


AVAILABLE LANGUAGE: PT

Plano de Ação de Emergência

PCH Lajes - RN1129-25ANEEL

File: GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.001.05.docx

05	15.12.25	O &M Country			BRUNA GOMIDES GOUVEIA				JULIANA MARTINS PEREIRA			JULIANA MARTINS PEREIRA								
04	12.12.24	O &M Country			BRUNA GOMIDES GOUVEIA			PEDRO SOUZA	JULIANA MARTINS PEREIRA			JULIANA MARTINS PEREIRA								
03	22.12.23	O &M Country			BRUNA GOMIDES GOUVEIA			RAQUEL MARTINS	JULIANA MARTINS PEREIRA			JULIANA MARTINS PEREIRA								
02	15.12.22	O &M Country			BRUNA GOMIDES GOUVEIA				JULIANA MARTINS PEREIRA			JULIANA MARTINS PEREIRA								
01	15.12.21	O &M Country			BRUNA GOMIDES GOUVEIA				JULIANA MARTINS PEREIRA			JULIANA MARTINS PEREIRA								
00	30.07.19	O &M Country			ANTÔNIO SERGIO PORTELINHA				JULIANA MARTINS PEREIRA			ANTÔNIO SERGIO PORTELINHA								
REV.	DATE	DESCRIPTION			PREPARED			CONTRIBUTION	VERIFIED			VALIDATED								
PROGETTO / IMPIANTO PROJECT / PLANT PCH LAJES		EGP CODE																		
		GROUP	FUNCION	TYPE	ISSUER	COUNTRY		TEC.	PLANT						SYSTEM		PROGRESSIVE		REVISION	
		GRE	OEM	R	8	8	B	R	H	6	8	4	9	6	0	9	0	0	1	0
CLASSIFICATION		PUBLIC <input checked="" type="checkbox"/>			CONFIDENTIAL <input type="checkbox"/>			UTILIZATION SCOPE Basic Design,Detailed Design,Issue for Construction, etc.												
		COMPANY <input type="checkbox"/>			RESTRICTED <input type="checkbox"/>															

	<p>INTERNAL</p> <p>Operation & Maintenance</p>	<p>CODE</p> <p>GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.001.05</p>
		<p>PAGE</p> <p>2 of 26</p>


Controle de Distribuição do Plano de Ação de Emergência

Somente para Uso Oficial

Cópia	Entidade	Recebimento	Identificação	Assinatura


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

Revisão	Data	Preparado	Revisão / Atualização / Descrição
00	30.07.2019	ANTÔNIO SERGIO PORTELINHA	Emissão Inicial
01	15.12.2021	BRUNA GOMIDES GOUVEIA	Atualização de Equipe
02	15.12.22	BRUNA GOMIDES GOUVEIA	Atualização de Equipe e Contatos.
03	22.12.2023	BRUNA GOMIDES GOUVEIA	Atualização de Equipe e Contatos, Mapeamento de População e Plano de Evacuação e Estudo de Ruptura.
04	12.12.2024	BRUNA GOMIDES GOUVEIA	Atualização de Equipe, Contatos e Relatório de Simulado
05	15.12.2025	BRUNA GOMIDES GOUVEIA	Atualização de Equipe, Contatos e Instalação de Sirenes

	<p>INTERNAL</p> <p>Operation & Maintenance</p>	<p>CODE</p> <p>GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.001.05</p>
		<p>PAGE</p> <p>3 of 26</p>

