (graus)	Altura (m)	Comp. (m)	Atenção (m.c.a)	Alerta (m.c.a)
Acesso	PSP-401	711,38	683,89		5	27,49	27,60	18,22	20,72
1	PSP-101	713,00	686,64		5	26,36	26,46	18,22	20,72
2	PSP-201	712,39	683,30		5	29,09	29,20	18,22	20,72
3	PSP-301	712,03	683,54		5	28,49	28,60	18,22	20,72
6	PSP-601	681,927	674,17	681,31	25	7,76	8,56	20,83	25,96
6	PSP-602	681,942	677,66	681,31	25	4,28	7,47	11,72	19,73
6	PSP-603	681,927	667,16	681,31	25	14,76	25,74	49,52	49,52
6	PSP-604	681,942	657,49	681,31	25	24,45	26,98	26,43	31,68
9	PSP-901	672,895	664,01	672,25	25	8,88	9,80	36,45	40,77
9	PSP-902	672,880	664,02	672,25	25	8,86	9,78	17,34	31,04

Bloco	Piezômetro	Cota de topo (m)	Cota de Instalação (m)	Cota piso Galeria (m)	Inclinação (graus)	Altura (m)	Comp. (m)	Atenção (m.c.a)	Alerta (m.c.a)
9	PSP-903	672,895	657,65	672,25	25	15,24	16,82	50,72	50,72
9	PSP-904	672,880	657,89	672,25	25	14,99	16,54	23,51	35,15
9	PSP-905	672,895	652,31	672,25	25	20,58	22,71	56,27	56,27
9	PSP-906	672,880	653,15	672,25	25	19,73	21,77	27,84	38,03
11	PSP-1101	672,905	664,76	672,25	25	8,15	8,99	38,17	41,77
11	PSP-1102	672,868	664,21	672,25	25	8,66	9,55	17,85	31,59
11	PSP-1103	672,905	657,19	672,25	25	15,72	17,34	51,37	51,37
11	PSP-1104	672,868	655,20	672,25	25	17,66	19,49	24,12	35,83
11	PSP-1105	672,905	647,32	672,25	25	25,59	28,23	59,32	59,32
11	PSP-1106	672,868	648,73	672,25	25	24,13	26,63	30,39	40,07
13	PSP-1301	672,925	664,92	672,25	25	8,00	8,83	33,82	39,06
13	PSP-1302	672,895	666,24	672,25	25	6,65	7,34	16,33	30,13
13	PSP-1303	672,925	661,13	672,25	25	11,79	13,01	51,02	51,02
13	PSP-1304	672,895	654,95	672,25	25	17,94	19,80	23,64	34,98
13	PSP-1305	672,925	648,27	672,25	25	24,65	27,20	59,27	59,27
13	PSP-1306	672,895	648,52	672,25	25	24,37	26,89	30,05	39,21
15	PSP-1501	677,380	668,10	676,77	25	9,28	10,24	31,13	34,89
15	PSP-1502	677,440	668,06	676,77	25	9,38	10,35	14,50	24,75
15	PSP-1503	677,380	656,46	676,77	25	20,92	23,08	50,32	50,32
15	PSP-1504	677,440	657,08	676,77	25	20,36	22,47	23,37	29,05
17	PSP-1701	685,75	678,50	685,80	25	9,18	10,13	22,31	24,96
17	PSP-1702	685,75	678,50	685,80	25	8,95	9,88	11,84	16,64
17	PSP-1703	685,75	657,20	685,80	25	27,24	30,06	50,22	50,22
17	PSP-1704	685,75	657,20	685,80	25	26,33	29,05	26,70	28,89
20	PSP-2001	685,75	684,00	689,40	21	8,61	9,20	13,24	17,91
20	PSP-2002	685,75	684,00	689,40	21	8,33	8,90	8,19	14,32
20	PSP-2003	685,75	670,90	689,40	21	17,69	18,89	35,89	36,18
20	PSP-2004	685,75	670,90	689,40	21	17,69	18,89	18,33	22,56
22	PSP-2201	711,50	700,53		5	10,97	11,01	18,22	20,72
23	PSP-2301	711,50	692,77		5	18,73	18,80	18,22	20,72
24	PSP-2401	711,88	682,76		5	29,12	29,23	18,22	20,72
25	PSP-2501	712,55	686,70		5	30,41	30,53	18,22	20,72

Fonte: RPS Nova Engevix (2022).

- PSP-101, PSP-201, PSP-301 e PSP-401

O piezômetro PSP-101 apresentou algumas leituras anômalas em 2014 e 2015, porém abaixo dos níveis de atenção e alerta. Recentemente (segundo semestre de 2023) foram realizadas melhorias e adequações, atualizando a cota de topo dos instrumentos e fazendo limpeza dos tubos e reparo de conexões. As obras podem refletir no comportamento dos instrumentos que devem ser acompanhados para identificação de eventuais tendências de aumento ou redução de leituras.

- PSP-601, PSP-602, PSP-603 e PSP-604

Os instrumentos apresentam-se dentro da normalidade, sendo observada perda de carga entre montante e jusante no contato concreto-rocha e nos instrumentos em profundidade. Após recentes adequações/melhorias, o PSP-601 passou a apresentar cota piezométrica superior dos seus similares de mesma posição em diferentes seções. O instrumento encontra-se abaixo dos níveis de controle estabelecidos e deve ser observada tendência de aumento da poropressão.

- PSP-901, PSP-902, PSP-903, PSP-904, PSP-905 e PSP-906

Todos registram leituras dentro da normalidade e abaixo dos limites de atenção e alerta. Os instrumentos do bloco apresentam constância no comportamento, com cotas piezométricas baixas em relação ao reservatório, indicando perda de carga favorável à estabilidade da estrutura.

- PSP-1101, PSP-1102, PSP-1103, PSP-1104, PSP-1105 e PSP-1106

Todos registram leituras dentro da normalidade e abaixo dos limites de atenção e alerta. Os instrumentos do bloco apresentam constância no comportamento, com cotas piezométricas baixas em relação ao reservatório, indicando perda de carga favorável à estabilidade da estrutura.

- PSP-1301, PSP-1302, PSP-1303, PSP-1304, PSP-1305 e PSP-1306

O PSP-1302 apresentou leituras acima do nível de atenção desde 2015. Segundo as observações da planilha de leituras, o instrumento passou por manutenção corretiva, adequações e melhorias. O comportamento do instrumento deve ser monitorado com cautela, verificando eventuais mudanças de comportamento.

Os demais piezômetros encontram-se dentro da normalidade.

- PSP-1501, PSP-1502, PSP-1503 e PSP-1504

Os instrumentos apresentam-se dentro da normalidade, sendo observada perda de carga entre montante e jusante no contato concreto-rocha e nos instrumentos em profundidade. O PSP-1501 apresenta cota piezométrica superior dos seus similares de mesma posição em diferentes seções. O instrumento encontra-se abaixo dos níveis de controle estabelecidos e deve ser observada tendência de aumento da poropressão.

- PSP-1701, PSP-1702, PSP-1703 e PSP-1704

Este conjunto de piezômetros apresenta valores abaixo dos níveis de atenção e alerta e possui leituras coerentes com um funcionamento normal.

- PSP-2001, PSP-2002, PSP-2003 e PSP-2004

O PSP-2001 apresenta cota piezométrica superior dos seus similares de mesma posição em diferentes seções. O instrumento encontra-se abaixo dos níveis de controle estabelecidos e deve ser observada tendência de aumento da poropressão.

- PSP-2201, PSP-2301, PSP-2401 e PSP-2501

Este conjunto de piezômetros, apesar de ter apresentado leituras anômalas em 2014 e 2016, aparentemente apresenta leituras coerentes, dentro dos níveis de atenção e alerta.

- Comentários gerais sobre os piezômetros:

Foram realizadas recentes melhorias nos instrumentos, corrigindo vazamento e trocando manômetros de alguns dispositivos. Tais reparos poderão refletir no comportamento dos instrumentos que deverão ser monitorados quanto às tendências de mudança de comportamento.

De maneira geral, os piezômetros indicam boas condições de fluxo na fundação, apontando para subpressão instalada, inferior à considerada nos estudos de estabilidade.

f) Extensômetros Múltiplos

Foram instalados 22 (vinte e dois) extensômetros múltiplos na Barragem, conforme apresentado Quadro 1.12.

QUADRO 1.12
EXTENSÔMETROS DA BARRAGEM DE CCR

Bloco	Extensômetro	Cota Piso Galeria (m)	Inclinação (graus)	Altura (m)	Comprimento (m)
6	EM-601	681,31	15	6,93	7,17
6	EM-602	681,31	15	6,84	7,08
6	EM-603	681,31	15	17,31	17,92
6	EM-604	681,31	15	17,31	17,92
6	EM-605	681,31	15	28,41	29,41
6	EM-606	681,31	15	28,41	29,41
11	EM-1101	672,25	15	8,03	8,32
11	EM-1102	672,25	15	7,83	8,11
11	EM-1103	672,25	15	16,25	16,82
11	EM-1104	672,25	15	16,25	16,82
11	EM-1105	672,25	15	24,20	25,05
11	EM-1106	672,25	15	24,20	25,05
15	EM-1501	676,77	15	8,43	8,73
15	EM-1502	676,77	15	8,59	8,89
15	EM-1503	676,77	15	13,27	13,74
15	EM-1504	676,77	15	13,27	13,74
15	EM-1505	676,77	15	24,67	25,54
15	EM-1506	676,77	15	24,67	25,54
20	EM-2001	685,75	15	8,61	8,91
20	EM-2002	685,75	15	8,33	8,62
20	EM-2003	685,75	15	18,50	19,15
20	EM-2004	685,75	15	18,50	19,15

Fonte: RPS Nova Engevix (2022).

Os extensômetros são instrumentos cujo cálculo de valores de atenção e alerta não é tão simples. Existem muitos fatores de difícil avaliação que influenciam nos valores das leituras: temperatura, retração por temperatura e perda d'água, deformação do concreto, deformação da estrutura e movimentação frente aos esforços de enchimento do lago, os quais influenciam não somente a barragem, mas também a sua fundação.

Os extensômetros em questão, apesar de eventualmente apresentarem leituras aparentemente anômalas, sempre retornaram a sua tendência média de leituras habituais. Outro ponto que se aconselha cautela é na interpretação de dados dos extensômetros, já que as leituras possuem pequenas magnitudes que podem ser afetadas pela troca do operador e por aferição do instrumento.

A Figura 1.15 a Figura 1.18 apresentam o histórico de leituras dos extensômetros instalados na Barragem de CCR.

FIGURA 1.15
EXTENSÔMETROS MÚLTIPLOS – BLOCO 6 – BARRAGEM CCR

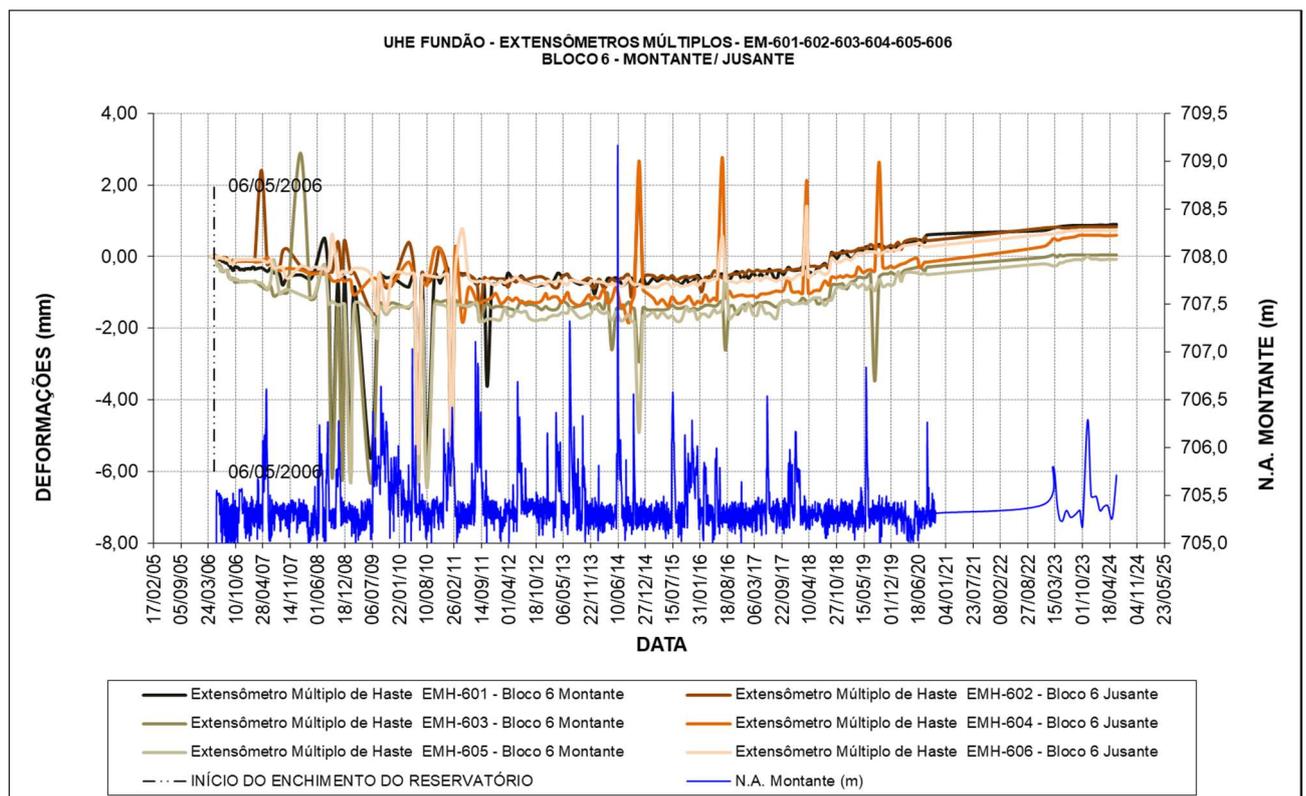


FIGURA 1.16
EXTENSÔMETROS MÚLTIPLOS – BLOCO 11 – BARRAGEM CCR

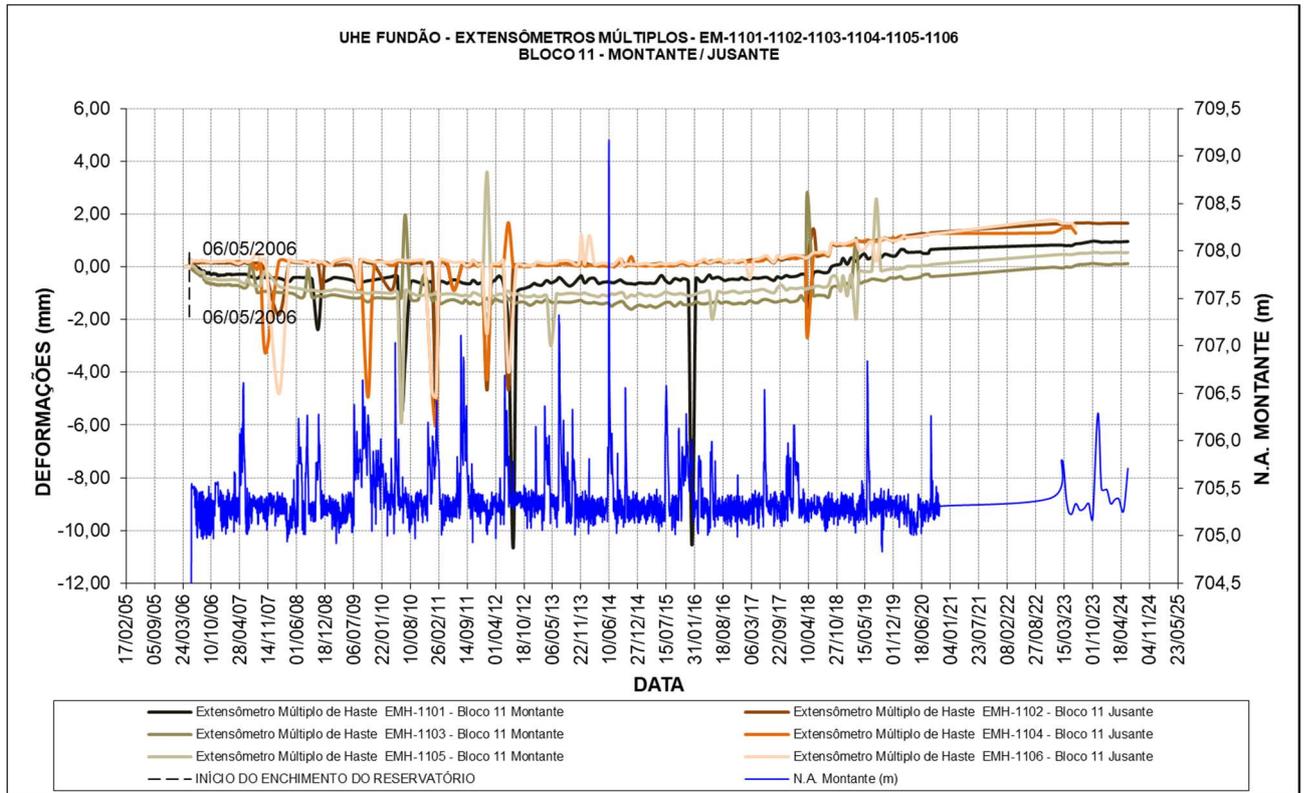


FIGURA 1.17
EXTENSÔMETROS MÚLTIPLOS – BLOCO 15 – BARRAGEM CCR

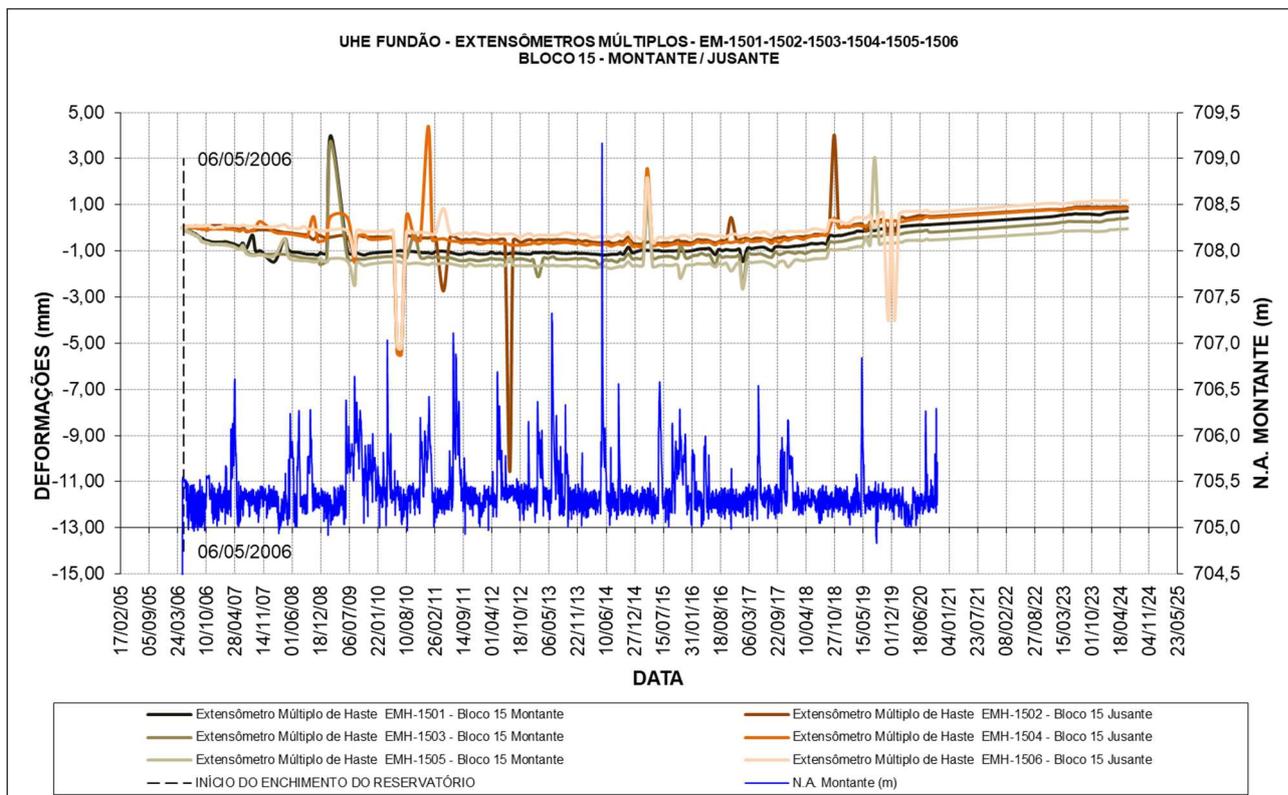
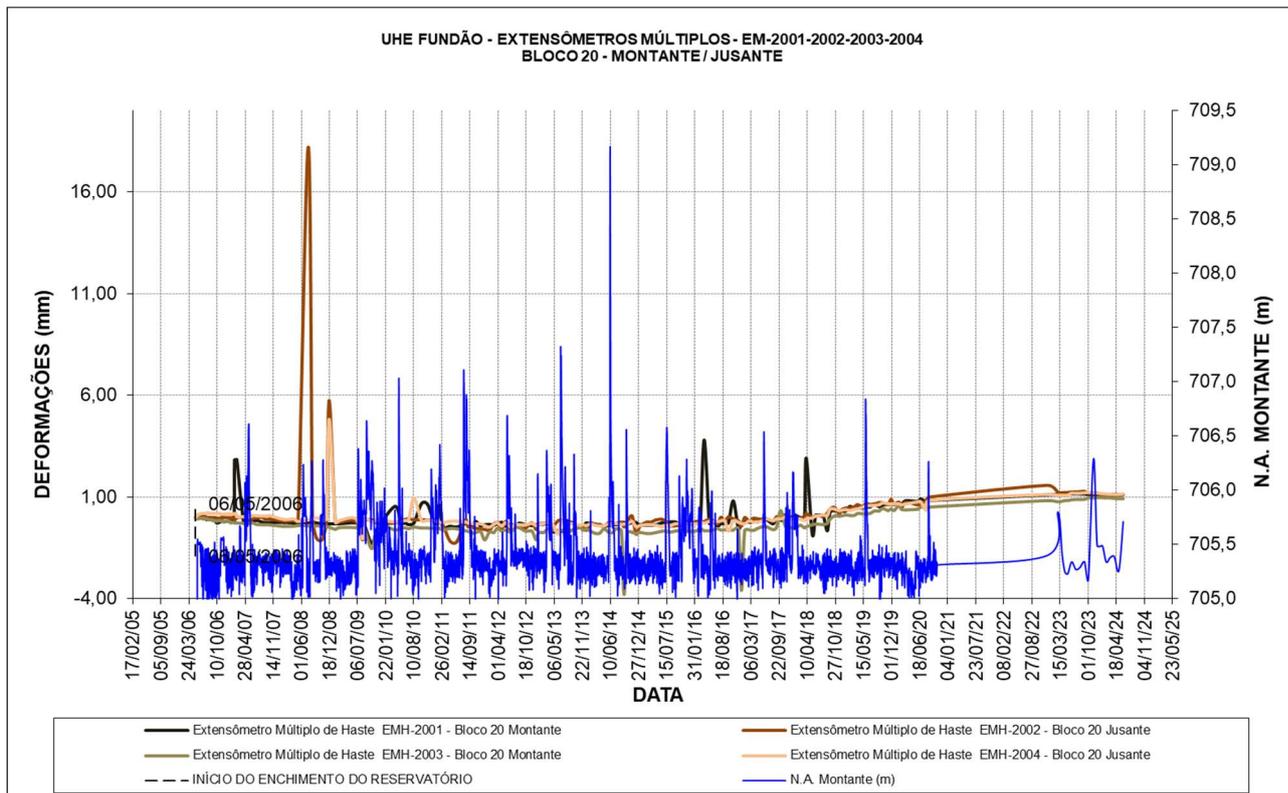


FIGURA 1.18
EXTENSÔMETROS MÚLTIPLOS – BLOCO 20 – BARRAGEM CCR



g) Termômetros Elétricos

A função dos termômetros é principalmente servir como mais um dado de estudo e uma informação a mais a ser considerada no caso do aparecimento de algum problema como uma trinca, por exemplo, que normalmente aparece durante e logo após o período de enchimento do lago e resfriamento do concreto. Ao longo do tempo os termômetros tendem a estabilizar e o acompanhamento das leituras perde sua importância.

h) Drenos Galeria

Os drenos da galeria de drenagem registram valores de vazão dentro do esperado de fundações de barragem de concreto segundo a bibliografia. As maiores contribuições são advindas da fundação, como pode ser observado na Figura 1.20. Os drenos devem passar por limpeza e manutenção periódica para que se assegure a operacionalidade do sistema.

FIGURA 1.19
COMPORTAMENTO SOMADO DOS DRENOS POR ORIGEM DA VAZÃO

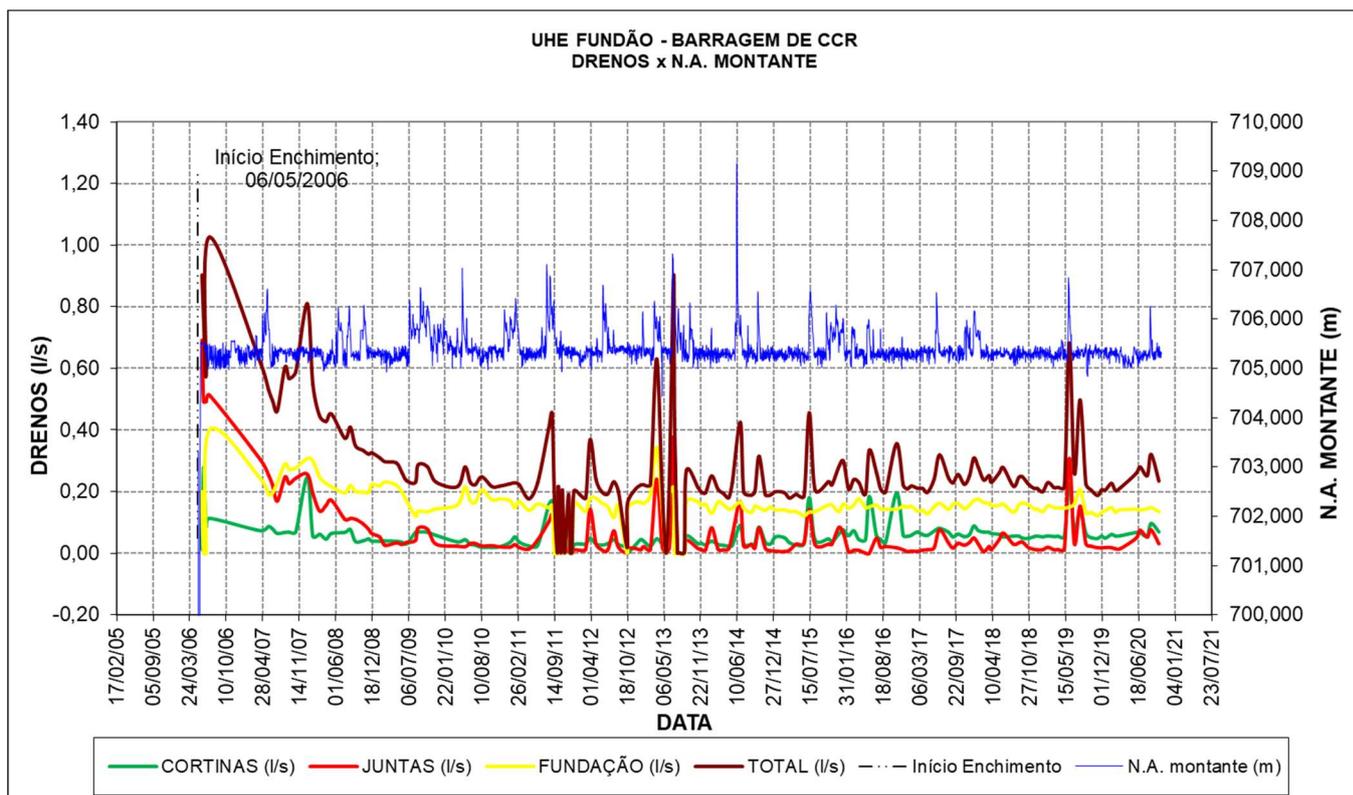
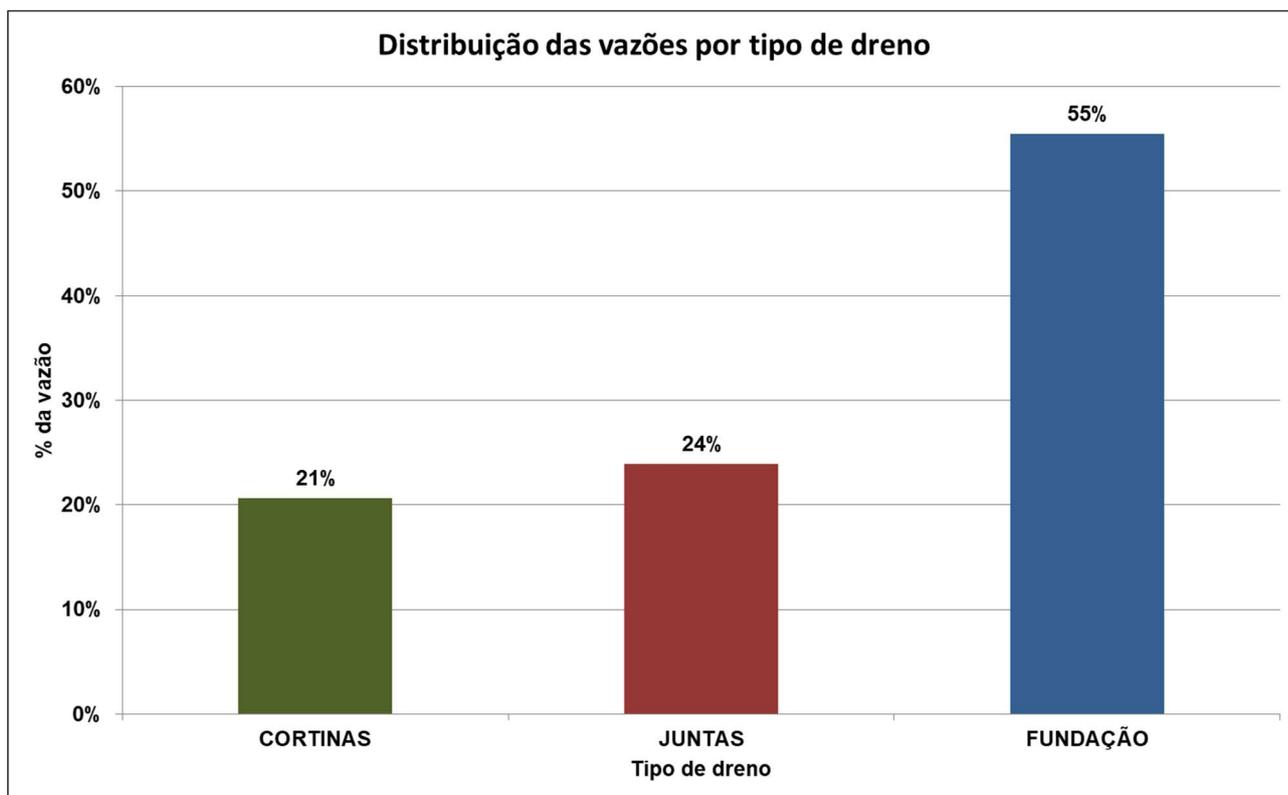


FIGURA 1.20
PERCENTUAIS DE CONTRIBUIÇÃO DE VAZÃO



i) Piezômetros (Stand Pipe) – Conduto Forçado

Foram instalados 6 (seis) piezômetros nos Condutos Forçados, conforme Quadro 1.13.

QUADRO 1.13
INSTALAÇÃO INSTRUMENTAÇÃO CASA DE FORÇA

	Cota de topo (m)	Cota de Instalação (m)	Comprimento (m)	Altura (m)	Inclinação (graus)	Cota piso Galeria (m)	Cota Topo Rochoso (m)
PZC-1	621,094	607,41	14,17	13,69	15	621,020	653,00
PZC-2	620,954	601,18	20,47	19,77		620,830	653,00
PZC-3	621,064	608,43	13,08	12,63		620,970	653,00
PZC-4	620,834	604,42	17,47	16,42	20	620,510	650,30
PZC-5	620,804	603,35	18,57	17,45		620,500	650,30
PZC-6	620,850	604,41	17,50	16,44		620,520	650,30

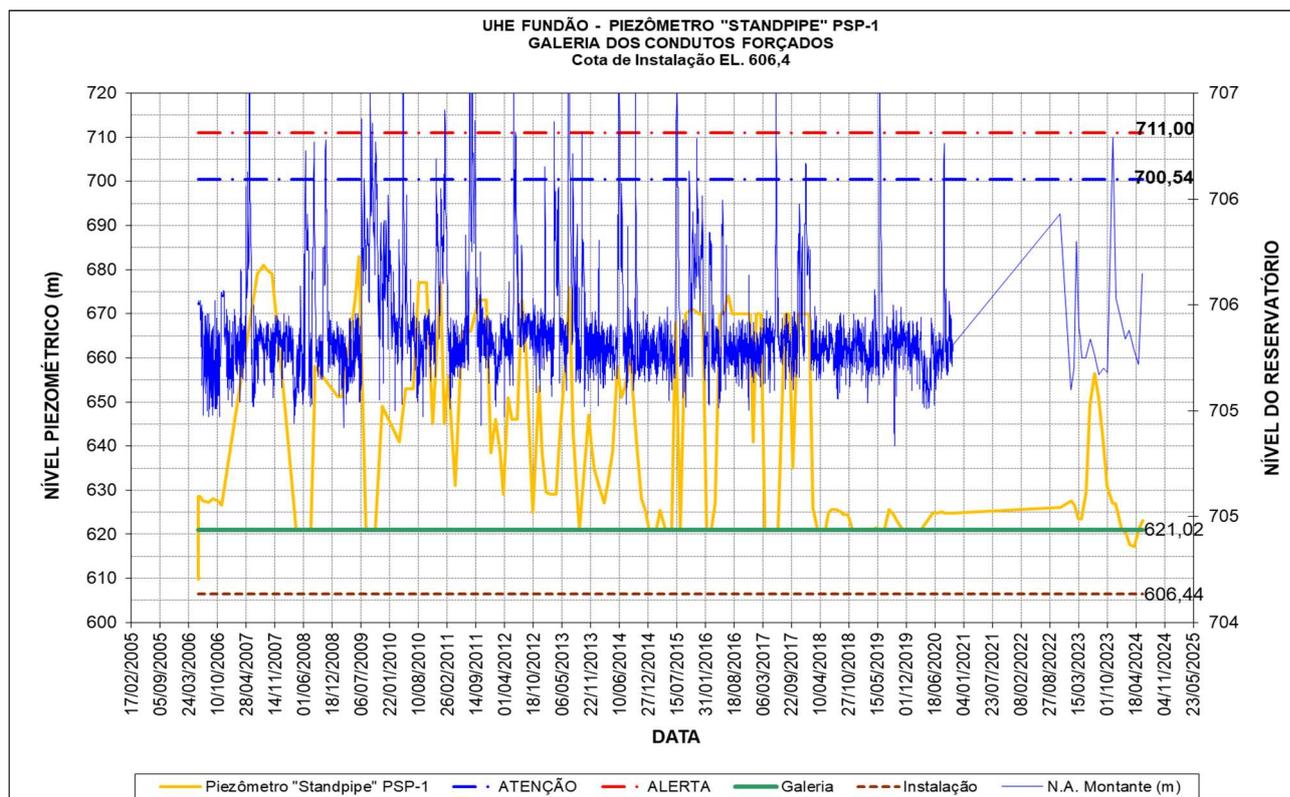
Os Piezômetros PSP-1, PSP-2 e PSP-3 estão localizados a montante da área blindada e da cortina de drenagem.

Os Piezômetros PSP-4, PSP-5 e PSP-6 estão localizados na área blindada e a jusante da cortina de drenagem.

- PSP-1

As leituras do PSP-1, com variações acentuadas, indicam que existe um sistema de drenagem que ora está operando, quando as leituras manométricas indicam zero, e ora não está operando, quando apresenta leituras manométricas positivas. Para que se possa verificar a cota piezométrica quando a leitura manométrica é zero, deve-se retirar o manômetro e executar a leitura com o tubo aberto, da mesma forma que foram feitas as leituras 1, 2, e 3 no início do enchimento. A Figura 1.21 demonstra o comportamento anômalo do instrumento.

FIGURA 1.21
PIEZÔMETRO - PSP-1



- PSP-2 e PSP-3

Estes piezômetros apresentam leituras com valor zero, indicando que o piezômetro está operando sem pressão. A água deve estar sendo medida na boca do tubo. Quando o valor lido no manômetro for zero, deve-se retirar o manômetro e fazer a leitura com Pio. O comportamento é estável e está mantido em níveis confortáveis considerando os valores de atenção e alerta.

- PSP-4, PSP-05 e PSP-6

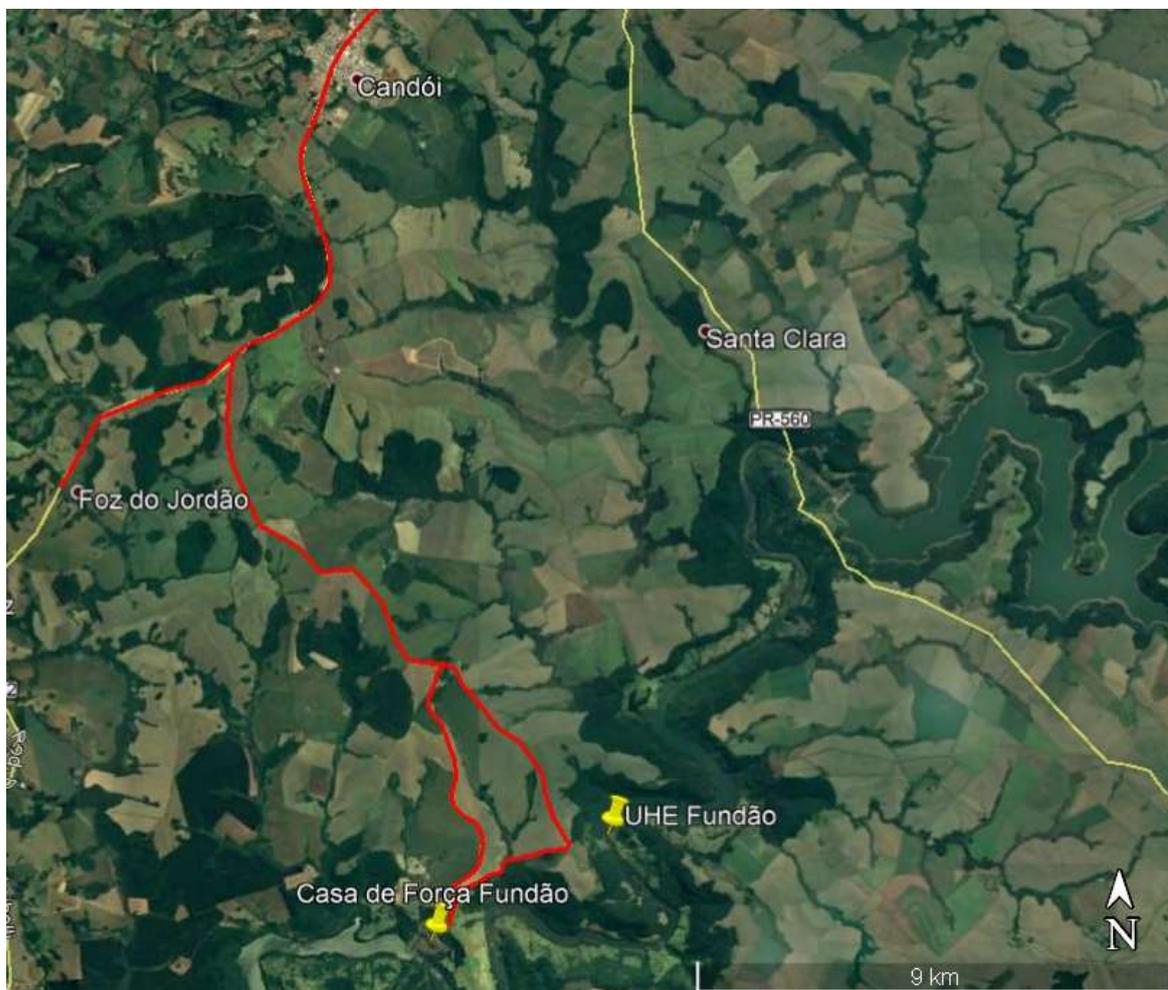
Esses piezômetros apresentam leituras estabilizadas e em valores bem abaixo dos níveis de atenção e alerta. Nenhuma providência é necessária quanto a esses instrumentos.

1.4 - Áreas do Entorno das Instalações e Acessos à Barragem

O acesso à barragem é feito por meio de estradas vicinais subordinadas à BR-373, no sentido norte-sul. A UHE de Fundão dista aproximadamente 12 km da cidade de Foz do

Jordão e por volta de 20 km de Candói. O acesso à UHE de Fundão e sua casa de força associada estão demarcados em vermelho na Figura 1.22.

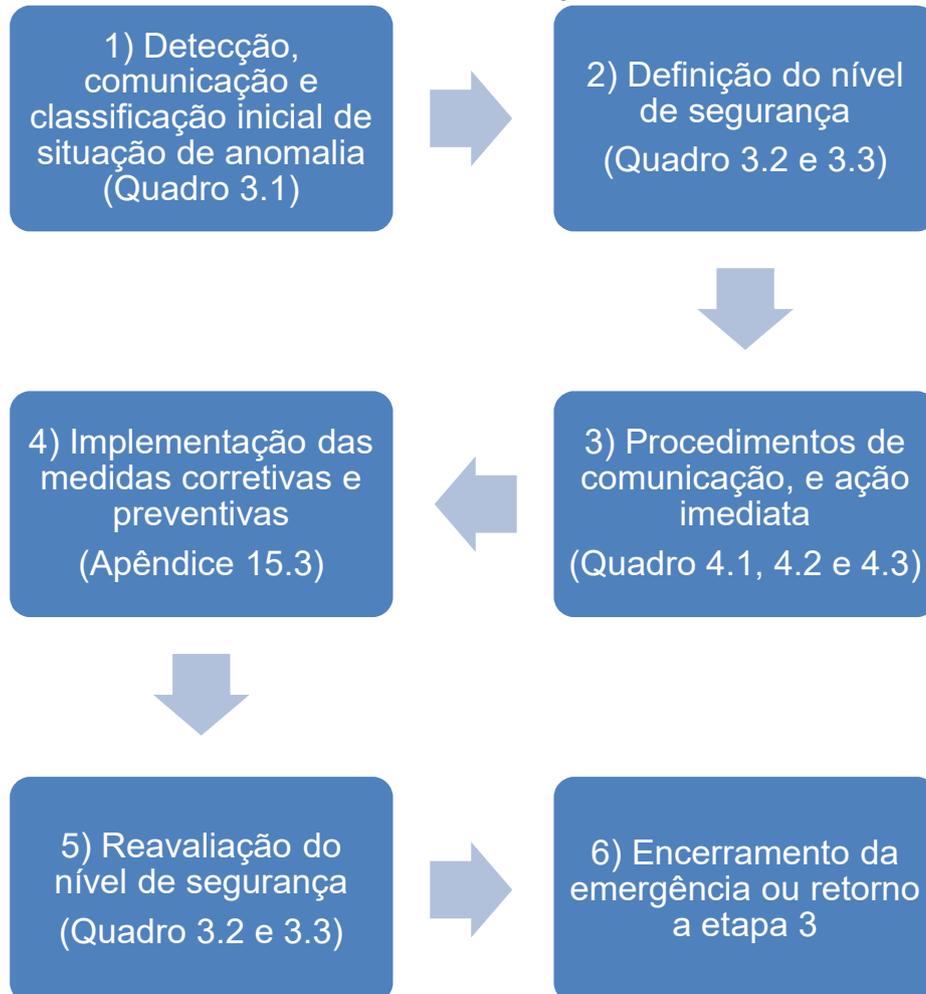
FIGURA 1.22
ACESSO A UHE FUNDÃO



2 - UTILIZAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS PREVISTOS NO PAE

Os procedimentos previstos no PAE da UHE Fundão estão expostos na Figura 2.1.

FIGURA 2.1
PROCESSO DAS AÇÕES DO PAE



3 - PROCEDIMENTOS DE IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DAS POSSÍVEIS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA

3.1 - Detecção e Avaliação Inicial de Situação Anormal

Os procedimentos de detecção comunicação e classificação inicial das situações anormais são apresentados no Quadro 3.1.