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO	4
2.	RESPONSÁVEIS PELO DOCUMENTO	4
2.1.	REFERÊNCIA	4
3.	IDENTIFICAÇÃO DO REPRESENTANTE LEGAL DO EMPREENDEDOR.....	5
4.	IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL TÉCNICO DO PSB E PAE	5
4.1.	COORDENADOR RESPONSÁVEL PELO PAE	5
5.	FICHA TÉCNICA.....	5
6.	RESPONSABILIDADES GERAIS DO PAE	6
6.1.	EMPREENDEDOR	6
6.2.	COORDENADOR RESPONSÁVEL PELO PAE	7
6.3.	COORDENAÇÃO TÉCNICA CIVIL - ENGENHEIRO RESPONSÁVEL PELO PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM.....	7
6.4.	RESPONSÁVEL LOCAL NA BARRAGEM	7
6.5.	ORGANIZAÇÃO DA EQUIPE TÉCNICA	8
7.	CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA.....	10
8.	AÇÕES ESPERADAS PARA CADA NÍVEL DE RESPOSTA	11
9.	FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÕES E COMUNICAÇÃO	12
9.1.	SISTEMA DE PROTEÇÃO, DEFESAS CIVIS E AGENTES INTERNOS E EXTERNOS	13
10.	SIMULAÇÃO HIDRODINÂMICA DE RUPTURA DA BARRAGEM	14
10.1.	PARÂMETROS E CRITÉRIOS ADOTADOS	15
10.2.	CONCLUSÕES	24
11.	TREINAMENTOS - PAE.....	24
12.	SISTEMA SONORO DE ALERTA	24
13.	ASSINATURA DOS RESPONSÁVEIS	25
14.	MANCHAS DE INUNDAÇÃO.....	26
15.	ANEXOS.....	26
	ANEXO 1: MAPAS ZONA DE AUTOSSALVAMENTO	26
	ANEXO 2: PLANO DE EVACUAÇÃO.....	26
	ANEXO 3: ESTUDO DE RUPTURA	26
	ANEXO 4: RELATÓRIO DE SIMULADO LAJES.....	26
	ANEXO 5: RELATÓRIO DE INSTALAÇÃO DE SIRENES	26

	<p>INTERNAL</p> <p>Operation & Maintenance</p>	<p>CODE</p> <p>GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.001.05</p>
		<p>PAGE</p> <p>4 of 26</p>

1. INTRODUÇÃO

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

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

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

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

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

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

2. RESPONSÁVEIS PELO DOCUMENTO

Responsável pela elaboração do documento:


- Engenheira Bruna Gomides Gouveia

Responsável pela aprovação do documento:

- Engenheira Juliana Martins Pereira

2.1. REFERÊNCIA

- Ref. [1]: GRE.OEM.C.88.BR.H.00115.00.006.00- Relatório de Avaliação Bidimensional de Ruptura da Barragem de Lajes.

	<p>INTERNAL</p> <p>Operation & Maintenance</p>	<p>CODE</p> <p>GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.001.05</p>
		<p>PAGE</p> <p>5 of 26</p>

3. IDENTIFICAÇÃO DO REPRESENTANTE LEGAL DO EMPREENDEDOR

- Diretor Jayme Barg

4. IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL TÉCNICO DO PSB E PAE


- Engenheira Juliana Martins Pereira

4.1. COORDENADOR RESPONSÁVEL PELO PAE

- Leonan De Souza Menezes

5. FICHA TÉCNICA

Identificação	
Nome da barragem: PCH LAJES	Empresa: Enel Green Power
Situação: Em operação	Ano de construção: 1970
Localização	
Município: Piraquê	Estado: Tocantins
Curso d'Água: Rio Ribeirão das Lajes	
Sub-bacia/Código:	
Bacia/Código: (Rio Ribeirão das Lajes)	
Barragem: PCH LAJES	
Dados Hidrometeorológicos	
Vazões Características	
Vazão Média de Longo Termo: 38,6 m³/s	Período Histórico Completo: 1973-2007
	Área de Drenagem do Barramento: 725,0km²
Vazões Extremas	
Vazão Máxima de Projeto (TR = 10.000 anos): 290,4 m³/s	
Reservatório	
NAs de Montante	Áreas Inundadas
NA máximo maximorum: 180,99m	NA máximo normal: 0,866km²
NA máximo normal: 180,05m	Volume no N.A. Máximo Normal (hm³): 8,30
NA normal operativo: 179,55m	

	<p>INTERNAL</p> <p>Operation & Maintenance</p>	<p>CODE</p> <p>GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.001.05</p>
		<p>PAGE</p> <p>6 of 26</p>