QUADRO 3.1
PROCEDIMENTOS DE DETECÇÃO COMUNICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO INICIAL DE SITUAÇÃO ANORMAL

SITUAÇÃO	O QUE FAZER	QUEM	QUANDO	COMO
Detecção da situação anormal pela Usina – Ruptura Repentina	Comunicar: 1 – Operação da Usina	Observador	Após ocorrência constante nos (Quadro 3.2 e 3.3)	Via telefone – ver contatos (Apêndice 15.2)
	Comunicar: 1 - Coordenador do PAE	Operação da Usina	Após identificação de ocorrência constante no (Quadro 3.2 e 3.3)	Via telefone – ver contatos (Apêndice 15.2)
	Declarar e Notificar 1 - Emergência (Quadro 4.3) Comunica e Mobiliza: GGI, GGL e Brigada de Emergência	Coordenador do PAE	Após confirmação da ruptura	Declaração e Notificação (Apêndice 15.4) Via telefone – ver contatos (Apêndice 15.2)
	Registra: todas as observações e ações	Coordenador do PAE	Após ocorrência	Relatório de registros
Detecção da situação anormal pela Usina	Comunicar: 1 – Operação da Usina	Observador	Após ocorrência constante no (Quadro 3.2 e 3.3)	Via telefone – ver contatos (Apêndice 15.2)
	Comunicar: 1 - Coordenador do PAE	Operação da Usina	Após identificação de ocorrência constante no (Quadro 3.2 e 3.3)	Via telefone - ver contatos (Apêndice 15.2)
	Comunicar: 1 – Segurança de Barragens e / ou 2 - Hidrologia	Coordenador do PAE	Após confirmação da identificação de ocorrência constante no (Quadro 3.2 e 3.3)	Via telefone - ver contatos (Apêndice 15.2)
	Tomada de decisão: 1 - Avalia a informação e define o Nível de Segurança	Coordenador do PAE e Segurança de Barragens e Hidrologia	Após comunicação do Coordenador do PAE à Segurança de Barragens e Hidrologia	Monitoramento estrutural e/ou Monitoramento hidrológico
	Declarar ou Notificar 1 - Nível Normal, ou 2 - Nível Atenção (Quadro 4.1), ou 3 - Nível Alerta (Quadro 4.2), ou 4 - Emergência (Quadro 4.3)	Coordenador do PAE	Após definição do Nível de Segurança	Via telefone - ver contatos (Apêndice 15.2) Notificação e/ou Declaração (Apêndice 15.4)
	Registra: todas as observações e ações	Coordenador do PAE	Após definição do Nível de Segurança	Relatório de registros
Detecção da situação anormal pelo	Comunicar: 1 - Hidrologia	Operação em Tempo Real	Após ocorrência constante no (Quadro 3.2 e 3.3)	Via telefone – ver contatos (Apêndice 15.2)
	Comunicar: 1 - Coordenador do PAE 2 - Segurança de Barragens	Hidrologia	Após identificação de ocorrência constante no (Quadro 3.2 e 3.3)	Via telefone – ver contatos (Apêndice 15.2)

SITUAÇÃO	O QUE FAZER	QUEM	QUANDO	COMO
Monitoramento Hidrológico	Tomada de decisão: 1 - Avalia a informação e define o Nível de Segurança	Coordenador do PAE e Segurança de Barragens e Hidrologia	Após comunicação Segurança de Barragens ou Hidrologia ao Coordenador do PAE	Monitoramento estrutural e/ou Monitoramento hidrológico
	Declarar ou Notificar 1 - Nível Normal, ou 2 - Nível Atenção (Quadro 4.1), ou 3 - Nível Alerta (Quadro 4.2), ou 4 - Emergência (Quadro 4.3)	Coordenador do PAE	Após definição do Nível de Segurança	Via telefone - ver contatos (Apêndice 15.2) Notificação e/ou Declaração (Apêndice 15.4)
	Registra: todas as observações e ações	Coordenador do PAE	Após definição do Nível de Segurança	Relatório de registros
Deteção da situação anormal pelo Monitoramento Estrutural	Comunicar: 1 - Coordenador do PAE 2 – Hidrologia	Segurança de Barragens	Após identificação de ocorrência constante no (Quadro 3.2 e 3.3)	Via telefone – ver contatos (Apêndice 15.2)
	Tomada de decisão: 1 - Avalia a informação e define o Nível de Segurança	Coordenador do PAE e Segurança de Barragens e Hidrologia	Após comunicação Segurança de Barragens ou Hidrologia ao Coordenador do PAE	Monitoramento estrutural e/ou Monitoramento hidrológico
	Declarar ou Notificar 1 - Nível Normal, ou 2 - Nível Atenção (Quadro 4.1), ou 3 - Nível Alerta (Quadro 4.2), ou 4 - Emergência (Quadro 4.2)	Coordenador do PAE	Após definição do Nível de Segurança	Via telefone - ver contatos (Apêndice 15.2) Notificação e/ou Declaração (Apêndice 15.4)
	Registra: todas as observações e ações	Coordenador do PAE	Após definição do Nível de Segurança	Relatório de registros

3.2 - Caracterização dos Níveis de Segurança

A caracterização dos níveis de segurança é apresentada no Quadro 3.2.

QUADRO 3.2
CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA

NÍVEL DE SEGURANÇA	SITUAÇÕES
NORMAL (Nível 0 – Verde)	<p>Quando não houver anomalias ou as que existirem não comprometerem a segurança da barragem, mas que devem ser controladas e monitoradas ao longo do tempo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Probabilidade de acidente muito baixa; - Corresponde a ações de monitoramento rotineiro; - São situações estáveis ou que se desenvolvem muito lentamente no tempo e que podem ser ultrapassadas sem consequências nocivas no vale a jusante; - Podem ser controladas pelo Empreendedor
ATENÇÃO (Nível 1 – Amarelo)	<p>Quando as anomalias não comprometerem a segurança da barragem no curto prazo, mas exigirem monitoramento, controle ou reparo ao decurso do tempo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Probabilidade de acidente baixa; - Plano de Segurança da Barragem – revisão do monitoramento rotineiro e realização de estudos e/ou ações corretivas de anomalias programadas ao longo do tempo e que não comprometem a segurança estrutural no curto prazo; - A situação tende a progredir lentamente, permitindo a realização de estudos para apoio à tomada de decisão; - Existe a convicção de ser possível controlar a situação; - O fluxo de notificações é apenas interno.
ALERTA (Nível 2 – Laranja)	<p>Quando as anomalias representam risco à segurança da barragem, exigindo providências para manutenção das condições de segurança:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Probabilidade de acidente moderada; - Obriga a um estado de prontidão na barragem onde serão necessárias as medidas preventivas e corretivas previstas e os recursos disponíveis para evitar um acidente; - Espera-se que ações a serem tomadas evitem a ruptura, mas pode sair do controle; - Eventual rebaixamento do reservatório (depende da avaliação técnica) - envolvendo coordenação com os demais empreendedores de barragens da cascata; - O fluxo de notificações é apenas interno, a menos que sejam necessárias descargas preventivas ou o rebaixamento do reservatório; - Existe a possibilidade de a situação se agravar, com potenciais efeitos perigosos no vale a jusante; - Deve ser avaliada a necessidade de acionamento das ações externas do PAE.
EMERGÊNCIA (Nível 3 – Vermelho)	<p>Quando as anomalias representem risco de ruptura, exigindo providências para prevenção e mitigação de danos humanos e materiais:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Probabilidade de acidente elevada e iminente; - Cenário excepcional e de alerta geral; - Esvaziamento/Rebaixamento do reservatório depende da avaliação técnica da situação; - Entende-se que a segurança do vale à jusante está gravemente ameaçada e será necessário acionar os procedimentos de comunicação e notificação externos previstos no PAE para iminente ruptura; - Alertar a ZAS e ZSS (se aplicável); - A Defesa Civil deverá evacuar a população; - Evacuação necessária interna e externamente.

3.3 - Procedimentos de Identificação de Mau Funcionamento ou Condições Potenciais de Ruptura

Os procedimentos de identificação de mau funcionamento ou condições de potencial ruptura são apresentados no Quadro 3.3.

**QUADRO 3.3
DEFINIÇÃO DO NÍVEL DE SEGURANÇA E RESPECTIVO PROCEDIMENTO DE AÇÃO CONFORME OCORRENCIA**

OCORRÊNCIA EXCEPCIONAL OU ANÔMALA		CENÁRIOS POSSÍVEIS	NÍVEL DE SEGURANÇA
Instrumentação		Falta de dados de observação	Normal
		Constatação de dados anômalos da instrumentação de auscultação conforme níveis de segurança estabelecidos nos manuais de monitoramento	Normal
		Confirmação de comportamento anômalo da estrutura	Atenção
Anomalias estruturais na barragem e ombreiras	Trincas	Trincas estáveis, documentadas e monitoradas	Normal
		Trincas superficiais	
		Presença de trincas transversais e/ou longitudinais profundas não documentadas e/ou monitoradas: - que não se estabilizam; - passantes ou não de montante para jusante; - com percolação de água ou não	Atenção
	Deslocamentos	Deslocamentos sazonais (inverno e verão), estáveis, documentados e monitorados;	Normal
		Deslocamentos não sazonais: - não documentados e/ou monitorados; - que não se estabilizam; - causam trincas na estrutura.	Atenção
	Surgências (Áreas Atenção encharcadas ou água surgindo)	Surgência de água próxima à barragem, no paramento de jusante ou ombreiras: - não documentada e/ou não monitorada; - fluxo de água com carreamento de materiais de origem desconhecida; - aumento das infiltrações com o tempo; - fluxo de água com pressão.	Atenção
	Vazamentos (fluxo de água intenso)	Vazamentos não documentados e considerados controláveis	
		Vazamentos incontroláveis com erosão interna em andamento	Alerta
	Obstrução do sistema de drenagem da fundação	Elevação da subpressão atuante na fundação da barragem	Atenção
	Cheias	Nível de água no reservatório	Nível de água abaixo ou igual ao Máximo Normal
Perda do sistema de monitoramento			
Nível de água entre o Máximo Normal e o Máximo Maximorum			Atenção
Nível de água acima do Máximo Maximorum			Emergência
Falha dos sistemas de comunicação	Impossibilidade de comunicação (usina isolada)		
	Impossibilidade de comunicação com a ZAS	Atenção	
Falhas em outras barragens da cascata	Barragens a jusante e / ou montante	Alerta	

OCORRÊNCIA EXCEPCIONAL OU ANÔMALA	CENÁRIOS POSSÍVEIS	NÍVEL DE SEGURANÇA
Ruptura da Barragem	- Deslizamento e/ou tombamento parcial ou total da barragem - Abertura de brecha na estrutura com descarga incontrolável de água - Colapso completo da estrutura	Emergência

4 - PROCEDIMENTOS PREVENTIVOS E CORRETIVOS A SEREM ADOTADOS EM SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA

No Quadro 4.1 são apresentados os procedimentos de comunicação e ações em situação de atenção. No Quadro 4.2 são apresentados os procedimentos de comunicação e ações em situação de alerta e no Quadro 4.3 são apresentados os procedimentos de comunicação e ações em situação de emergência.

**QUADRO 4.1
PROCEDIMENTOS DE COMUNICAÇÃO E DE AÇÃO IMEDIATA EM SITUAÇÃO DE ATENÇÃO**

O QUE FAZER	QUEM	QUANDO	COMO
Comunicar: GGL, GGI, GGC	Coordenador do PAE	Após definição do Nível de Atenção	Via telefone – ver contatos (Apêndice 15.2)
Ações de Resposta: Implementar medidas preventivas e corretivas conforme o tipo de ocorrência identificado	GGI GGL BE	Após definição do Nível de Atenção	Seguir procedimentos propostos no (Apêndice 15.3)
Verifica-se: 1 - As medidas implementadas têm resultado (ou se a ocorrência deixa de constituir ameaça) e se a situação de perigo retrocede para o nível normal 2 - A situação de perigo evolui para o nível de alerta ou emergência	GGI GGL	Após implementação das ações de resposta	Avaliação estrutural e/ou avaliação hidrológica
Registra: todas as observações e ações Comunicar e notificar: Todos os envolvidos	GGI	Ao final do Nível de Atenção	Relatório de registros Via telefone – ver contatos (Apêndice 15.2) Notificação (Apêndice 15.4)

QUADRO 4.2
PROCEDIMENTOS DE COMUNICAÇÃO E DE AÇÃO IMEDIATA EM SITUAÇÃO DE ALERTA

O QUE FAZER	QUEM	QUANDO	COMO
Comunicar: GGL, GGI, GGC Mobilizar: GGL e GGI	Coordenador do PAE	Após definição do Nível de Alerta	Via telefone – ver contatos (Apêndice 15.2)
Ações de Resposta: Implementar medidas preventivas e corretivas conforme o tipo de ocorrência identificado	GGI GGL BE	Após definição do Nível de Alerta	Seguir procedimentos propostos no (Apêndice 15.3)
Verifica-se: 1 - As medidas implementadas têm resultado (ou se a ocorrência deixa de constituir ameaça) e se a situação de perigo retrocede para o nível atenção ou normal 2 - A situação de perigo evolui	GGI GGL	Após implementação das ações de resposta	Avaliação estrutural e/ou Avaliação hidrológica
Mobilizar (situação evolui): GGC Comunicar e notificar: Usinas da cascata, prefeituras, corpo de bombeiros, Defesa Civil Municipal	GGI	Após constatação da tendência de evolução do nível de alerta	Via telefone – ver contatos (Apêndice 15.2) Notificação (Apêndice 15.4)
Comunicar e notificar: Agentes externos envolvidos: comando da Defesa Civil, imprensa	GGC	Após mobilização do GGC	Via telefone – ver contatos (Apêndice 15.2) Notificação (Apêndice 15.4)
Verifica-se: 1 - As medidas implementadas têm resultado e a situação de perigo retrocede para o nível atenção 2 - A situação de perigo evolui para situação de emergência	GGI GGL GGC	Após comunicação e notificação dos agentes externos	Reavaliação estrutural e/ou reavaliação hidrológica
Registra: todas as observações e ações Comunicar e notificar: Todos os envolvidos	GGI GGL GGC	Ao final do nível de alerta	Relatório de registros Via telefone – ver contatos (Apêndice 15.2) Notificação (Apêndice 15.4)

QUADRO 4.3
PROCEDIMENTOS DE COMUNICAÇÃO E DE AÇÃO IMEDIATA EM SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

O QUE FAZER	QUEM	QUANDO	COMO
Ações de Resposta: 1 - Coordenar a evacuação da Casa de força e da ZAS 2 - Condiciona os acessos à barragem Comunicar e Mobilizar: GGC	GGI GGL BE	Após definição do Nível de Emergência	Procedimentos de notificação (Capítulo 6) Via telefone - ver contatos (Apêndice 15.2)
Comunicar, Declarar e Notificar: Agentes externos envolvidos: usinas da cascata, polícia rodoviária, concessionárias de rodovias, prefeituras, corpo de bombeiros, Defesa Civil Municipal, ZAS (Moradores) e ZAS (indústrias)	GGI	Após definição do Nível de Emergência	Via telefone - ver contatos ((Apêndice 15.2)) Declaração e Notificação (Apêndice 15.4) Procedimentos de notificação (Capítulo 6)
Comunicar: Apoiar o GGI na comunicação com a ZAS (Moradores) e ZAS (indústrias)	GGL	Após definição do Nível de Emergência	Via telefone - ver contatos (Apêndice 15.2)
Comunicar, Declarar e Notificar: Agentes externos envolvidos: comando da Defesa Civil, imprensa, ANA, ANEEL, ONS, CENAD, Gov. Estadual, Casa Civil, IAP, IBAMA, SEMA, ICMBIO	GGC	Após definição do Nível de Emergência	Via telefone - ver contatos (Apêndice 15.2) Declaração e Notificação (Apêndice 15.4) Procedimentos de notificação (Capítulo 6)
Ações de Resposta: Tomar ações para tentar minimizar os danos	BE GGL GGI GGC	Após definição do Nível de Emergência	Seguir procedimentos propostos no (Apêndice 15.3)
Apoiar: Atividades da Defesa Civil visando a redução dos danos	GGC GGI GGL BE	Ao longo de toda a emergência	Disponibilizando recursos humanos e materiais
Registra: todas as observações e ações Comunicar e declarar: Todos os envolvidos	GGL GGI GGC	Ao final do Nível de Emergência	Relatório de Registros Via telefone - ver contatos (Apêndice 15.2) Declaração (Apêndice 15.4)

* Estas ações deverão ser realizadas simultaneamente

5 - PROCEDIMENTOS DE NOTIFICAÇÃO E SISTEMA DE ALERTA

5.1 - Objetivo

O objetivo do sistema de notificação e alerta é avisar os intervenientes, tomadores de decisão e população potencialmente afetada transeunte ou ocupante da Zona de Autossalvamento (ZAS), sobre as ações a serem tomadas sempre que a barragem apresentar nível de segurança fora da condição “normal”.

5.2 - Procedimentos de Notificação e Comunicação

Os procedimentos de comunicação interna e externa da UHE Fundão estão identificados no *Fluxograma de Notificação Conforme Nível de Segurança* (Figura 5.1), capítulo 5.4 deste documento.

Para procedimentos de comunicação interna e externa com órgãos competentes, a ELEJOR possui um sistema de rádio integrado com o sistema central da UHE Segredo e com a central de Operação de Geração e Transmissão (COGT) localizado em Curitiba. Além do sistema de rádio, o uso de telefone fixo e telefone celular também integra o procedimento de comunicação.

A comunicação e o envio de notificações para a ZAS fora do nível de segurança “emergência” são realizados através dos organismos de proteção e defesa civil locais. Uma vez que os organismos são presentes e atuantes na região e que não há população potencialmente afetada pelo rompimento da barragem da UHE Fundão fora da ZAS, o sistema de alerta e seus mecanismos de autoproteção não são estendidos à ZSS.

5.3 - Sistema de Alerta

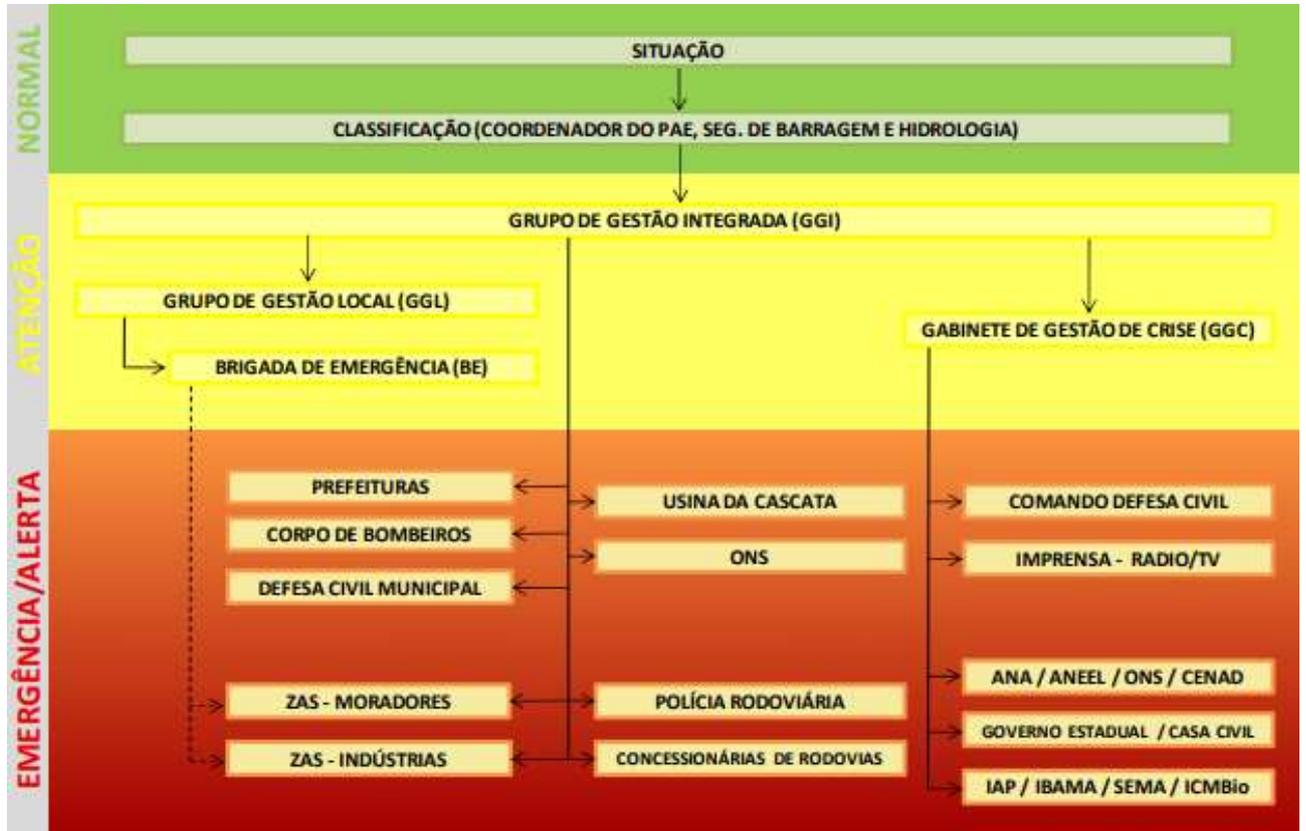
Para as situações de alerta e emergência, a UHE Fundão utiliza um sistema de alerta sonoro composto por seis (06) sirenes localizadas na ZAS. O acionamento do sistema é local, com botoeira instalada na sala de vigilância do empreendimento, transmissão de sinal através de cabo de fibra óptica e propagação do som com alcance de 120dB.

A localização das sirenes que compõem o Sistema de Alerta, bem como a definição dos pontos de encontro e rotas de fuga podem ser consultadas no desenho IFXP00050/00-3H-DE-1025, presente no apêndice 15.7 deste documento.

5.4 - Fluxograma de Notificação

Na Figura 5.1 é apresentado o fluxograma de notificação interna e externa para as situações normal, atenção, alerta e emergência. Os contatos podem ser consultados no apêndice 15.2.

FIGURA 5.1
FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÃO CONFORME NÍVEL DE SEGURANÇA



6 - RESPONSABILIDADES GERAIS NO PAE

6.1 - ELEJOR

No Quadro 6.1 são apresentadas as funções e responsabilidades de da ELEJOR na Figura 6.1 o fluxograma de ações.