NA mínimo normal: 179,05m	
Barragem Principal	
Características	
Tipo: de terra, homogênea estrutura de concreto ao centro do vale	
Comprimento total da crista: 245,0m	
Altura máxima: 6,0m	
Cota da crista: 181,81m	
Largura da crista: ~4,0m	
Vertedouro	Tomadas d'Água
Características	
Tipo: soleira livre	Tipo: Concreto. Possui três grupos geradores providos de turbinas hidráulicas tipo Francis, de eixo horizontal.
Capacidade: 290,3m³/s	
Cota da soleira: 179,55m	
Comprimento total: 90,0m	

6. RESPONSABILIDADES GERAIS DO PAE

6.1. EMPREENDEDOR

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


É atribuição do **Empreendedor**:

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

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

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

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

	<p>INTERNAL</p> <p>Operation & Maintenance</p>	<p>CODE</p> <p>GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.001.05</p>
		<p>PAGE</p> <p>7 of 26</p>

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

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

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

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

6.2. COORDENADOR RESPONSÁVEL PELO PAE

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

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


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

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

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

6.4. RESPONSÁVEL LOCAL NA BARRAGEM

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

	<p>INTERNAL</p> <p>Operation & Maintenance</p>	<p>CODE</p> <p>GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.001.05</p>
		<p>PAGE</p> <p>8 of 26</p>

6.5. ORGANIZAÇÃO DA EQUIPE TÉCNICA

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

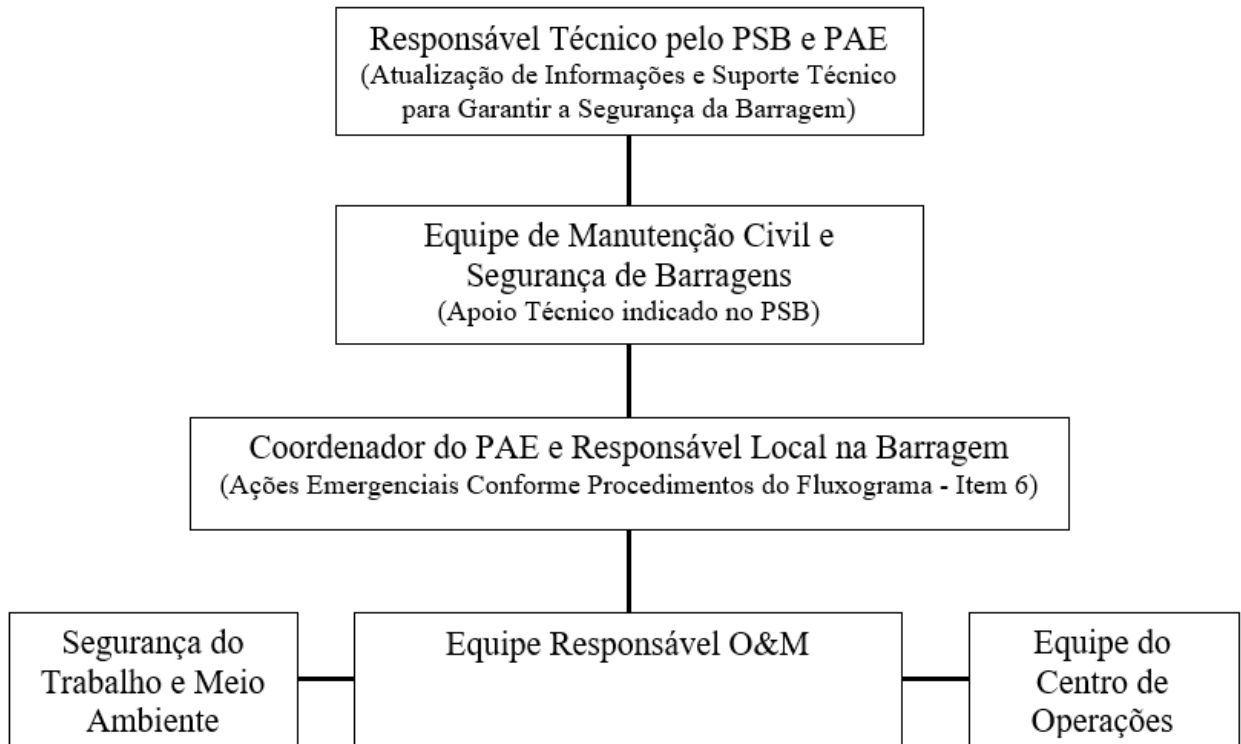


Figura 1 – Organização da Equipe Técnica

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


	<p>INTERNAL</p> <p>Operation & Maintenance</p>	<p>CODE</p> <p>GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.001.05</p>
		<p>PAGE</p> <p>9 of 26</p>