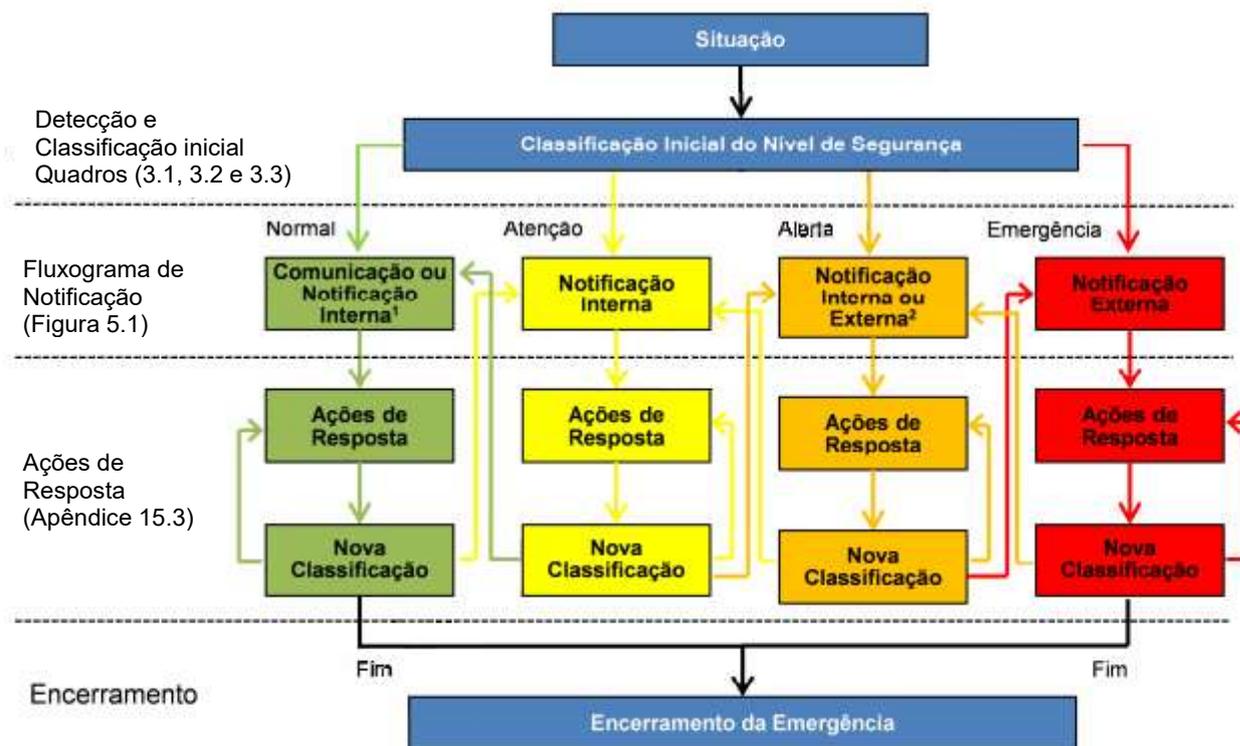
QUADRO 6.1
ATRIBUIÇÕES E RESPONSABILIDADES NO PAE

FUNÇÃO	ATRIBUIÇÕES E RESPONSABILIDADES
<p style="text-align: center;">GABINETE DE GESTÃO DE CRISES (GGC)</p>	<p>Composto por Diretor Presidente da ELEJOR ou representante por ele designado, Superintendente responsável pelo empreendimento/usina, Coordenador do GGI, Superintendências responsáveis pelas áreas de operação, manutenção, implantação, comunicação empresarial, jurídico, meio ambiente e fundiário.</p> <p>As principais atribuições do GGC são: - definição e coordenação da comunicação oficial e notificação: comando da Defesa Civil, imprensa (rádio/tv), ANA, ANEEL, ONS, CENAD, Órgãos do Gov. Estadual, IBAMA, e ICMBio;</p> <ul style="list-style-type: none"> - disponibilização emergencial de recursos; - definição de posicionamento perante as partes interessadas; - definição do porta voz.
<p style="text-align: center;">GRUPO DE GESTÃO INTEGRADA (GGI)</p>	<p>Composto por:</p> <ul style="list-style-type: none"> - coordenação do GGI; - coordenação do GGL (coordenador do PAE); - responsável técnico da barragem; - coordenação do Centro de Operação; - coordenação da Hidrologia; - coordenação da Segurança de Barragens; - coordenação da Engenharia Civil de projeto; - coordenação da Comunicação; - coordenação do Meio Ambiente; - coordenação do Fundiário. <p>As atribuições do GGI são:</p> <ul style="list-style-type: none"> - declaração e notificação do Nível de Segurança; - encerramento das operações do Nível de Segurança; - elaboração do relatório de encerramento do Nível de Segurança; - definição das medidas corretivas e preventivas a serem implementadas quando houver alteração do nível de segurança; - avaliação técnica dos resultados das medidas corretivas e preventivas implantadas; - comunicação corporativa com o GGL e GGC; - comunicação e notificação externa: usinas da cascata, polícia rodoviária, concessionárias de rodovias, prefeituras, corpo de bombeiros, Defesa Civil municipal, ZAS (Moradores) e ZAS (indústrias); - apoio ao Grupo de Gestão Local (GGL); - apoio aos treinamentos e simulações sob responsabilidade do GGL. Após a mobilização do GGI, as coordenações do GGL (coordenador do PAE), da Hidrologia, da Segurança de Barragens, da Engenharia Civil de projetos, e o Responsável Técnico da barragem são responsáveis pela reclassificação do nível de segurança após implantação das ações de resposta a possíveis condições de emergência.

FUNÇÃO	ATRIBUIÇÕES E RESPONSABILIDADES
<p align="center">GRUPO DE GESTÃO LOCAL (GGL)</p>	<p>Composto pelo Coordenador do GGL (Coordenador do PAE), membros da equipe de operação e manutenção da Usina Hidrelétrica fundão.</p> <p>As principais atribuições do GGL são:</p> <ul style="list-style-type: none"> - definir e coordenar as ações da Brigada de Emergência (BE); - avaliação local da gravidade do nível de segurança; - implantar as medidas corretivas e preventivas localmente; - comunicação com o GGI e Brigada de Emergência (BE); - apoiar o GGI na comunicação com a ZAS (Moradores) e ZAS (indústrias); - providenciar equipamentos e maquinários e demais recursos disponíveis localmente; - reorganização da área e retorno às atividades normais, após encerramento da emergência. - elaboração do relatório de ocorrência local.
<p align="center">Brigada de Emergência (BE)</p>	<p>Composta por membros da operação e manutenção da Usina Hidrelétrica Fundão.</p> <p>As principais atribuições da BE são:</p> <ul style="list-style-type: none"> - providenciar os recursos para apoiar as ações de emergência e atuar em: <ul style="list-style-type: none"> · Bloqueio e controle de acessos; · Retirada imediata das pessoas presentes na Usina; · Manutenção da ordem no local da emergência; · Registro das ações tomadas. - se necessário, coordenar as ações de comunicação na ZAS.
<p align="center">Segurança de Barragens</p>	<p>Composta por membros da equipe de Segurança de Barragens.</p> <p>As principais atribuições no PAE são:</p> <ul style="list-style-type: none"> - na fase de detecção da situação, realizar avaliação técnica e classificação da situação anômala e sua evolução, indicando ao Coordenador do PAE o Nível de Segurança; - coordenar a contratação de consultoria quando for o caso; - apoio na realização das atividades do GGI
<p align="center">Hidrologia</p>	<p>Composta por membros da equipe de Hidrologia</p> <p>As principais atribuições no PAE são:</p> <ul style="list-style-type: none"> - na fase de detecção da situação, realizar avaliação técnica e classificação da situação anômala e sua evolução, indicando ao Coordenador do PAE o Nível de Segurança; - coordenar a contratação de consultoria quando for o caso; - apoio na realização das atividades do GGI.
<p align="center">Operação da Usina</p>	<p>Composta por membros da equipe de Operação da Usina e Operação em Tempo Real do Centro de Operação</p> <p>As principais atribuições no PAE são:</p> <ul style="list-style-type: none"> - na fase de detecção da situação, comunicar ao Coordenador do GGL (Coordenador do PAE) e Hidrologia a Situação anormal; - apoio na realização das atividades do GGI e GGL.

FUNÇÃO	ATRIBUIÇÕES E RESPONSABILIDADES
Coordenador do PAE	<p>O Coordenador do GGL exerce a função de Coordenador do PAE.</p> <p>As principais atribuições do Coordenador do PAE são:</p> <ul style="list-style-type: none"> - avaliar e classificar o Nível de Segurança em conjunto com a equipe de Seg. de Barragem e a equipe da Hidrologia, na fase detecção e avaliação inicial de situação anormal na barragem; - declaração e notificação do Nível de Segurança em todas as fases; - mobilizar e coordenar o Grupo de Gestão Local (GGL); - iniciar e encerrar a situação de emergência; - apoio na realização das atividades do GGI; - aprovar o PAE juntamente com o Diretor Presidente da ELEJOR, Coordenador do GGI e o Responsável Técnico da barragem.
Responsável Técnico da barragem	<p>É o Engenheiro responsável pela segurança da barragem, que possui atribuições profissionais compatíveis com as de projeto, construção, operação ou manutenção de barragens.</p> <p>As principais atribuições do Responsável Técnico da barragem são:</p> <ul style="list-style-type: none"> - apoio na realização das atividades do GGI; - condução da elaboração do PAE; - aprovar o PAE juntamente com o Diretor Presidente da ELEJOR, Coordenador do GGL (Coordenador do PAE) e Coordenador do GGI.

**FIGURA 6.1
FLUXOGRAMA DE AÇÕES PAE**



6.2 - ANEEL

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é a entidade fiscalizadora responsável pelas barragens cujo principal uso é a geração energia. A ANEEL estabeleceu, por meio da

Resolução Normativa nº 1.064, de 02 de maio de 2023, critérios e ações de segurança de barragens associadas a usinas hidrelétricas em conformidade com a Lei nº 14.066, de 30 de setembro de 2020. Cabe à ANEEL informar à autoridade licenciadora do Sistema Nacional do Meio Ambiente – Sisnama e ao órgão de proteção e defesa civil, a ocorrência de desastre ou acidente nas barragens sob sua jurisdição, além de qualquer incidente que possa colocar em risco a segurança da estrutura, conforme Art. 22 da Resolução Normativa 1.064/2023 da ANEEL.

6.3 - Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil

O Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC), que atua na redução de desastres em todo o território nacional, no âmbito federal, pelo Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil (CONPDEC), pela Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC) e pelo Centro Nacional de Gerenciamento de Desastres (CENAD) no nível estadual, pelas Coordenadorias Estaduais de Defesa Civil (CEDEC), órgãos ligados aos gabinetes dos Governadores, respondendo regionalmente as Coordenadorias Regionais de Defesa Civil (CORDEC), que comportam diversos órgãos estaduais (por exemplo, a polícia militar e os Corpos de bombeiros) no âmbito municipal, pelas Comissões Municipais de Defesa Civil (COMDEC) que comportam diversos órgãos da administração pública municipal (por exemplo, secretarias municipais de saúde, subprefeituras, serviços de águas e esgoto. Na Figura 6.2 é apresentada a organização esquemática do sistema nacional de proteção e defesa civil.

FIGURA 6.2
ORGANIZAÇÃO ESQUEMÁTICA DO SISTEMA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL



Tipicamente, as responsabilidades deste sistema relacionam-se com o alerta, a evacuação e a sensibilização e educação das populações no que diz respeito à atuação em emergências.

7 - RECURSOS MATERIAIS E LOGISTICOS NA BARRAGEM

7.1 - Sistema de Iluminação e Alimentação de Energia

A UHE Fundão possui sistema de iluminação na barragem e sala de baterias que permite o funcionamento contínuo do sistema em caso de queda de energia.

7.2 - Recursos Materiais Mobilizáveis em Situação de Emergência

A ELEJOR possui bombas de drenagem e esgotamento, gerador, ferramentas gerais, veículos 4x4 e materiais de primeiros socorros. Todos estes equipamentos poderão ser mobilizados em situações de emergência.

8 - SÍNTESE DO ESTUDO DE INUNDAÇÃO E RESPECTIVOS MAPAS

8.1 - Área de Estudo

A propagação das ondas foi realizada no trecho do Rio Jordão entre o reservatório da UHE Santa Clara e a PCH Derivação do Rio Jordão conforme apresentado na Figura 8.1.

FIGURA 8.1
ÁREA DE ESTUDO RIO JORDÃO



8.2 - Critérios e Cenários de Modelagem da Cheia de Ruptura

Dadas as limitações de resolução do MDE disponível, adotou-se células retangulares com dimensão 30x30 m, sendo que a calha do rio teve um refinamento maior com células de 10x10 m. Para a condição de contorno de montante adotou-se a vazão afluyente e vazão incremental em cada reservatório, enquanto a condição de jusante foi a profundidade normal na última seção, considerando uma declividade de 0,0025 m/m. A Figura 8.2 apresenta o modelo elaborado no software HEC-RAS.

Também foram definidas, seções de referência para extração de informações relevantes para ações em casos emergenciais, como cota máxima, velocidade máxima e profundidade máxima na seção. As seções foram delimitadas com base nas seguintes distância em relação ao seu respectivo barramento 0,1, 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 8 km. Nem todos os trechos possuem estas distâncias, de modo que as seções são traçadas até o limite do próximo reservatório ou final da malha computacional. A Figura 8.3 apresenta um detalhe para as seções de referência utilizadas.

FIGURA 8.2
REGIÕES E MALHAS ADOTADAS PARA A MODELAGEM COMPUTACIONAL

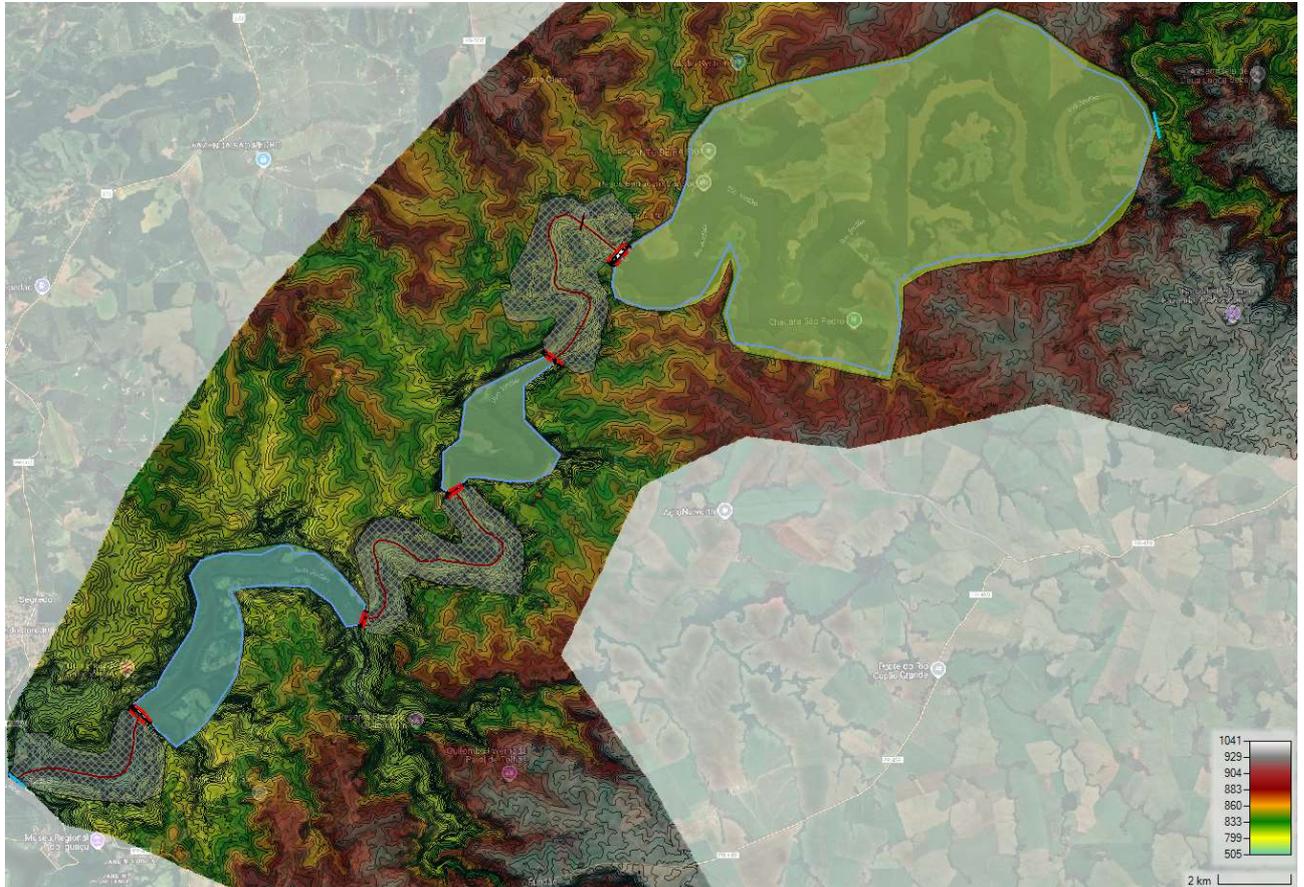


FIGURA 8.3
REGIÕES E MALHAS ADOTADAS PARA A MODELAGEM COMPUTACIONAL



8.2.1 - Brecha de Ruptura

No Quadro 8.1, Quadro 8.2, Quadro 8.3 e Quadro 8.4 são apresentadas as características da brecha de ruptura das usinas em cascata para o caso de ruptura em situação normal de

operação (*piping*), situação de passagem da cheia milenar/decamilenar (*overtopping*) e situação onde a ruptura de uma barragem de montante causa o galgamento do nível de coroamento de uma barragem a jusante.

QUADRO 8.1
CARACTERÍSTICAS DAS BRECHAS – ROMPIMENTO CONSIDERANDO QMLT (PIPPING)

BRECHA	UHE SCL	UHE FND	UHE DRJ
Coroamento da barragem (m)	811,00	712,50	616,00
NA do Reservatório na Falha (m)	805,00	705,50	610,00
Largura no fundo da brecha (m)	140	53	69
Cota final da falha (m)	744,00	670,00	543,00
Tempo de formação da brecha (horas)	1,77	0,81	0,81

QUADRO 8.2
CARACTERÍSTICAS DAS BRECHAS – DURANTE PASSAGEM DA VAZÃO MILENAR (OVERTOPPING)

BRECHA	UHE SCL	UHE FND	UHE DRJ
Coroamento da barragem (m)	811,00	712,50	616,00
NA do Reservatório na Falha (m)	808,70	709,23	614,71
Largura no fundo da brecha (m)	194	74	90
Cota final da falha (m)	744,00	670,00	543,00
Tempo de formação da brecha (horas)	2,07	0,90	0,86

QUADRO 8.3
CARACTERÍSTICAS DAS BRECHAS – DURANTE PASSAGEM DA VAZÃO DECAMILENAR (OVERTOPPING)

BRECHA	UHE SCL	UHE FND	UHE DRJ
Coroamento da barragem (m)	811,00	712,50	616,00
NA do Reservatório na Falha (m)	809,35	709,90	615,87
Largura no fundo da brecha (m)	196	75	92
Cota final da falha (m)	744,00	670,00	543,00
Tempo de formação da brecha (horas)	2,10	0,92	0,88

QUADRO 8.4
CARACTERÍSTICAS DAS BRECHAS – CASO A RUPTURA A MONTANTE CAUSE RUPTURA A JUSANTE

BRECHA	UHE SCL	UHE FND	UHE DRJ
Coroamento da barragem (m)	N/A	712,50	616,00
NA do Reservatório na Falha (m)	N/A	712,50	616,00
Largura no fundo da brecha (m)	N/A	80	92
Cota final da falha (m)	N/A	670,00	543,00
Tempo de formação da brecha (horas)	N/A	0,98	0,88

A Figura 8.4, Figura 8.5 e Figura 8.6 contém a representação das seções dos barramento dentro do modelo, assim como a brecha formada considerando a vazão decamilenar e o rompimento da UHE SCL. Como foi fornecida a curva de descarga de cada vertedor para o software, a única variável que influencia os resultados do modelo é a largura do vertedor, já que a descarga e cota no reservatório passam a ser condições de contorno.