Tabela 1 – Disponibilidades em Operação Normal e Emergência

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

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


Coordenador do PAE e Responsável Local na Barragem				
Nº de pessoas	Titulação	Disponibilidade em operação normal	Disponibilidade em emergência	Localização
1	Mantenedor	Total	Total	Araguaína- TO

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

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

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

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

	<p>INTERNAL</p> <p>Operation & Maintenance</p>	<p>CODE</p> <p>GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.001.05</p>
		<p>PAGE</p> <p>10 of 26</p>

7. CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA

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

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

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

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

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


	INTERNAL Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.001.05
		PAGE 11 of 26

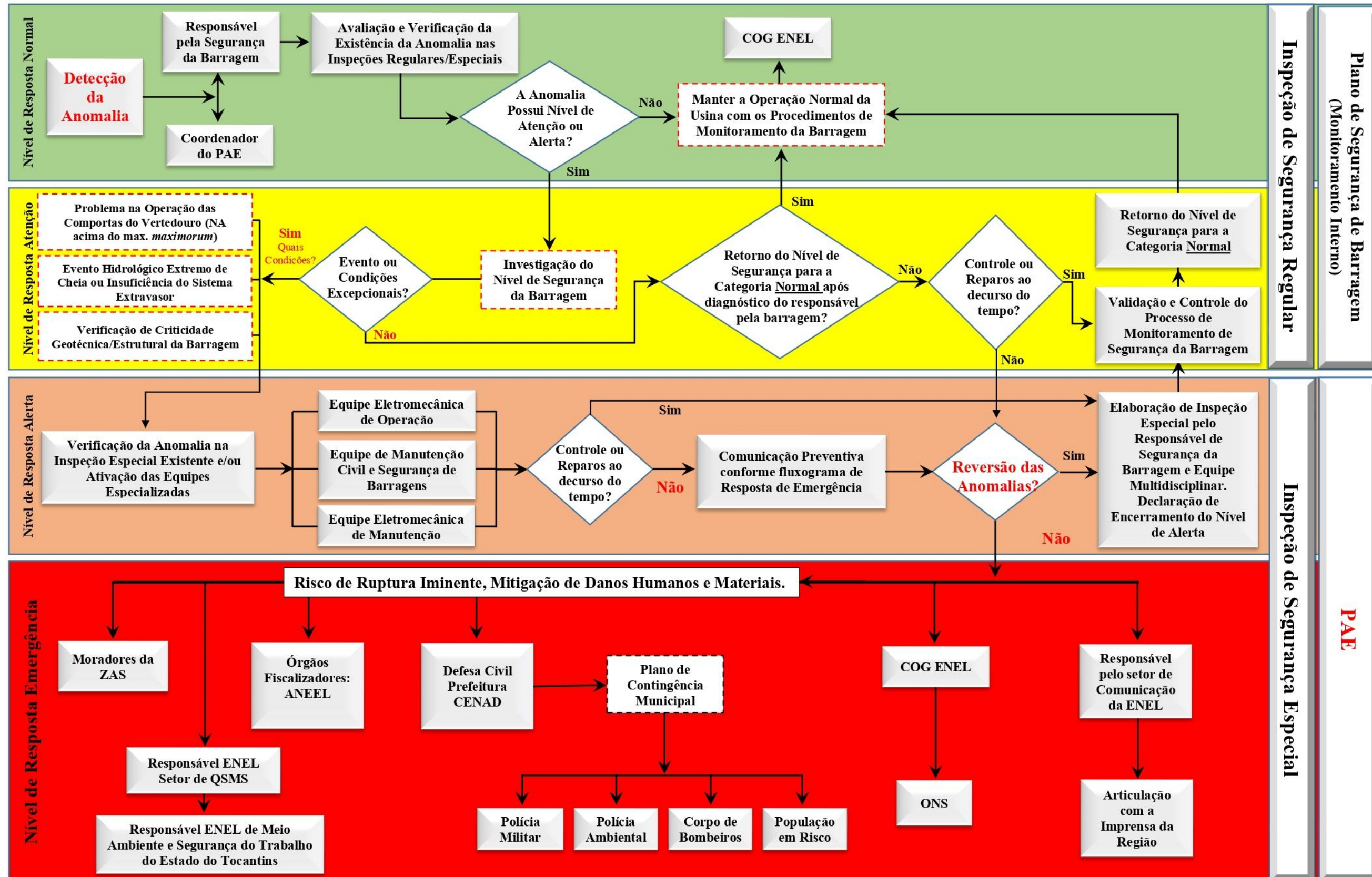
Tabela 2 – Critérios para enquadramento do Nível de Resposta (NR) (Parte 2/2)


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

8. AÇÕES ESPERADAS PARA CADA NÍVEL DE RESPOSTA

As ações esperadas para cada situação envolvem a adoção de ações de controle/resposta e de notificação próprias para cada Nível de Resposta, conforme indicado a seguir no fluxograma de comunicação.


9. FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÕES E COMUNICAÇÃO



	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.001.02
		PAGE 13 of 26

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

CARGO	CONTATO	ENDEREÇO ELETRÔNICO	TELEFONE
Responsável Legal Diretor	Jayme Barg		
Engenheiro Responsável pelo Plano de Segurança de Barragem e Gerente Segurança de Barragem e Infraestrutura Civil	Juliana Martins Pereira		
Responsável pelas ações do PAE	Leonan De Souza Menezes		
Coordenação O&M	Diego Rosa		
Mantenedor Operação	Thiago Barbosa Resplande		
Diretor de Segurança do Trabalho e Meio Ambiente QSMS	Thiago De Figueiredo Mundim		
Coordenadora de Segurança do Trabalho	Alessandra Conceição		
Coordenadora de Meio Ambiente	Soraya Cavalieri		
Responsável de Meio Ambiente	Breno Rattes		
Coordenador de HSEQ	Mucio Cazarotti Faria		
Gerente do Centro de Operações - COG	Ighor Teixeira Logsdon		
Tempo Real - COG	Tempo Real		
Diretor de Comunicação	Helio Muniz		
Responsável Relações com a Mídia	Maria Fernanda de Freitas		
Responsável de Relações Institucionais	Alexandra Valença		
Diretora de Regulação	Anna Paula Pacheco		
Responsável de Regulação	Aldo de Jesus Pessanha		


	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.001.02
		PAGE 14 of 26

ENTIDADE	ENDEREÇO ELETRÔNICO	TELEFONE	ENDEREÇO
Prefeitura Municipal de Wanderlândia	adm@wanderlandia.to.gov.br	(63) 3453-1634	Pça. Antônio Neto das Flores, 814, Centro - Wanderlândia/TO
Prefeitura Municipal de Piraquê	pmpiraque20212024@gmail.com	(63) 3479-1219	Av. César Batista Nepomuceno, 1330 Piraquê-TO
Defesa Civil Municipal de Piraquê	poliadias15@gmail.com secretariambpiraque@gmail.com	(63) 3479-1219	Av. César Batista Nepomuceno, 1330 Piraquê-TO
Defesa Civil de Tocantins	defesacivil@bombeiros.to.gov.br	(063) 99286-4588	Ten Cel QOBM Erisvaldo de Oliveira Alves
Superintendente de Proteção e Defesa Civil			
2º Batalhão de Polícia Militar	2bpm_pmerj@to.gov.br	(63) 3414-1268 (63) 3421-1260	Av. Filadélfia, 3860, St. Oeste, Araguaína - TO
2º Batalhão de Bombeiros Militar	2bbm@bombeiros.to.gov.br	(63) 3414-4384	Rua Deusarina Ayres, s/n, Setor Jardim Filadélfia -
Prefeitura Municipal de Piraquê	pmpiraque20212024@gmail.com	(63) 3479-1219	Av. César Batista Nepomuceno, 1330
Polícia Rodoviária do Tocantins	sup.to@prf.gov.br	(63) 3215-9700	Rua NO 13, Conj. 02, 05 B, Palmas/TO - CEP: 77001-133