FIGURA 8.4
SEÇÃO MODELADA DA UHE SCL E BRECHA FINAL DA RUPTURA: CENÁRIO TR 10,000 ANOS E ROMPIMENTO DA UHE SCL

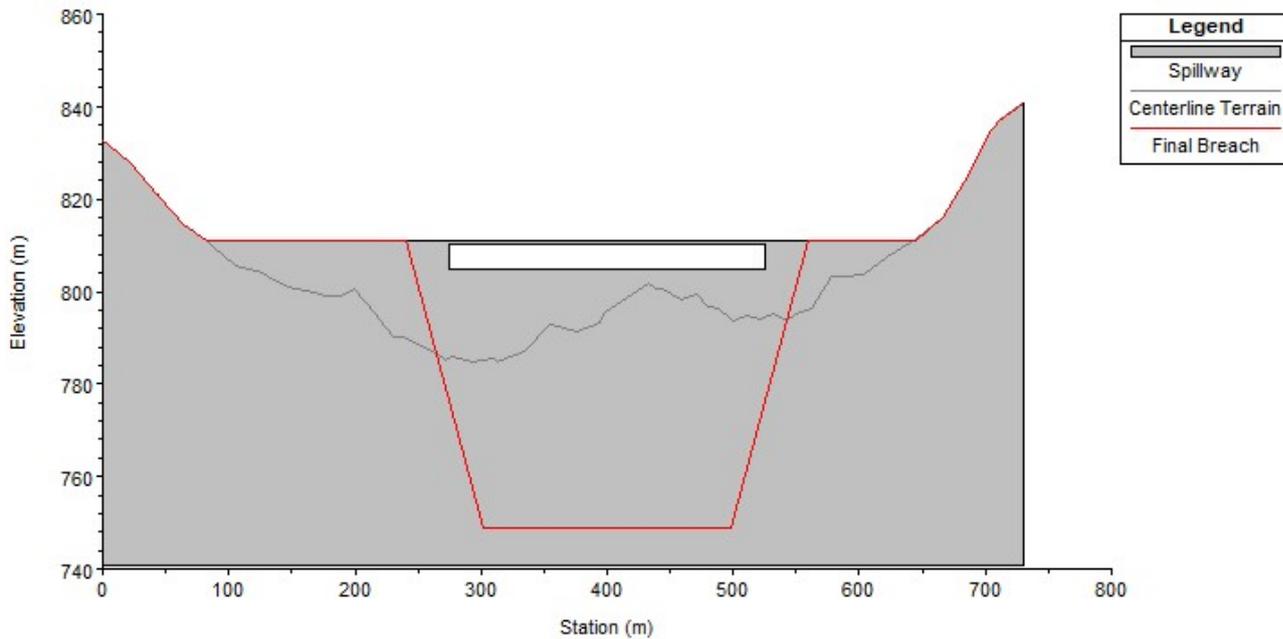


FIGURA 8.5
SEÇÃO MODELADA DA UHE FND E BRECHA FINAL DA RUPTURA: CENÁRIO TR 10,000 ANOS E ROMPIMENTO DA UHE SCL

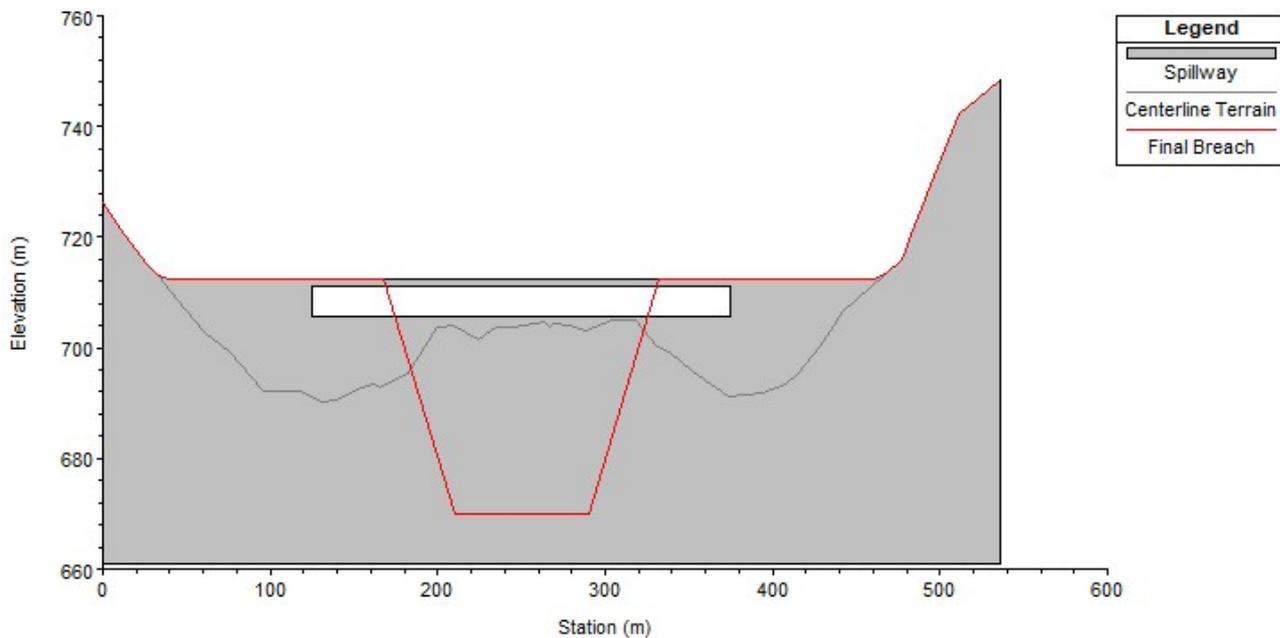
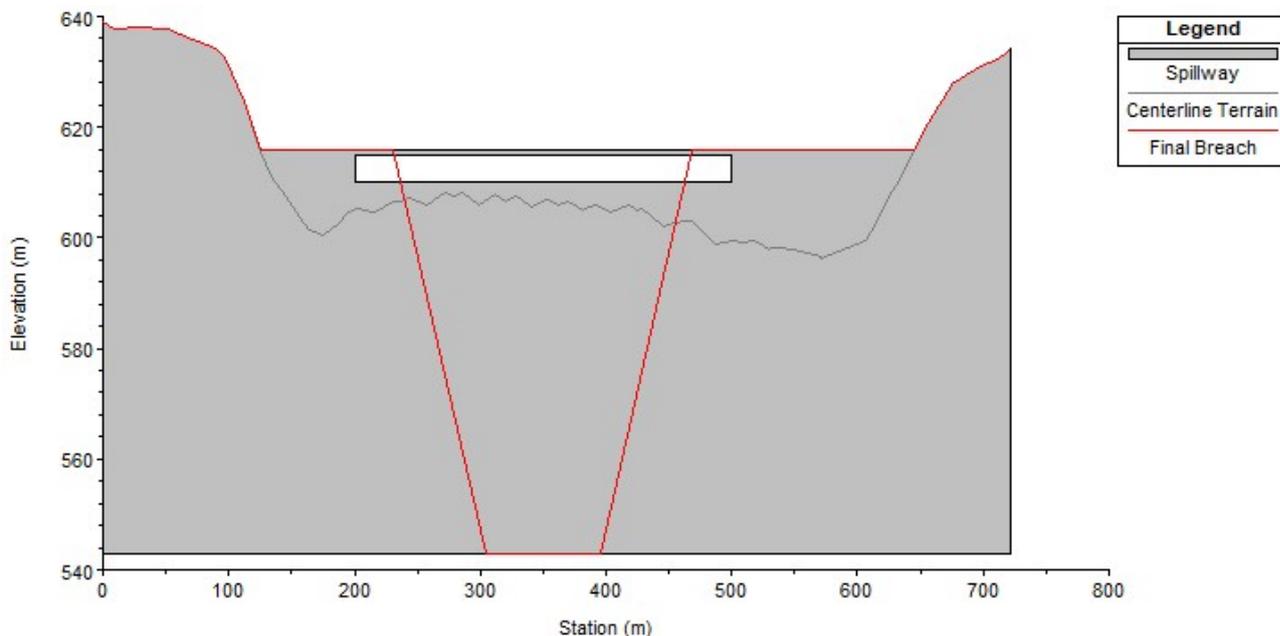
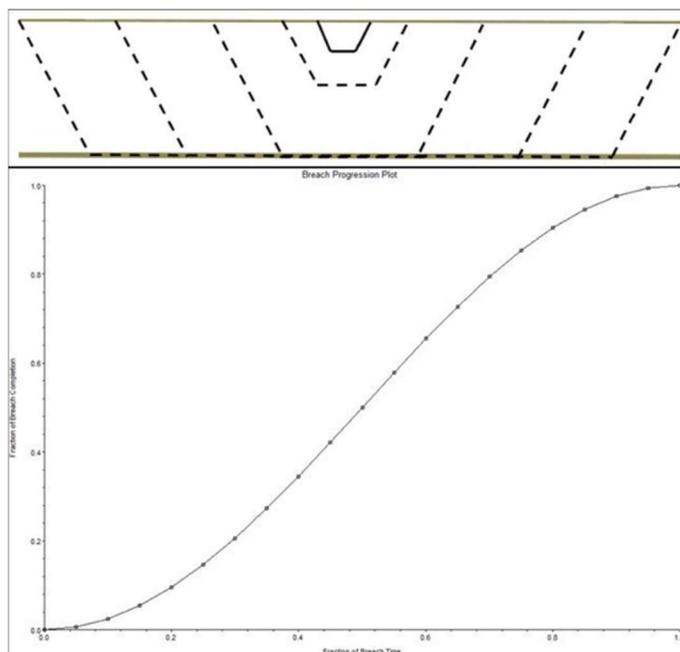


FIGURA 8.6
SEÇÃO MODELADA DA UHE DRJ E BRECHA FINAL DA RUPTURA: CENÁRIO TR 10,000 ANOS E ROMPIMENTO DA UHE SCL



Além da geometria da brecha é informada a progressão da brecha no tempo, informando a taxa de crescimento entre as dimensões horizontal e vertical. Essa progressão foi simulada com meia onda seno, que apresenta um crescimento lento e um desenvolvimento rápido, a Figura 8.7 apresenta o esquema de evolução da brecha no tempo utilizado na simulação.

FIGURA 8.7
PROGRESSÃO DA BRECHA NO TEMPO



8.2.2 - Cenários e Condições de Contorno

Como o trecho da cascata avaliado possui 3 (três) usinas, a condição de ruptura da usina mais a montante sempre afeta a condição da usina que se encontra à jusante. Por essa razão, os cenários foram montados de modo a existir 01 (uma) condição de controle sem nenhuma ruptura e 3 (três) condições com ruptura individual das barragens, porém estas 3 (três) últimas condições podem levar à ruptura das demais usinas, caso o nível do coroamento da usina seja superado.

Por exemplo, dado um cenário de vazão milenar (TR 1.000 anos) e a UHE Santa Clara (UHE SCL) está programada para romper durante o pico da vazão, como as UHE Fundão (UHE FND) e a UHE Derivação do Rio Jordão (UHE DRJ) se encontram depois da UHE Santa Clara, caso a ruptura da UHE SCL gere níveis nos reservatórios das demais usinas acima dos seus respectivos níveis máximos *maximorum*, as respectivas usinas também rompem.

Para os cenários referentes à vazão média de longo termo (QMLT), a ruptura da barragem programa se dá por *pipping*, enquanto que nos casos de vazão com TRs mais elevados a ruptura ocorre por *overtopping*. Vale comentar, que as usinas que rompem por consequências da ruptura de outra usina, tem suas brechas calculadas a partir de um cenário de *overtopping*.

O Quadro 8.5 apresenta um resumo dos cenários simulados. Vale lembrar que o mecanismo de falha apenas indica o modo de propagação da falha durante a simulação, e não que efetivamente o barramento falhará por galgamento (*overtopping*) ou erosão interna (*pipping*).

QUADRO 8.5
CENÁRIOS DE RUPTURA AVALIADOS

VAZÃO AFLUENTE	UHE SCL	UHE FND	UHE DRJ	MECANISMOS DE FALHA
QMLT	Não Rompe	Não Rompe	Não Rompe	N/A
QMLT	Rompe	Pode romper	Pode romper	<i>Pipping e Overtopping</i>
QMLT	Não Rompe	Rompe	Pode romper	<i>Pipping e Overtopping</i>
QMLT	Não Rompe	Não Rompe	Rompe	<i>Pipping</i>
TR 1.000 ANOS	Não Rompe	Não Rompe	Não Rompe	N/A
TR 1.000 ANOS	Rompe	Pode romper	Pode romper	<i>Overtopping</i>
TR 1.000 ANOS	Não Rompe	Rompe	Pode romper	<i>Overtopping</i>
TR 1.000 ANOS	Não Rompe	Não Rompe	Rompe	<i>Overtopping</i>
TR 10.000 ANOS	Não Rompe	Não Rompe	Não Rompe	N/A
TR 10.000 ANOS	Rompe	Pode romper	Pode romper	<i>Overtopping</i>
TR 10.000 ANOS	Não Rompe	Rompe	Pode romper	<i>Overtopping</i>
TR 10.000 ANOS	Não Rompe	Não Rompe	Rompe	<i>Overtopping</i>

8.3 - Modelagem da Cheia de Ruptura - Resultados

Para a elaboração do modelo hidráulico foi utilizado o software HEC-RAS 6.3.1 do corpo de engenheiros do exército dos Estados Unidos da América. Para o cálculo do escoamento em regime não permanente são utilizados os princípios de conservação de massa e momento, em um volume de controle.

Independentemente do tipo de cenário de vazão simulado (QMLT, Milenar ou Decamilenar), a pior situação observada sempre ocorre a partir do rompimento da barragem da UHE Santa Clara. Nos cenários avaliados, o rompimento da barragem da UHE SCL sempre causou o galgamento das demais barragens, e conseqüentemente também os seus rompimentos.

Dado o volume e altura da barragem da UHE SCL, é possível observar que a sua ruptura é uma situação catastrófica não só para as UHE FND e UHE DRJ, como também para as demais usinas que se encontram a jusante de SCL, no rio Jordão.

O Quadro 8.6 apresenta o tempo aproximado que o pico da cheia resultante das rupturas leva para atravessar cada trecho de rio. O comprimento do trecho de rio considerado, representa a região que interliga a barragem que inicialmente rompeu na simulação, até a junção do rio Jordão com o rio Iguaçu.

Nota-se que o tempo entre o início do rompimento e da saída do pico da onda de cheia do sistema diminui gradativamente, à medida que o hidrograma afluente aumenta.

QUADRO 8.6
TEMPO DE TRÁFEGO DO PICO DA ONDA DE CHEIA A PARTIR DA RUPTURA DAS BARRAGENS

CENÁRIO	COMPRIMENTO DO TRECHO (KM)	TEMPO DE PROPAGAÇÃO DA ONDA (horas)	VELOCIDADE MÉDIA DA ONDA (M/S)
QMLT e Rompimento da UHE SCL	36,6	2:30	4,07
QMLT e Rompimento da UHE FND	22,6	1:50	3,42
QMLT e Rompimento da UHE DRJ	4,7	1:00	1,31
TR 1,000 ANOS e Rompimento da UHE SCL	36,6	2:05	4,88
TR 1,000 ANOS e Rompimento da UHE FND	22,6	1:43	3,66
TR 1,000 ANOS e Rompimento da UHE DRJ	4,7	0:47	1,67
TR 10,000 ANOS e Rompimento da UHE SCL	36,6	2:00	5,08
TR 10,000 ANOS e Rompimento da UHE FND	22,6	1:30	4,19
TR 10,000 ANOS e Rompimento da UHE DRJ	4,7	0:50	1,57

Para cada um dos 3 trechos após as respectivas barragens, foi feita a avaliação das simulações a partir de seções de referência. O Quadro 8.7, Quadro 8.8 e Quadro 8.9 apresentam os resultados de profundidade, velocidade e cota máxima encontrada em cada uma das seções.

QUADRO 8.7
SEÇÕES DE REFERÊNCIA – RESUMO DA MÁXIMA PROFUNDIDADE (M) EM CADA SEÇÃO

VAZÃO	QMLT				TR 1,000 ANOS				TR 10,000 ANOS			
	RUPTURA	NÃO	SCL	FND	DRJ	NÃO	SCL	FND	DRJ	NÃO	SCL	FND
SCL 0100 m	1,1	40,9	0,4	0,4	8,2	45,7	8,2	8,2	12,0	56,0	12,7	12,7
SCL 1000 m	1,1	39,4	1,2	1,3	9,1	44,0	9,1	9,1	11,8	56,8	11,7	11,7
SCL 2000 m	1,4	40,1	1,4	1,4	8,3	44,9	8,3	8,3	10,2	41,6	10,3	10,3
SCL 3000 m	0,9	36,5	1,0	0,9	6,8	40,3	6,8	6,8	9,1	37,6	9,0	9,0
SCL 4000 m	1,3	38,2	1,2	1,0	8,4	42,0	8,4	8,4	10,9	39,8	10,2	10,2
SCL 5000 m	0,6	28,4	1,4	1,3	4,5	32,4	4,5	4,5	5,6	29,4	5,6	5,6
SCL 6000 m	1,0	35,7	8,2	10,4	10,4	39,1	10,4	10,4	10,0	36,3	9,4	9,4
FND 0100 m	1,6	43,1	17,1	1,3	9,2	47,8	22,3	9,2	11,5	44,4	23,1	11,4
FND 1000m	1,0	43,3	15,8	1,0	6,2	47,9	22,3	6,2	9,3	44,4	23,2	9,2
FND 2000 m	1,8	43,9	20,7	2,8	12,2	48,8	25,4	12,2	14,8	45,0	26,0	14,8
FND 3000m	1,2	38,3	16,2	1,4	9,4	42,1	20,9	9,4	12,1	39,3	21,8	12,0
FND 4000 m	1,2	38,4	15,2	1,5	8,7	42,8	20,1	8,7	11,2	39,5	21,0	11,2
FND 5000 m	0,8	29,1	12,7	1,0	8,2	33,3	15,7	8,2	9,7	30,0	16,2	9,7
FND 6000 m	1,4	29,4	12,1	1,6	8,2	34,6	15,2	8,2	9,0	30,1	15,8	9,4
FND 8000 m	1,3	38,1	15,5	1,8	9,2	42,3	20,2	9,2	10,9	40,0	21,0	10,9
DRJ 0100 m	1,6	58,3	10,6	35,4	10,8	61,3	46,6	43,6	14,1	58,9	47,6	44,3
DRJ 1000m	2,6	60,5	17,2	40,1	17,2	63,6	49,8	47,1	20,2	60,8	50,7	47,8
DRJ 2000 m	1,1	56,1	10,9	33,3	11,2	59,6	43,7	40,5	16,7	56,5	44,8	41,3
DRJ 3000 m	1,6	57,1	15,6	38,1	15,9	59,9	46,9	44,2	19,1	57,4	47,8	44,9
DRJ 4000 m	0,9	41,3	8,7	24,2	8,7	44,1	31,8	29,5	10,8	42,1	32,6	30,0
FINAL	1,4	37,4	7,7	19,7	7,7	40,2	27,8	25,4	9,2	37,4	28,6	26,0

QUADRO 8.8
SEÇÕES DE REFERÊNCIA – RESUMO DA VELOCIDADE (M/S) EM CADA SEÇÃO

VAZÃO	QMLT				TR 1,000 ANOS				TR 10,000 ANOS			
	RUPTURA	NÃO	SCL	FND	DRJ	NÃO	SCL	FND	DRJ	NÃO	SCL	FND
SCL 0100 m	1,9	12,3	0,7	0,7	5,0	8,3	5,0	5,0	4,4	7,8	5,7	5,7
SCL 1000 m	2,4	10,2	1,4	1,5	4,3	11,6	4,3	4,4	4,2	10,9	4,2	4,2
SCL 2000 m	2,1	10,1	1,9	2,0	6,6	11,0	6,6	6,6	6,3	10,6	6,3	6,3
SCL 3000 m	1,8	11,6	2,0	1,8	6,0	13,1	6,0	6,0	7,0	12,6	7,1	7,1
SCL 4000 m	2,6	8,4	2,7	2,6	5,5	9,3	5,5	5,5	5,2	8,8	5,2	5,2
SCL 5000 m	2,5	17,5	2,7	2,4	10,0	18,2	10,0	10,0	10,7	17,2	10,7	10,7
SCL 6000 m	1,7	14,8	7,5	6,4	6,4	15,9	6,4	6,4	6,9	15,0	7,0	7,0
FND 0100 m	1,1	7,6	9,2	1,1	4,7	8,4	5,6	4,7	5,2	7,7	5,4	5,1
FND 1000m	2,4	11,1	9,5	2,5	7,1	11,7	10,4	7,1	7,0	10,8	9,8	7,0
FND 2000 m	1,3	15,5	9,3	3,9	6,3	15,9	11,6	6,3	7,1	15,8	11,7	7,1
FND 3000m	1,9	13,2	8,3	2,2	5,5	14,2	10,0	5,5	6,5	13,5	10,1	6,5
FND 4000 m	1,5	13,8	9,6	1,9	6,0	14,4	11,3	6,0	6,9	14,3	11,3	6,9
FND 5000 m	1,3	16,5	9,9	1,5	6,0	17,1	12,0	6,0	7,7	16,9	12,3	7,7
FND 6000 m	2,5	13,6	10,5	2,7	9,0	14,1	11,3	9,0	9,1	13,8	10,8	8,9
FND 8000 m	1,5	15,3	8,6	2,3	6,4	16,2	10,1	6,4	7,8	15,4	10,2	7,5
DRJ 0100 m	1,3	15,6	8,3	10,8	8,2	15,4	12,2	10,8	8,3	14,5	12,4	11,2
DRJ 1000m	2,8	16,7	8,8	15,2	8,8	16,9	16,1	16,0	9,8	16,9	16,3	16,1

VAZÃO	QMLT				TR 1,000 ANOS				TR 10,000 ANOS				
	RUPTURA	NÃO	SCL	FND	DRJ	NÃO	SCL	FND	DRJ	NÃO	SCL	FND	DRJ
DRJ 2000 m		2,1	18,8	10,7	17,0	10,3	19,2	17,9	18,2	10,5	18,9	18,1	18,0
DRJ 3000 m		2,2	17,0	6,6	13,5	6,6	17,4	15,5	15,2	7,3	17,0	15,7	15,2
DRJ 4000 m		3,3	19,6	12,7	18,1	12,9	19,8	19,0	18,9	14,4	19,0	17,8	17,6
FINAL		1,7	21,2	9,7	19,0	10,0	21,5	20,3	20,1	10,8	20,5	19,6	19,4

QUADRO 8.9
SEÇÕES DE REFERÊNCIA – RESUMO DA MÁXIMA COTA (M) EM CADA SEÇÃO

VAZÃO	QMLT				TR 1,000 ANOS				TR 10,000 ANOS				
	RUPTURA	NÃO	SCL	FND	DRJ	NÃO	SCL	FND	DRJ	NÃO	SCL	FND	DRJ
SCL 0100 m		743,1	786,3	742,4	742,4	750,2	791,6	750,2	750,2	754,0	800,0	754,8	754,8
SCL 1000 m		741,7	780,3	741,6	741,7	749,6	784,5	749,6	749,6	752,1	797,1	752,2	752,2
SCL 2000 m		738,9	777,8	738,9	738,9	745,8	782,7	745,8	745,8	747,7	779,1	747,8	747,8
SCL 3000 m		736,5	772,1	736,6	736,5	742,3	775,9	742,3	742,3	744,6	773,2	744,6	744,6
SCL 4000 m		733,0	769,8	732,9	732,7	740,2	773,6	740,2	740,2	741,9	770,8	742,0	742,0
SCL 5000 m		727,0	756,1	727,9	727,8	731,0	759,0	731,0	731,0	732,1	757,0	732,1	732,1
SCL 6000 m		707,5	742,3	721,0	723,3	723,3	745,7	723,3	723,3	716,5	742,8	715,9	715,9
FND 0100 m		670,1	712,2	684,1	667,8	675,6	716,9	690,0	675,6	677,5	713,5	690,8	677,6
FND 1000m		664,5	705,8	678,4	664,4	668,9	710,4	684,8	668,9	672,0	706,9	685,7	672,0
FND 2000 m		655,3	697,5	674,2	656,3	665,7	702,3	678,9	665,7	668,3	698,6	679,6	668,3
FND 3000m		651,2	688,4	666,3	651,5	659,5	692,1	670,9	659,5	662,1	689,3	671,8	662,1
FND 4000 m		653,7	691,1	667,8	654,0	661,2	695,7	672,8	661,2	663,8	692,1	673,6	663,8
FND 5000 m		649,3	678,0	661,2	649,5	656,7	682,0	664,2	656,7	658,2	678,9	664,7	658,2
FND 6000 m		645,9	676,0	659,5	646,1	653,3	680,4	662,9	653,3	653,5	676,9	663,5	654,1
FND 8000 m		616,8	654,6	631,2	617,3	624,8	658,9	636,0	624,8	626,4	655,5	636,9	626,5
DRJ 0100 m		538,2	601,3	546,9	571,7	547,1	602,4	584,7	580,7	550,5	601,3	585,0	581,5
DRJ 1000m		521,7	581,6	536,5	560,6	536,5	584,6	569,7	567,3	539,2	582,3	571,1	567,8
DRJ 2000 m		516,1	574,5	525,9	548,5	526,2	578,2	560,7	556,9	531,8	574,8	562,0	557,8
DRJ 3000 m		512,1	567,6	526,1	548,6	526,4	570,5	557,4	554,7	529,6	567,9	558,3	555,4
DRJ 4000 m		507,4	551,1	515,2	534,9	515,2	553,4	541,6	539,5	517,3	551,0	542,3	539,9
FINAL		506,5	543,8	513,0	526,3	513,1	547,6	534,2	531,8	514,9	543,4	535,0	532,4

Para apresentação dos hidrogramas, optou-se por apresentar os 3 cenários mais representativos: Ruptura da UHE SCL com passagem da vazão QMLT, passagem da vazão decamilenar sem nenhuma ruptura e passagem da vazão decamilenar com ruptura da UHE SCL.

A Figura 8.8, Figura 8.9, Figura 8.10, Figura 8.11, Figura 8.12 e Figura 8.13 contém os hidrogramas de cada uma das seções, assim como os hidrogramas de vazão afluente e defluente dos barramentos. Como a cheia decamilenar com ruptura da SCL possui uma duração longo, fez-se um detalhamento do pico do hidrograma (Figura 8.14 e Figura 8.15).

O Quadro 8.10, Quadro 8.11 e Quadro 8.12 contém as informações sobre o trânsito das cheias considerando as seções de referência utilizadas. Assim como esperado, pode-se observar que os trechos entre os barramentos não geram um grande amortecimento durante a cheia. Isto ocorre, pois o vale é bem encaixado e os trechos entre barramentos é curto.

FIGURA 8.8
HIDROGRAMAS DAS SEÇÕES: CENÁRIO QMLT E ROMPIMENTO DA UHE SCL

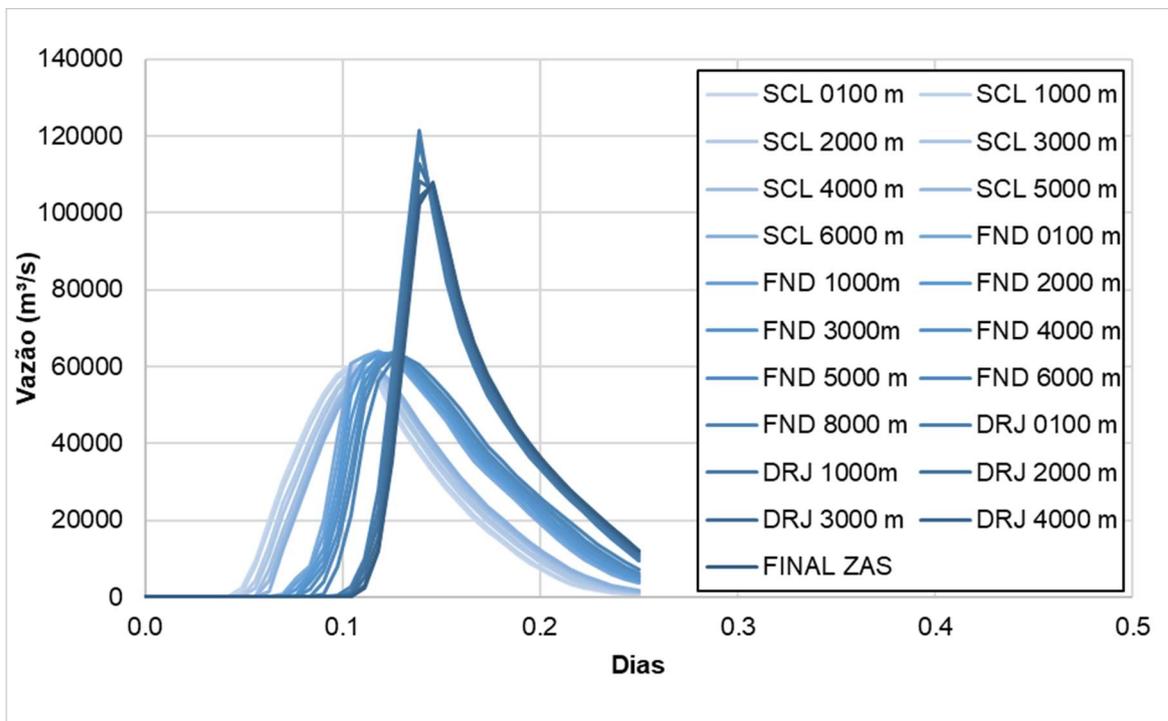
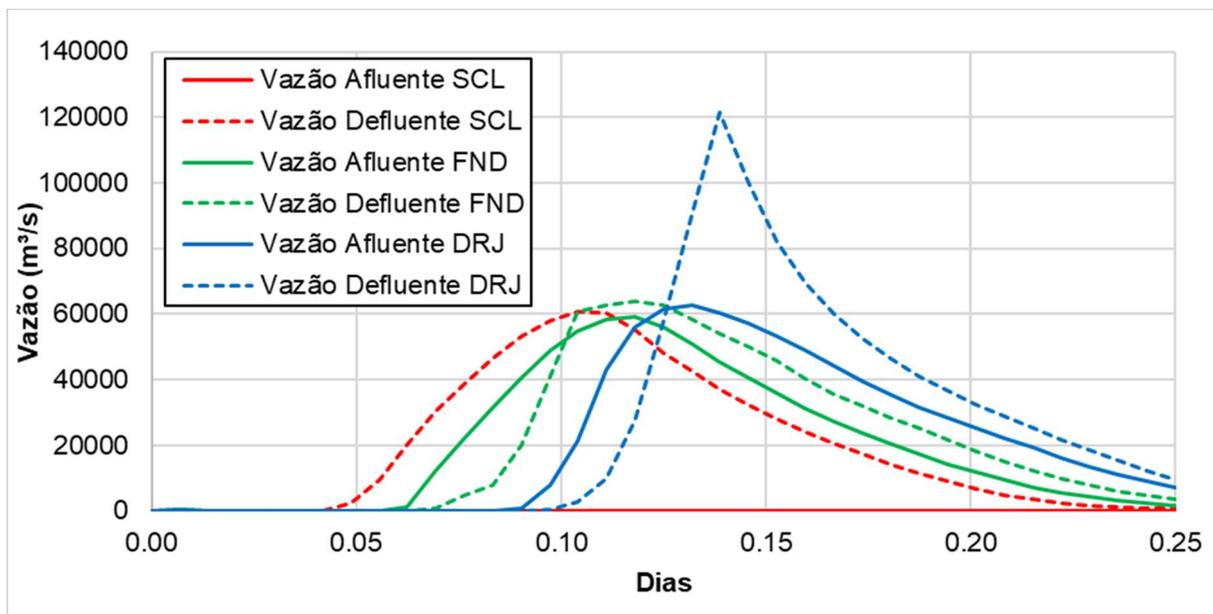


FIGURA 8.9
HIDROGRAMAS AFLUENTES E DEFLUENTES AOS RESERVATÓRIOS: CENÁRIO QMLT E ROMPIMENTO DA UHE SCL



QUADRO 8.10
SEÇÕES DE REFERÊNCIA – TRÂNSITO DE CHEIA: CENÁRIO QMLT E ROMPIMENTO DA UHE SCL

SEÇÃO	DISTÂNCIA DA UHE SCL (KM)	TEMPO DE CHEGADA DO PICO (HORAS)	TEMPO DE TRÂNSITO DO PICO (HORAS)	VAZÃO DE PICO (M³/S)
Defluência SCL	0,0	0,04*	0,00	60686
SCL 0100 m	0,1	0,10	0,06	60567
SCL 1000 m	1,0	0,11	0,07	60238
SCL 2000 m	2,0	0,11	0,07	60027
SCL 3000 m	3,0	0,11	0,07	59802
SCL 4000 m	4,0	0,11	0,07	59223
SCL 5000 m	5,0	0,12	0,08	59166
SCL 6000 m	6,0	0,12	0,08	59217
FND 0100 m	15,1	0,12	0,08	64071
FND 1000m	16,0	0,12	0,08	63757
FND 2000 m	17,0	0,13	0,08	63491
FND 3000m	18,0	0,13	0,08	63576
FND 4000 m	19,0	0,13	0,08	63445
FND 5000 m	20,0	0,13	0,08	63280
FND 6000 m	21,0	0,13	0,08	62835
FND 8000 m	22,0	0,13	0,09	62522
DRJ 0100 m	32,1	0,14	0,10	121468
DRJ 1000m	33,0	0,14	0,10	118567
DRJ 2000 m	34,0	0,14	0,10	112760
DRJ 3000 m	35,0	0,14	0,10	108373
DRJ 4000 m	36,0	0,15	0,10	107436
FINAL	36,6	0,15	0,10	107974

*Tempo de início da ruptura na UHE SCL

FIGURA 8.10
HIDROGRAMAS DAS SEÇÕES: CENÁRIO TR 10,000 ANOS E SEM ROMPIMENTO DA UHE SCL

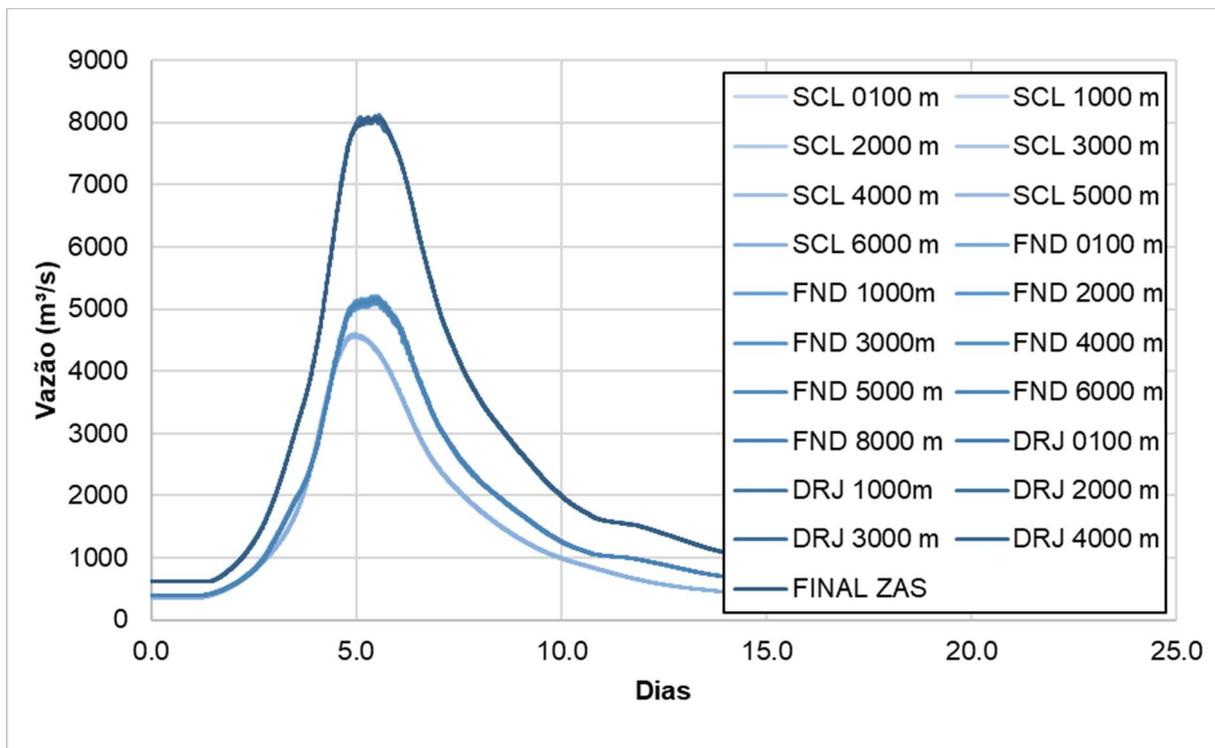
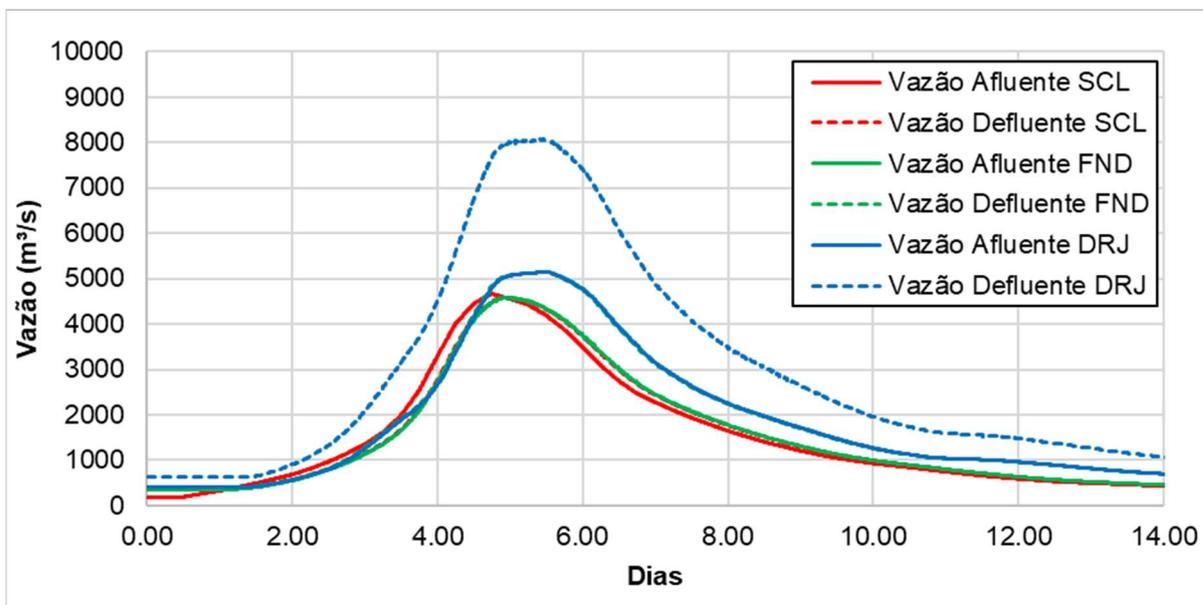


FIGURA 8.11
HIDROGRAMAS AFLUENTES E DEFLUENTES AOS RESERVATÓRIOS: CENÁRIO TR 10,000 ANOS E SEM ROMPIMENTO DA UHE SCL



QUADRO 8.11
SEÇÕES DE REFERÊNCIA – TRÂNSITO DE CHEIA: CENÁRIO TR 10,000 ANOS E SEM ROMPIMENTO
DA UHE SCL

SEÇÃO	DISTÂNCIA DA UHE SCL (KM)	TEMPO DE CHEGADA DO PICO (HORAS)	TEMPO DE TRÂNSITO DO PICO (HORAS)	VAZÃO DE PICO (M³/S)
Defluência SCL	0,0	4,94	0,00	4577
SCL 0100 m	0,1	4,94	0,00	4577
SCL 1000 m	1,0	4,95	0,01	4577
SCL 2000 m	2,0	4,96	0,01	4578
SCL 3000 m	3,0	4,96	0,01	4601
SCL 4000 m	4,0	4,97	0,02	4594
SCL 5000 m	5,0	4,97	0,03	4583
SCL 6000 m	6,0	4,99	0,05	4588
FND 0100 m	15,1	5,50	0,56	5148
FND 1000m	16,0	5,50	0,56	5148
FND 2000 m	17,0	5,50	0,56	5148
FND 3000m	18,0	5,50	0,56	5151
FND 4000 m	19,0	5,47	0,53	5208
FND 5000 m	20,0	5,51	0,56	5171
FND 6000 m	21,0	5,48	0,53	5154
FND 8000 m	22,0	5,51	0,56	5150
DRJ 0100 m	32,1	5,45	0,51	8264
DRJ 1000m	33,0	5,45	0,51	8080
DRJ 2000 m	34,0	5,39	0,44	8125
DRJ 3000 m	35,0	5,44	0,50	8186
DRJ 4000 m	36,0	5,49	0,55	8103
FINAL	36,6	5,51	0,57	8101

FIGURA 8.12
HIDROGRAMAS DAS SEÇÕES: CENÁRIO TR 10,000 ANOS E ROMPIMENTO DA UHE SCL

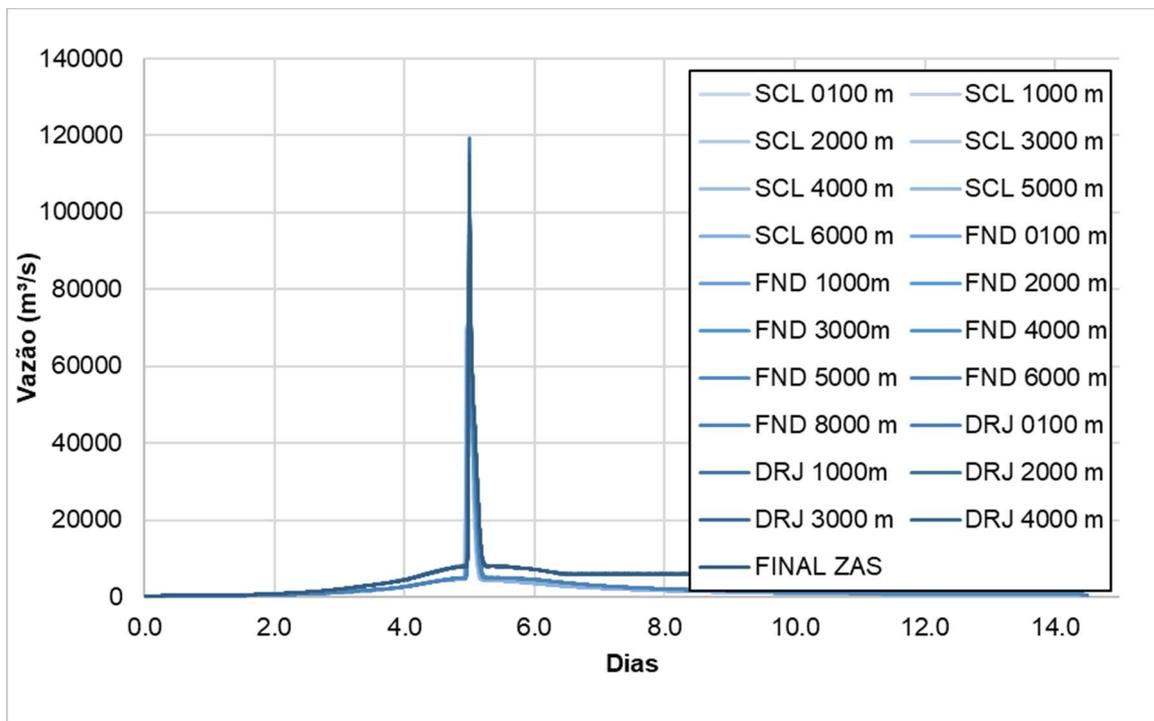


FIGURA 8.13
HIDROGRAMAS AFLUENTES E DEFLUENTES AOS RESERVATÓRIOS: CENÁRIO TR 10,000 ANOS E ROMPIMENTO DA UHE SCL

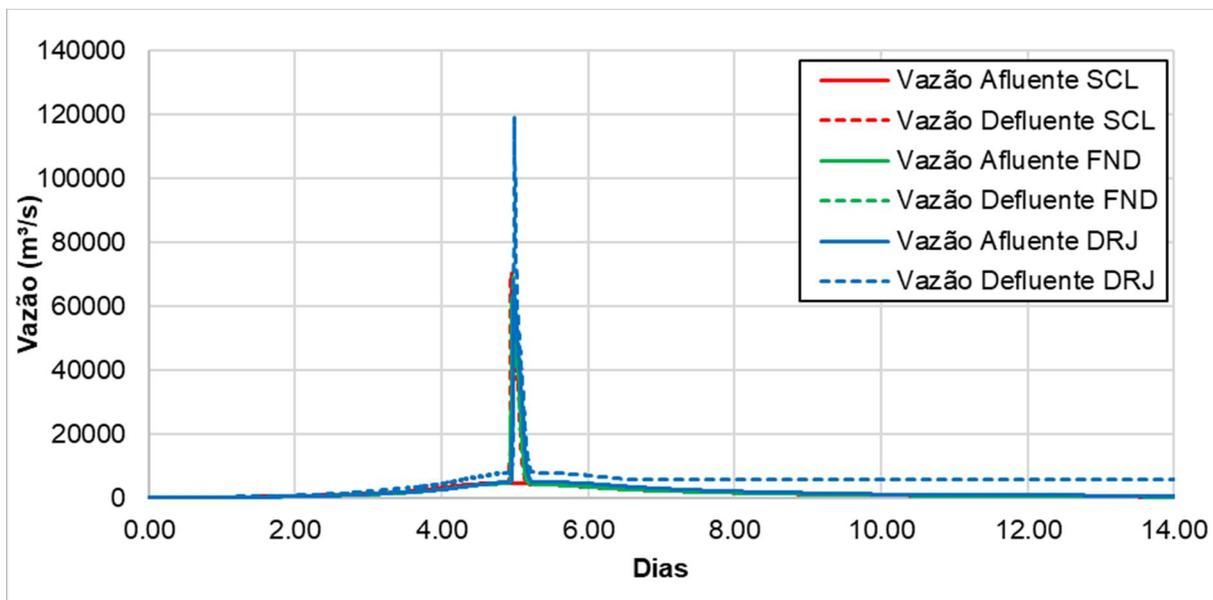


FIGURA 8.14
HIDROGRAMAS DAS SEÇÕES (DETALHE DO MOMENTO DA RUPTURA): CENÁRIO TR 10,000 ANOS E ROMPIMENTO DA UHE SCL

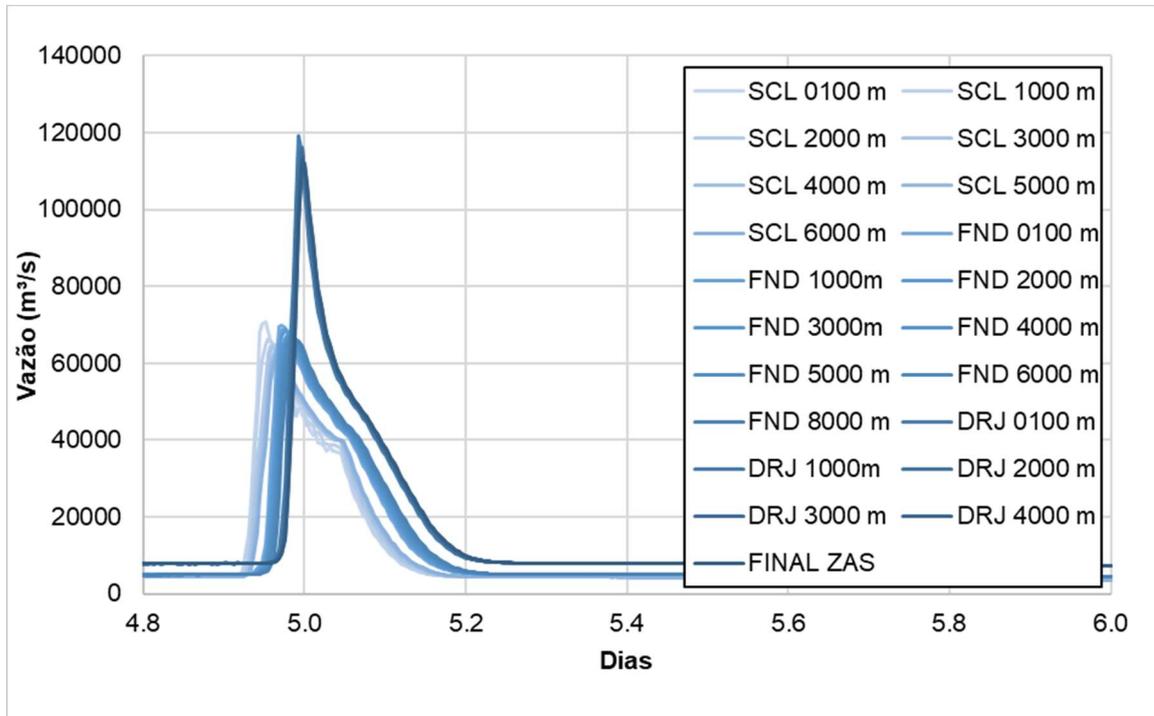
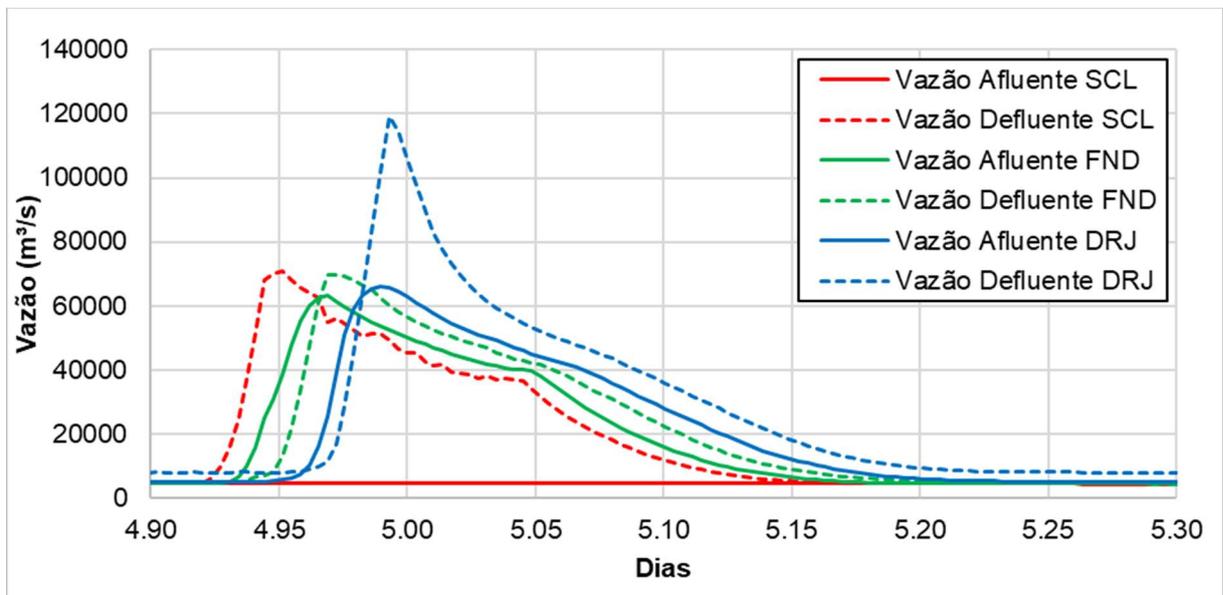


FIGURA 8.15
HIDROGRAMAS AFLUENTES E DEFLUENTES AOS RESERVATÓRIOS (DETALHE DO MOMENTO DA RUPTURA): CENÁRIO TR 10,000 ANOS E ROMPIMENTO DA UHE SCL



QUADRO 8.12
SEÇÕES DE REFERÊNCIA – TRÂNSITO DE CHEIA: CENÁRIO TR 10,000 ANOS E ROMPIMENTO DA UHE SCL

SEÇÃO	DISTÂNCIA DA UHE SCL (KM)	TEMPO DE CHEGADA DO PICO (HORAS)	TEMPO DE TRÂNSITO DO PICO (HORAS)	VAZÃO DE PICO (M ³ /S)
Defluência SCL	0,0	4,92*	0,00	78706
SCL 0100 m	0,1	4,95	0,03	70715
SCL 1000 m	1,0	4,95	0,03	66349
SCL 2000 m	2,0	4,96	0,04	64856
SCL 3000 m	3,0	4,96	0,04	64230
SCL 4000 m	4,0	4,97	0,04	63631
SCL 5000 m	5,0	4,97	0,05	63479
SCL 6000 m	6,0	4,97	0,05	63406
FND 0100 m	15,1	4,97	0,05	69757
FND 1000m	16,0	4,98	0,05	68881
FND 2000 m	17,0	4,98	0,05	68451
FND 3000m	18,0	4,98	0,06	67407
FND 4000 m	19,0	4,98	0,06	67072
FND 5000 m	20,0	4,98	0,06	66811
FND 6000 m	21,0	4,99	0,06	66566
FND 8000 m	22,0	4,99	0,07	66001
DRJ 0100 m	32,1	4,99	0,07	119183
DRJ 1000m	33,0	5,00	0,07	116072
DRJ 2000 m	34,0	5,00	0,07	116132
DRJ 3000 m	35,0	5,00	0,07	114942
DRJ 4000 m	36,0	5,00	0,07	113376
FINAL	36,6	5,00	0,07	112496

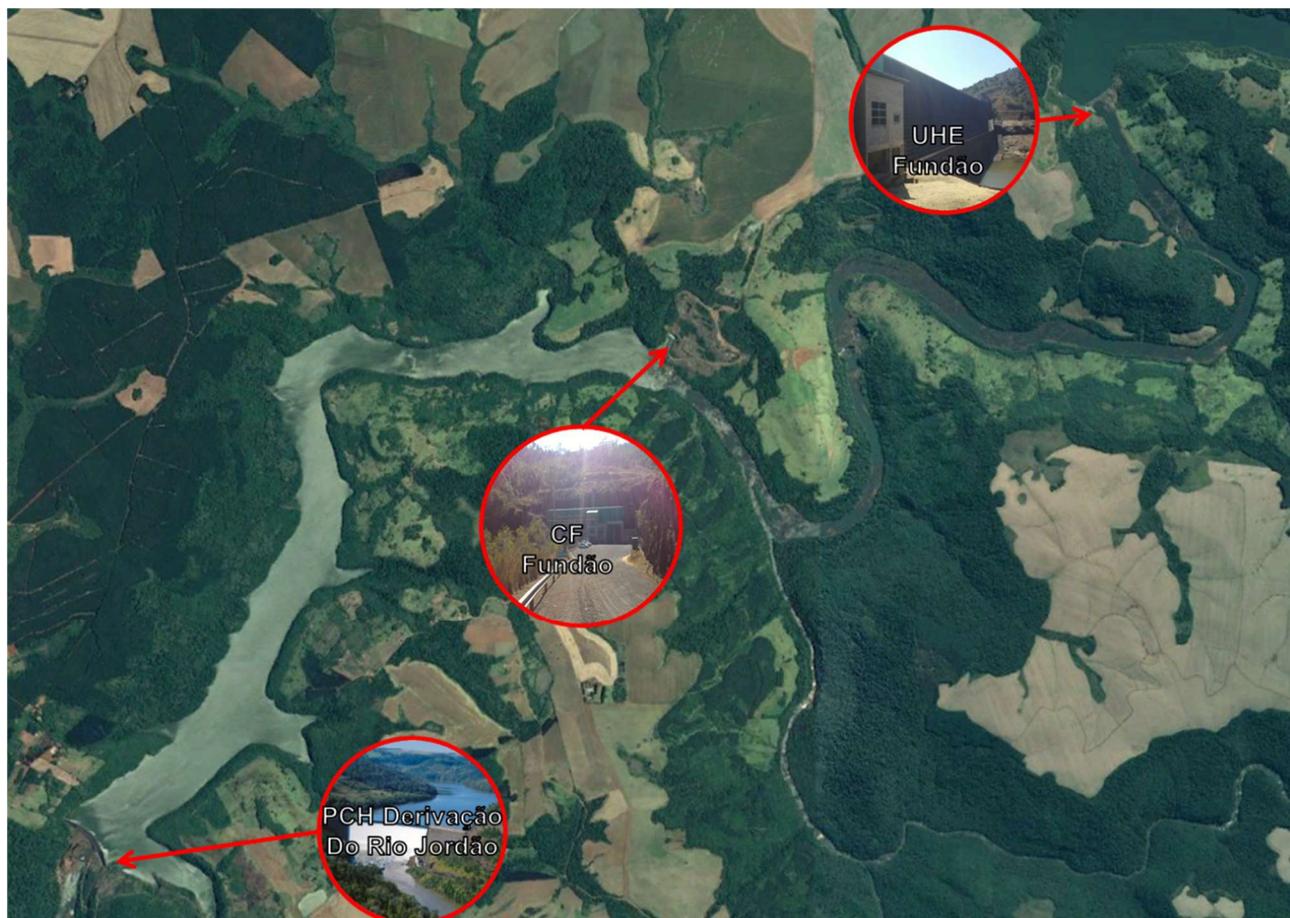
*Tempo de início da ruptura na UHE SCL

8.4 - Vale a Jusante e Definição de ZAS e ZSS

8.4.1 - Caracterização do Vale a Jusante

O vale a jusante da UHE Fundão compreende o trecho entre a UHE Fundão e o reservatório da PCH Derivação do Rio Jordão, não sendo ocupado por pessoas permanentemente. As principais estruturas no vale de jusante são a Casa de Força de Fundão e a PCH Derivação do Rio Jordão. Na Figura 8.16 é apresentada a localização das principais estruturas no vale de jusante da UHE Fundão.

FIGURA 8.16
OCUPAÇÃO VALE A JUSANTE UHE FUNDÃO



Para a elaboração das rotas de fuga, foram identificadas as edificações localizadas a jusante da barragem de Fundão, no trecho compreendido entre a UHE Fundão e a PCH Derivação do Rio Jordão. A identificação dessas edificações foi realizada inicialmente por meio de imagens de satélite, sendo posteriormente verificada em campo pela equipe da ELEJOR.

O Quadro 8.13 apresenta um resumo das edificações identificadas ao longo desse trecho, indicando o tempo estimado de chegada da onda de cheia (considerando o cenário de TR 10.000 com a ruptura da barragem de Fundão), além da destinação de cada edificação, verificada em campo pela equipe da ELEJOR.

QUADRO 8.13
CARACTERIZAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES UHE FUNDÃO

Edificação Potencialmente Afetada (id)	Tempo de Chegada (min)	Destinação
6	0	Casa de Criação – Mangueira para Gado
7	-	Casa de Criação – Mangueira para Gado
8	0	Desocupada e Acesso Fechado com Cerca

8.4.2 - Definição e Caracterização de ZAS e ZSS

A Zona de Autossalvamento (ZAS) é definida como o trecho do vale imediatamente a jusante da barragem delimitado pelo menor valor: a distância que corresponde ao tempo de chegada da onda de inundação no decorrer de 30 (trinta) minutos ou 10 (dez) quilômetros (ANEEL, 2023). **Para a UHE Fundão a ZAS foi definida pela distância percorrida pela onda de cheia em até 30 (trinta) minutos.**

A Zona de Autossalvamento é a região onde admite-se que não há tempo hábil para a intervenção e evacuação da população potencialmente afetada pelos mecanismos de proteção e defesa civil ou autoridades competentes (ANEEL, 2023). **A ZAS da UHE fundão contempla a PCH Fundão.**

A Zona Secundária de Segurança (ZSS) é definida pelo trecho do vale posicionado imediatamente a jusante da ZAS (ANEEL, 2023).

A ZSS está localizada nos municípios de Foz do Jordão e Reserva do Iguaçu, regiões onde os organismos de proteção e defesa civil são atuantes. **Não foram identificadas no presente estudo, edificações ocupadas permanentemente na ZSS que sejam potencialmente afetadas pelo rompimento da barragem da UHE Fundão.**

A comunicação é realizada pelo sistema de alerta sonoro, através de sirenes. A definição da ZAS e ZSS e a localização das sirenes estão no apêndice 15.7, no desenho IFXP00050/00-3H-DE-1025.

8.4.3 - Risco Hidrodinâmico

Os principais parâmetros a serem avaliados na caracterização do risco efetivo ao longo do vale de jusante, além da área atingida pela mancha de inundação, são: a profundidade da onda de cheia e a velocidade de sua propagação. A ameaça provocada por esses dois fatores combinados é chamada de Risco Hidrodinâmico, traduzida pela expressão:

$$\text{Risco Hidrodinâmico} = H \times V$$

Na qual:

H = altura da onda de cheia (m);

V = velocidade de propagação da onda (m/s).

Diversos estudos foram realizados a fim de estabelecer valores para os quais as cheias provocam danos. Em um desses projetos, chamado RescDam (SYNAVEN et al., 2000), foram realizadas simulações com pessoas e modelos físicos de edificações para tentar obter o grau de perigo de uma inundação. No Quadro 8.14 é apresentada a classificação adotada para a caracterização do risco hidrodinâmico.

QUADRO 8.14
CARACTERIZAÇÃO DO RISCO HIDRODINÂMICO

RISCO HIDRODINÂMICO	CONSEQUÊNCIAS
< 0,5	Crianças e deficientes são arrastados
0,5 – 1,0	Adultos são arrastados
1,0 – 3,0	Danos de submersão em edifícios e estruturais em casas fracas
3,0 – 7,0	Danos estruturais em edifícios e possível colapso
> 7,0	Colapso de certos edifícios

Fonte: Synaven et al., 2000.

Segue apresentado no Quadro 8.15 o risco hidrodinâmico associado ao rompimento da barragem para cada edificação identificada ao longo do vale de jusante até o rio Iguaçu.

QUADRO 8.15
RISCO HIDRODINÂMICO NA ÁREA AFETADA PELA MANCHA DE INUNDAÇÃO

VAZÃO RUPTURA	QMLT				TR 1,000 ANOS				TR 10,000 ANOS			
	NÃO	SCL	FND	DRJ	NÃO	SCL	FND	DRJ	NÃO	SCL	FND	DRJ
ID 1		3,2				10,4				37,6		
ID 2		11,3			0,2	22,5	0,2	0,2	0,7	70,5	0,6	0,6
ID 3		35,1			5,8	84,9	5,7	5,7	7,7	42,5	9,5	9,4
ID 4												
ID 5		0,5				1,2				0,5		
*ID 6		195,9	40,5		0,1	232,1	76,6	0,1	2,2	205,9	79,6	3,3
*ID 7		14,8				16,0				23,7		
*ID 8		9,1	0,4			14,6	0,8		0,1	5,6	0,9	0,1
ID 9						0,2				0,0		
ID 10		0,2				3,7				0,1		
ID 11		232,3		51,8		243,8	115,4	101,3		238,3	128,5	89,2
ID 12		180,9		33,3		193,4	85,1	73,3		193,7	95,6	63,9
ID 13		239,0		60,7		253,3	129,5	115,5		254,3	142,6	102,8
ID 14		245,9		16,3		269,6	112,6	81,1		275,7	128,1	77,8

*Edificações entre a UHE FND e UHE DRJ.

8.4.4 - Mapas de Inundação

No estudo de rompimento em cascata das usinas, foram elaborados mapas de inundação com Risco Hidrodinâmico, considerando inundação estática e inundação dinâmica, para as recorrências de QLMT, 1.000 e 10.000 anos. O relatório da Revisão de Ruptura Hipotética de Barragens em Cascata está apresentado no Apêndice 15.8, e os mapas estão apresentados no Apêndice 15.7 e listados a seguir:

- IFXP00050/00-3H-DE-1001 - QMLT CASCATA - RUPTURA UHE DRJ - Risco hidrodinâmico - Inundação Estática;
- IFXP00050/00-3H-DE-1002 - QMLT CASCATA - RUPTURA UHE DRJ - Risco hidrodinâmico - Inundação Dinâmica;
- IFXP00050/00-3H-DE-1003 - QMLT CASCATA - RUPTURA UHE FND - Risco hidrodinâmico - Inundação Estática;
- IFXP00050/00-3H-DE-1004 - QMLT CASCATA - RUPTURA UHE FND - Risco hidrodinâmico - Inundação Dinâmica;

- IFXP00050/00-3H-DE-1005 - QMLT CASCATA - RUPTURA UHE FND - ZAS e ZSS;
- IFXP00050/00-3H-DE-1006 - QMLT CASCATA - RUPTURA UHE SCL - Risco hidrodinâmico - Inundação Estática;
- IFXP00050/00-3H-DE-1007 - QMLT CASCATA - RUPTURA UHE SCL - Risco hidrodinâmico - Inundação Dinâmica;
- IFXP00050/00-3H-DE-1008 - QMLT CASCATA - RUPTURA UHE SCL - ZAS e ZSS;
- IFXP00050/00-3H-DE-1009 - QMLT CASCATA - SEM RUPTURA - Risco hidrodinâmico - Inundação Estática;
- IFXP00050/00-3H-DE-1010 - QMLT CASCATA - SEM RUPTURA - Risco hidrodinâmico - Inundação Dinâmica;
- IFXP00050/00-3H-DE-1011 - TR 1.000 CASCATA - RUPTURA UHE DRJ - Risco hidrodinâmico - Inundação Estática;
- IFXP00050/00-3H-DE-1012 - TR 1.000 CASCATA - RUPTURA UHE DRJ - Risco hidrodinâmico - Inundação Dinâmica;
- IFXP00050/00-3H-DE-1013 - TR 1.000 CASCATA - RUPTURA UHE FND - Risco hidrodinâmico - Inundação Estática;
- IFXP00050/00-3H-DE-1014 - TR 1.000 CASCATA - RUPTURA UHE FND - Risco hidrodinâmico - Inundação Dinâmica;
- IFXP00050/00-3H-DE-1015 - TR 1.000 CASCATA - RUPTURA UHE FND - ZAS e ZSS;
- IFXP00050/00-3H-DE-1016 - TR 1.000 CASCATA - RUPTURA UHE SCL - Risco hidrodinâmico - Inundação Estática;
- IFXP00050/00-3H-DE-1017 - TR 1.000 CASCATA - RUPTURA UHE SCL - Risco hidrodinâmico - Inundação Dinâmica;
- IFXP00050/00-3H-DE-1018 - TR 1.000 CASCATA - RUPTURA UHE SCL - ZAS e ZSS;
- IFXP00050/00-3H-DE-1019 - TR 1.000 CASCATA - SEM RUPTURA - Risco hidrodinâmico - Inundação Estática;
- IFXP00050/00-3H-DE-1020 - TR 1.000 CASCATA - SEM RUPTURA - Risco hidrodinâmico - Inundação Dinâmica;
- IFXP00050/00-3H-DE-1021 - TR 10.000 CASCATA - RUPTURA UHE DRJ - Risco hidrodinâmico - Inundação Estática;
- IFXP00050/00-3H-DE-1022 - TR 10.000 CASCATA - RUPTURA UHE DRJ - Risco hidrodinâmico - Inundação Dinâmica;
- IFXP00050/00-3H-DE-1023 - TR 10.000 CASCATA - RUPTURA UHE FND - Risco hidrodinâmico - Inundação Estática;
- IFXP00050/00-3H-DE-1024 - TR 10.000 CASCATA - RUPTURA UHE FND - Risco hidrodinâmico - Inundação Dinâmica;
- **IFXP00050/00-3H-DE-1025 - TR 10.000 CASCATA - RUPTURA UHE FND - ZAS e ZSS;**
- IFXP00050/00-3H-DE-1026 - TR 10.000 CASCATA - RUPTURA UHE SCL - Risco hidrodinâmico - Inundação Estática;
- IFXP00050/00-3H-DE-1027 - TR 10.000 CASCATA - RUPTURA UHE SCL - Risco hidrodinâmico - Inundação Dinâmica;
- IFXP00050/00-3H-DE-1028 - TR 10.000 CASCATA - RUPTURA UHE SCL - ZAS e ZSS;

- IFXP00050/00-3H-DE-1029 - TR 10.000 CASCATA - SEM RUPTURA - Risco hidrodinâmico - Inundação Estática;
- IFXP00050/00-3H-DE-1030 - TR 10.000 CASCATA - SEM RUPTURA - Risco hidrodinâmico - Inundação Dinâmica.

9 - PLANO DE COMUNICAÇÃO, TREINAMENTOS E ATUALIZAÇÃO DO PAE

9.1 - Plano de Comunicação

A comunicação das informações referente ao Plano de Ação de Emergência da UHE Fundão entre representantes da ELEJOR e representantes dos organismos de Defesa Civil será realizada através de telefone, e-mails, cartas ou ainda reuniões presenciais ou remotas. As reuniões serão sucedidas de atas, a fim de que todas as tomadas de decisão sejam registradas e formalizadas.

Os informativos e comunicações realizados entre a ELEJOR e a população potencialmente afetada serão articulados em parceria com as Defesas Civas locais e ocorrerão através dos meios de comunicação das mesmas.

9.2 - Treinamento e Simulados Práticos

Todos os treinamentos internos e/ou com as Defesas Civas locais referentes à operacionalização do Plano de Ação de Emergência da UHE Fundão serão devidamente registrados em ata.

Os simulados práticos sobre as situações de emergência serão realizados a cada 03 (três) anos com as Defesas Civas e com a população potencialmente afetada da ZAS e da ZSS (caso haja população potencialmente afetada na ZSS) e serão estruturados e organizados em conjunto com os organismos de Proteção e Defesa Civil envolvidos na operacionalização do PAE da UHE Fundão. Durante os simulados práticos, o fluxo de comunicação interna e externa, bem como os números de telefones informados no PAE e o sistema de alerta existente deverão ser testados.

Mesmo com a inexistência de população potencialmente afetada na ZAS e ZSS, os simulados práticos ocorrerão com a mesma periodicidade e serão articulados em parceria com as Defesas Civas, de forma que todos os impactados pelo rompimento hipotético da barragem da UHE Fundão sejam envolvidos na operacionalização dos procedimentos emergenciais contemplados no PAE do empreendimento.

10 - ENCERRAMENTO DAS OPERAÇÕES

O coordenador do PAE, assim que as condições de segurança da barragem forem recuperadas e o risco de rompimento for eliminado deverá emitir a declaração de encerramento de emergência conforme apêndice 15.4.2 para todas as autoridades e agentes que foram mobilizados.

11 - REFERÊNCIAS

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, Resolução Normativa nº 1.064 de 02 de maio de 2023

BRASIL. Lei nº 12.334, de 10 de setembro de 2010.

BRUNNER, Gary W. Using HEC-RAS for Dam Break Studies. US Army Corps of Engineers–Hydrologic Engineering Center, v. 547, 2014.

CHOW, V.T. Open Channel Hydraulics. McGraw-Hill. New York, 1959.

ESPAÑA. Ministerio de Obras Públicas, Transportes Y Medio Ambiente. Guía técnica para la elaboración de los planes de emergencia de presas. Madrid: Secretaria de Estado de Aguas y Costas, 1998.

FROEHLICH, David C. Embankment dam breach parameters and their uncertainties. Journal of Hydraulic Engineering, v. 134, n. 12, p. 1708-1721, 2008.

Guia ABRAGE – Desenvolvimento dos Mapas de Ruptura de Barragem

Guia de Orientações e Formulários dos Planos de Ação de Emergência – PAE. ANA, 2016

SYNAVEN, K. The pilot Project Kyrkojarvi dam and reservoir. 2000.

WISEU, T.; FRANCO, A. B.; ALMEIDA, A. B.; SANTOS, A. Modelos uni e bidimensionais na simulação de cheias induzidas por rotura de barragens – a experiência do vale do Arade. IV SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA, 1999, Coimbra

12 - GLOSSÁRIO

AFLUENTE: Nome dado ao curso d'água que deságua ou desemboca em um rio maior ou em um lago. Sinônimo: TRIBUTÁRIO.

ALTITUDE: Distância existente entre o ponto na superfície da Terra e sua projeção ortogonal. No Elipsóide esta altitude é conhecida como Altitude Geométrica. No Geóide é chamada de Altitude Ortométrica.

ÁREA DO RESERVATÓRIO: Área da superfície livre da água na cota correspondente ao nível máximo normal do reservatório.

BACIA HIDROGRÁFICA: É a unidade territorial de planejamento e gerenciamento das águas. Constitui-se no conjunto de terras delimitadas pelos divisores de água e drenadas por um rio principal, seus afluentes e subafluentes. A bacia hidrográfica evidencia a hierarquização dos rios, ou seja, a organização natural por ordem de menor volume (nascentes e córregos) para os mais caudalosos (rios), escoando dos pontos mais altos para os mais baixos.

BARRAGEM: Estrutura construída em um curso d'água transversalmente à direção de escoamento de suas águas, alterando as suas condições de escoamento natural, objetivando a formação de um reservatório a montante, tendo como principal finalidade a regularização das vazões liberadas à jusante, por meio de estruturas controladoras de descargas. O reservatório de acumulação pode atender a uma ou a diversas finalidades como abastecimento de água para cidades ou indústrias, aproveitamento hidrelétrico, irrigação, controle de enchentes, regularização de curso de água etc.

BATIMETRIA: Medição da profundidade de rios, lagos, mares, etc.

CABECEIRAS: Nascentes de um curso d'água; a parte superior de um rio.

CANAL: Abertura artificial que possibilita o fluxo de água.

CASA DE FORÇA: Espaço de acesso restrito, destinado a albergar os equipamentos eletromecânicos responsáveis pela produção de energia numa barragem ou central hidroelétrica.

CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO: Dispositivo hidráulico que atua na proteção contra sobrepressões resultantes da oscilação de massa de água devido ao interrompimento brusco da operação das turbinas.

CHUVA: Precipitação de água em estado líquido, em sua fase meteórica, na forma de gotas ou gotículas.

CURSO D'ÁGUA: Denominação geral para os fluxos de água em canal natural de drenagem de uma bacia, tais como rio, riacho, ribeirão, córrego etc.

CURSO D'ÁGUA INTERMITENTE: Curso d'água (rio) que, em geral, somente tem água nas estações de chuvas, permanecendo seco durante o período de estiagem. Esse fenômeno ocorre porque o lençol freático se encontra em um nível inferior ao do leito do rio e o escoamento superficial cessa ou ocorre somente durante ou imediatamente após as chuvas.

CURSO D'ÁGUA PERENE: Curso d'água (rio) que se mantém durante todo o período hidrológico, pois o lençol subterrâneo mantém uma alimentação contínua e nunca atinge um nível abaixo do leito do rio, mesmo durante as secas mais severas.

EMPREENDIMENTO: É o conjunto de obras, instalações e operações com a finalidade de produzir bens, de proporcionar meios e/ou facilidades ao desenvolvimento e ao bem-estar social. Define-se também como toda implantação de atividade ou atividade desenvolvida, realizada ou efetivada por uma organização, pessoa física ou jurídica, que ofereça bens e/ou serviços, com vista, em geral, à obtenção de lucros.

ENCHENTE: É o transbordamento das águas do leito natural de um córrego, rio, lagoa, mar etc. Provocado pela ocorrência de vazões relativamente grandes de escoamento superficial, ocasionados comumente por chuvas intensas e contínuas.

ESCOAMENTO: É o modo como flui uma corrente de água (sua vazão, sua velocidade etc.).

EVENTO HIDROLÓGICO CRÍTICO: São os extremos de enchente e de seca, em que ocorrem chuvas torrenciais que ultrapassam a capacidade dos cursos d'água provocando inundações, ou quando as chuvas e o escoamento superficial cessam por longos períodos. São fenômenos naturais que podem ser agravados pela intervenção humana no meio ambiente.

EXUTÓRIO: Linha imaginária da foz de um rio afluente, quanto este deságua em outro rio, lago, mar, etc. Fim do curso d'água.

FLUVIAL: Que é pertencente ou é relativo ao rio.

FOZ: Ponto onde um rio termina, descarregando suas águas no mar, no lago ou em outro rio.

GPS: (Global Positioning System): Sistema global de posicionamento que utiliza sinais de satélite para indicar o posicionamento de um ponto em qualquer lugar do planeta.

HIDRÁULICA: Parte da mecânica dos fluidos que estuda o comportamento da água e de outros líquidos em repouso e em movimento.

HIDROLOGIA: Ciência que trata das águas superficiais e subterrâneas, forma de sua ocorrência, distribuição e circulação através do ciclo hidrológico. A gestão de bacias não pode prescindir da hidrologia, que é a ciência que faz a previsão de vazões mínimas, médias e máximas e regula o seu uso com base nas disponibilidades, naturais e artificialmente possíveis, estas por meio de obras de regularização de vazões.

INUNDAÇÃO: É o fenômeno em que o volume de água de uma enchente transborda do canal natural do rio. Podem ter duas causas: o excesso de chuvas, de tal forma que o canal do rio não suporta a vazão da enchente; ou a existência, a jusante da área inundada, de qualquer obstrução que impede a passagem da vazão de enchente, como por exemplo, um bueiro mal dimensionado ou entupido.

JUSANTE: Em direção à foz. Qualitativo de uma área que fica abaixo de outra.

LAGO: Denominação genérica para qualquer porção de águas represadas, circundada por terras, de ocorrência natural ou resultante da execução de obras, como barragens em curso de água ou escavação do terreno. Pequenos lagos são denominados de lagoas ou ainda de lagunas.

LEITO DE RIO: Canal escavado na parte mais baixa do vale, modelado pelo escoamento da água, ao longo da qual se deslocam, em períodos normais, as águas e os sedimentos do rio.

MAPA DE INUNDAÇÃO: Mapa das áreas inundadas durante eventos hidrológicos e ou rompimento das barragens.

MATA CILIAR: Mata que cresce naturalmente nas nascentes e margens de rios, córregos e lagos ou que foi recomposta, parcialmente ou totalmente, pelo homem. Suas funções, de proteção aos rios são comparadas aos cílios que protegem os olhos, daí o seu nome.

MEANDRO: Curva do rio; sinuosidade do leito do rio, formando amplos semicírculos em zonas de terrenos planos ou curvas fechadas onde as margens são altas e o vale profundamente escovado.

MEDIDAS MITIGADORAS: Medidas destinadas a prevenir impactos negativos ou a reduzir sua magnitude.

MICROCLIMA: Conjunto de condições climáticas que existem até a dois metros do solo ou numa determinada área restrita da superfície terrestre.

MONITORAMENTO HIDROLÓGICO: Acompanhamento quantitativo e qualitativo de um corpo d'água.

MONTANTE: Em direção à cabeceira do rio; em direção rio acima. Qualitativo de uma área que fica acima de outra.

NASCENTE: Local onde se inicia o curso de água; onde o rio nasce.

OBRA HIDRÁULICA: Qualquer obra permanente ou temporária capaz de alterar o regime natural das águas superficiais ou subterrâneas, incluídas as condições qualitativas e quantitativas.

OUTORGA: É um dos instrumentos de gestão de recursos hídricos. É um ato administrativo de autorização (licença), mediante o qual o órgão competente concede ao usuário o direito de uso da água de uma determinada fonte hídrica, com finalidade específica, por prazo determinado, nos termos e nas condições expressas no respectivo instrumento.

PERCOLAÇÃO: Movimento de penetração da água através dos poros e fissuras no solo e subsolo. Este movimento geralmente é lento e a água penetrada manterá ao lençol freático sob pressão hidrodinâmica.

PERÍODO DE RETORNO: Tempo para que uma determinada vazão ocorra novamente, ou seja, significa que em um tempo (T), a vazão (Q) ocorrerá no máximo uma vez.

PLUVIOMETRIA: É o estudo da precipitação, incluindo sua natureza (chuva, neve, granizo etc.), distribuição e técnicas de medição.

PRECIPITAÇÃO: Processo pelo qual a água condensada na atmosfera atinge gravitacionalmente a superfície terrestre. A precipitação ocorre sob as formas de chuva (precipitação pluviométrica), de granizo e de neve.

RESERVATÓRIO DE ÁGUA: Toda massa de água, natural ou artificial, destinado ao armazenamento, à regularização da vazão ou controle dos recursos hídricos. A partir da seção imediatamente a montante de um barramento, é todo volume disponível, cujas as dimensões são a altura atingida pela água e a área superficial abrangida (espelho d'água).

SÉRIE HISTÓRICA: Conjunto de dados e informações de um determinado assunto, existentes entre um período de tempo, por exemplo: quantidade de chuva, vazão de um rio, etc.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG): É um sistema destinado ao tratamento de dados que tenham localização espacial (georreferenciados). Esse sistema manipula dados de diversas fontes, como mapas, imagens de satélite, cadastro e outros, permitindo recuperar e combinar informações e efetuar os mais diversos tipos de análise espacial sobre os dados. É muito utilizada a sigla GIS (do inglês Geographic Information System) para se referir ao Sistema de Informações Geográficas.

VERTEDOURO: Estrutura hidráulica destinada a descarregar as cheias.

TALVEGUE: Linha imaginária que percorre a parte mais funda do leito de um curso d'água ou de um vale. O termo significa "caminho do vale".

TOMADA D'ÁGUA: É uma estrutura construída em concreto, alvenaria ou outro material em um corpo hídrico ou estrutura hidráulica para a captação ou derivação de água para determinada finalidade.

TALUDE: Inclinação natural ou artificial de morros ou acúmulo de solo na vertical; tem como principal função garantir estabilidade do terreno.

TRANSPOSIÇÃO DE BACIA: Reversão de Bacia. Transferir, através de canais, água de uma bacia hidrográfica para outra.

TURBINA: Máquina geradora de energia mecânica rotatória a partir da energia cinética de um fluido.

VÁRZEA: Áreas planas, próximas ao leito do rio, que geralmente ficam inundadas quando, em períodos de chuva, o volume de água é maior que a capacidade normal de escoamento do canal, ocasionando seu transbordamento.

VAZÃO: É o volume de água que passa por uma seção de um rio ou canal durante uma unidade de tempo. Usualmente é dado em litros por segundo (l/s), em metros cúbicos por segundo (m³/s) ou em metros cúbicos por hora (m³/h).

13 - EQUIPE RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DO PAE

No Quadro 13.1 é apresentada a equipe técnica responsável pelo PAE.

QUADRO 13.1
EQUIPE TÉCNICA

Função do Profissional	Nome
Engenheiro Civil - Responsável Técnico	Diego David Baptista de Souza
Engenheiro Civil - Supervisão	Anaximandro Steckling Müller
Engenheira Civil – Coordenação dos Estudos	Juliana da Silva
Engenheiro Sanitarista e Ambiental - Hidráulica e Hidrologia	Matheus Willinghoefer
Engenheira Sanitarista e Ambiental - Hidráulica e Hidrologia	Bruna Moraes Vicente
Engenheira Civil - Hidráulica e Hidrologia	Sophia Kallena Borba Claro
Engenheiro Civil - Estruturas	Sergio De Pauli Basso
Engenheiro Civil - Estruturas	David Guillermo Esteche Pedrozo
Engenheiro Civil - Geotécnico	Lucas Rodrigues Heckrath
Engenheira Civil - Geotécnica	Gisele Marilha Pereira

14 - APROVAÇÃO DO PAE

No Quadro 14.1 é apresentada a folha de controle de revisão do PAE.

QUADRO 14.1
CONTROLE DE REVISÃO DO PAE

Atualização	Data	Descrição	Elaborado	Aprovado

15 - APÊNDICES

15.1 - Ficha Técnica do Empreendimento

USINA HIDRELÉTRICA				Fundão							
EMPRESA				ELEJOR - Centrais Elétricas do Rio Jordão S.A.							
ETAPA				Projeto Básico 2002							
1 LOCALIZAÇÃO											
Rio				Jordão							
Barragem											
Latitude				25°42'31"S							
Longitude				51°59'53"W							
Casa de Força											
Latitude				25°43'16"S							
Longitude				55°02'17"W							
Bacia				Paraná							
Sub-Bacia				Iguaçu							
Município Margem Direita				Foz do Jordão							
Município Margem Esquerda				Pinhão							
Distância da Foz				22,7 km							
2 DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS											
Postos Fluviométricos de Referência											
Cod	6,6E+07	Nome	Santa Clara	Rio	Jordão	Área de Drenagem	3.910 km ²				
Cod	6,6E+07	Nome	Segredo	Rio	Iguaçu	Área de Drenagem	34.100 km ²				
Cod	6,6E+07	Nome	Salto Osório	Rio	Iguaçu	Área de Drenagem	45.800 km ²				
Área de drenagem do barramento						4.090 km ²					
Prec. Média anual (bacia)						1.820 mm					
Prec. Média anual (reserv.)						1.860 mm					
Evap. Real média anual (reserv.)						1.279 mm					
Evaporação Média Mensal						106,6 mm					
Vazão MLT (per.: jan-31 a dez-96)						104,8 m ³ /s					
Vazão firme						95%					
Vazão máx. registrada*:						1.412,5 m ³ /s					
Vazão mín. registrada*:						9,1 m ³ /s					
Vazão mín. média mensal: (ago/44)						12,1 m ³ /s					
Vazão de projeto (TR: 10.000 anos)						7.227 m ³ /s					
Vazão obras desvio (TR: > 20 anos período menores cheias)						1121 m ³ /s					
* Na estação Santa Clara											
Vazões Médias Mensais (m³/s) - Período: 1931 a 1996											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
92,1	94,6	83,7	76,9	112,4	127,9	121,3	91,6	112,9	138,8	111,3	94,3

Evaporação Real Média Mensal (mm/mês) - Período: 1931 a 1960											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
156	147	152	124	106	85	66	61	70	85	98	129
Dias de Chuva (Média Mensal) - Período: 1949 a 1997											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
12	11	9	7	7	8	7	7	9	10	9	11
3 RESERVATÓRIO											
N.A. de Montante											
Min. Normal										705,50 m	
Máx. normal										705,5 m	
Max. Maximorum										711,00 m	
N.A. de Jusante											
Mínimo										602,00 m	
Max. Normal										609,00 m	
Máx. excepcional										615,00 m	
Áreas Inundadas											
No N.A. máx. maximorum										2,5 km ²	
No N.A. máx. normal										2,15 km ²	
No N.A. mín. normal										2,15 km ²	
Volumes											
No N.A. máximo normal										34,49x10 ⁶ m ³	
Abaixo da soleira do vertedouro										34,49x10 ⁶ m ³	
Outras Informações											
Vida útil do reserv. com Santa Clara										1326 anos	
Vida útil do reserv. sem Santa Clara										171 anos	
Profundidade média										16,0 m	
Profundidade máxima										~52,0 m	
Tempo de formação do reservatório										3,8 dias	
Tempo de residência										3,8 dias	
4. DESVIO											
Tipo										túnel	
Vazão de desvio (TR: > 20 anos período menores cheias)										1.121 m ³ /s	
Túnel											
Número de unidades										1	
Seção										arco-retângulo - 9,5x11,00 m	
Comprimento										~150 m	
Ensecadeiras											
Crista ensecadeira de montante										684,00 m	
Crista ensecadeira de jusante										670,50 m	
Comporta Stoplog de Concreto											
Número de Painéis										15	
Largura do vão de vedação										9,5 m	
Altura do vão de vedação										15,0 m	

5 BARRAGEM	
Tipo de estrutura/material	gravidade, CCR
Comp. Total da crista (com vertedouro)	445,9 m
Altura máxima	~42,5 m
Cota da crista	712,50 m
6 VERTEDOURO	
Tipo	livre, sobre a barragem
Capacidade (vazão efluente)	7.227 m ³ /s
Cota da soleira	705,50 m
Número de vãos	1
Comprimento total	249,9 m
7 SISTEMA ADUTOR	
Túnel de Adução (Baixa Pressão)	
Comprimento	3.660 m
Seção	arco-retângulo - 9,4 m
Câmara de Carga	
Largura (nível normal)	59 m
Comprimento (nível normal)	~68 m
Tomada d'Água	
Altura total	33,50 m
Numero de vãos	2
Túnel Forçado (Alta Pressão)	
Numero de unidades	2
Comprimento (trecho em concreto)	~193 m
Diâmetro interno (trecho em concreto)	4,50 m
Comprimento (trecho blindado)	~68 m
Diâmetro interno (trecho blindado)	4,00 m
Comporta Vagão	
Largura	3,75 m
Altura	~4,8 m
Comporta Ensecadeira	
Largura	3,75 m
Altura	~5,1 m
Grades	
Painéis	5
Largura	6,0 m
Altura total	9,5 m
8 CASA DE FORÇA / CANAL DE FUGA	
Tipo	abrigada
Nº de unidades geradoras	2
Larg. Dos blocos das unidades	13 m
Larg. Da área de montagem	23 m
Comprimento total	50 m

PCH	
Tipo	abrigada
Nº de unidades geradoras	1
9 TURBINAS	
Tipo	Francis de eixo vertical
Potência unitária nominal	61 MW
Rotação síncrona	257,14 rpm
Queda Nominal	90,17 m
PCH	
Tipo	Francis de eixo horizontal
Potência unitária nominal	2,5 MW
10 GERADORES	
Potência unitária Nominal	66,76 MVA
Rotação síncrona	257,14 rpm
Tensão nominal	13,8 kV
PCH	
Potência unit. Nominal	3,75 MVA
11 ESTUDOS ENERGÉTICOS	
Operação reservatório	fio d'água
Queda de referência	84,78 m
Vazão de referência	160,0 m³/s
Potência da usina	120 MW
Potência da PCH	3,5 MW
Potência total	122,5 MW
Energia assegurada da usina	65,8 MW médios
Energia média	66,83 MW médios
Energia firme PCH	2,23 MW médios
Potência assegurada	110,9 MW

15.2 - Lista de Contatos para Notificação

15.2.1 - Contatos Internos

QUADRO 15.1
LISTA DE CONTATOS INTERNOS

EMPREENDEDOR	Centrais Elétricas do Rio Jordão S/A	
	Telefone: (41) 3262-0106	
COORDENADOR DO PAE	Nome: Emerson Luís Alberti	
	Telefone (41) 3262-0106	
	Celular: (41) 99994-3148	
SUBSTITUTO DO COORDENADOR DO PAE	Nome: Gecenyl Ramos de Souza	
	Telefone: (41) 9 8535-3989	

15.2.2 - Contatos Externos

QUADRO 15.2
LISTA DE CONTATOS EXTERNOS

Corpo de Bombeiros		Emergência: 193	
Polícia Rodoviária Federal		Emergência: 191	
ENTIDADES FISCALIZADORAS	ANEEL	Telefone: 0800 7270167	
		Emergência: 167	
	ONS	Telefone: (61) 3241-5000	
	ANA	Telefone: (61) 2109-5487	
USINAS DA CASCATA	UHE Santa Clara (ELEJOR):	Telefone: (41) 3262-0106	
		Telefone: (42) 3629-1352	
		Telefone: (42) 3629-1352:	
	PCH Derivação do Rio Jordão (COPEL):	Adrian T de Lira	Celular: (42) 99818-7772
		Fabio R.Carreira	Celular: (42) 99924-4114
		Supervisor	Celular: (42) 98814-8547
	UHE Segredo (COPEL)	Adrian T de Lira	Celular: (42) 99818-7772
		Fabio R.Carreira	Celular: (42) 99924-4114
		Supervisor	Celular: (42) 98814-8547
	UHE Salto Santiago (ENGIE)	Usina	Telefone: (46) 3246-8300
Telefone: (46) 3246-8312			
Telefone: (46) 3246-1314			
Hidrologia		Telefone: (48) 3221-7342	
		Telefone: (48) 3221-7078	
		Celular: (48) 9960-8640	
AUTORIDADES E SISTEMA DE DEFESA CIVIL	Prefeitura do Município de Candói	Telefone: (42) 3638-8000	
	Prefeitura do Município de Foz do Jordão (ZAS e ZSS)	Telefone: (42) 3639-8100	

	Prefeitura do Município de Reserva do Iguaçu (ZSS)	Telefone: (42) 3651-8000
	Defesa Civil do Município de Pinhão (ZAS)	Telefone: (42) 3677-2009 ou (42) 3677-1558
	Prefeitura do Município de Pinhão (ZAS)	Telefone: (42) 3677-8400
	Coordenadoria Regional de Proteção e Defesa Civil – 12 ^a CORPDEC - Guarapuava	Telefone: (42) 3630-2400
	Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Estado do Paraná	Nome do contato: Coronel Fernando Raimundo Schünig
		Telefone: (41) 3281-2512
	Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD)	Armin Augusto Braun
		Telefone: (61) 2034-4601
	Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN)	Telefone: (12) 3205-0200 ou (12) 3205-0201
GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ	Gabinete do Governador	Telefone: (41) 3350-2999
		Telefone: (41) 3350-2852
	Casa Civil	Telefone: (41) 3350-2400
ÓRGÃOS AMBIENTAIS	Instituto Água e Terra - IAT	Telefone: (41) 3213-3700
	IBAMA	Telefone: 0800-61 8080
	Secretaria do Desenvolvimento Sustentável - Sedest	Telefone: (41) 3304-7700
	ICMBio	Telefone: (61) 2028-9065

15.3 - Respostas a Possíveis Condições de Emergência

No nível de emergência a ruptura já é visível ou constitui uma realidade em curto prazo tais como:

- Nível de água acima do Máximo Maximorum;
- Deslizamento e/ou tombamento parcial ou total da barragem;
- Abertura de brecha na estrutura com descarga incontrolável de água;
- Colapso completo da estrutura.

Nestas condições a principal ação a ser tomada é o acionamento do sistema de alerta à população nas ZAS com vistas à sua evacuação. Deverão também ser desencadeadas as ações de comunicação às autoridades e as usinas da cascata.

15.4 - Formulários

15.4.1 - Declaração de Início de Emergência

DECLARAÇÃO DE INÍCIO DE EMERGÊNCIA

URGENTE

Situação: _____

Empreendedor: ELEJOR _____

Barragem: UHE Fundão _____

Eu, (_____), na condição de coordenado do Plano de Ação Emergencial PAE da UHE Fundão e no uso das atribuições e responsabilidades que me foram delegadas, efetuo o registro da **DECLARAÇÃO DE INÍCIO DE EMERGÊNCIA**, na situação de _____ a partir das (__:__) de (__/__/____), em função da ocorrência de:

_____, ____ de _____ de _____

Nome: _____

Assinatura: _____

Cargo: _____

RG: _____

FIM DA MENSAGEM

15.4.2 - Declaração de Encerramento de Emergência

DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DE EMERGÊNCIA

URGENTE

Situação: _____

Empreendedor: ELEJOR

Barragem: UHE Fundão

Eu, (_____), na condição de coordenado do Plano de Ação Emergencial PAE da UHE Fundão e no uso das atribuições e responsabilidades que me foram delegadas, efetuo o registro da **DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DE EMERGÊNCIA**, na situação de _____ a partir das (__:__) de (__/__/____), em função da ocorrência de:

_____ de _____ de _____

Nome: _____

Assinatura: _____

Cargo: _____

RG: _____

FIM DA MENSAGEM

15.4.3 - Mensagens de Notificação

MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO

Mensagem resultante da aplicação do Plano de Ação Emergencial (PAE) da UHE Fundão em (__/__/__)

Município: Candói Rio: Jordão Bacia Hidrográfica: Rio Paraná

A partir das (__:__) de (__/__/__), será ativado o nível de resposta:

VERDE

AMARELO

LARANJA

VERMELHO

A causa da declaração é:

Esta é uma mensagem de _____ do nível de segurança, feita pelo coordenador do PAE.

Solicitamos confirmar seu recebimento, pelo telefone: _____
e/ou e-mail: _____.

Nós o manteremos atualizado da situação em caso de mudança do nível de segurança, sua resolução ou piora. Nova comunicação será emitida novamente, para sua atualização.

Para outras informações entre em contato pelo telefone: _____

e/ou e-mail: _____.

FIM DA MENSAGEM

15.7 - Mapas de Inundação

15.8 - Revisão de Ruptura Hipotética de Barragens em Cascata