ENTIDADE	CARGO	CONTATO	ENDEREÇO ELETRÔNICO
Ibama	Superintendente do IBAMA em Tocantins	ISAC BRAZ DA CUNHA	supes.to@ibama.gov.br
ANEEL	Diretor Geral	Sandoval de Araújo Feitosa Neto	gabinete.dg@aneel.gov.br
Prefeitura Municipal de Piraquê	Prefeito	Silvino Oliveira de Sousa (Neto SOS)	pmpiraque20212024@gmail.com
Defesa Civil Municipal de Piraquê	Coordenador	Pollyana Dias	poliadias15@gmail.com secretariambpiraque@gmail.com
Ibama	Superintendente do IBAMA em Tocantins	LEANDRO MILHOMEM COSTA	supes.to@ibama.gov.br

10. SIMULAÇÃO HIDRODINÂMICA DE RUPTURA DA BARRAGEM

A CGH Lajes foi construída no ribeirão das Lajes (rio Araguaia: sub-bacia 28) e situa-se no município de Piraquê, estado do Tocantins, a aproximadamente 100 km do município de Carolina/MA e 380 km da capital Palmas/TO. As coordenadas do local são 48°09'03" W, 6°46'55" S.

	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.001.02
		PAGE 15 of 26

A bacia de drenagem da usina tem uma área de aproximadamente 725 km² e o reservatório tem uma área de aproximadamente 0,917 km² no NA normal.

A CGH Lajes é uma usina que opera a fio d'água, cuja barragem é de terra, com estruturas de adução e vertedor (soleira livre) em concreto armado.

A barragem possui 449 m de comprimento total e 6 m de altura média, com a crista da barragem na cota 182 m.

As estruturas hidráulicas da CGH Lajes consistem na tomada d'água, canal de adução, câmara de carga, casa de força, descarregador de fundo e vertedouro.

A tomada d'água e o vertedouro formam uma unidade contígua de concreto.

O vertedouro possui 20 vãos com 4,50 m de largura cada e opera em soleira livre, com a sua soleira na cota 179,2 m e a crista da barragem na cota 182 m, segundo levantamento topográfico da Topocart. O vertedouro é alteado, nas épocas de secas, com três tábuas de 30 cm de largura cada, totalizando 0,84 m (3 cm para encaixe das peças). O paramento de jusante é liso e no seu pé existem lajes de concreto para direcionar o escoamento para longe das estruturas. Vale ressaltar que os níveis operacionais da usina diferem ligeiramente do levantamento atual, porém se devem a diferenças de altimetria entre diferentes levantamentos e estão dentro da margem esperada. Seus valores são resumidos na Tabela 3 abaixo.


Níveis de interesse	Unidade	Dados operacionais	Dados levantamento
Nível Máximo Normal	m	179,58	180,04
Nível Mínimo Normal	m	178,74	179,20
Nível Máximo Maximorum	m	180,54	181,0
El. Soleira vertedouro. (sem Placas)	m	178,74	179,20
El Controle vertedouro com Placas	m	179,58	180,04
El Crista Barragem	m	181,54	182,0

Tabela 3 – Elevações Caraterísticas

10.1. PARÂMETROS E CRITÉRIOS ADOTADOS

10.1.1. Geometria do Trecho

Foi implementado um modelo bidimensional (2D), dividido em duas partes, sendo estas o modelo de montantes que contém o reservatório e irá calcular o hidrograma de ruptura e o de jusante num trecho

	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.001.02
		PAGE 16 of 26

de 15,5 km desde o eixo do barramento. As figuras a seguir apresentam os domínios sobre imagem de satélite retirada do Google Earth, onde se pode observar que as margens do trecho de rio que seria afetado num eventual rompimento do barramento da PCH Lajes se apresentam praticamente intocadas, com mata ciliar densa.



Figura 2 – Imagens de satélite com o trecho do modelo de Jusante

	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.001.02
		PAGE 17 of 26



Figura 3 – Imagens de satélite com o trecho do modelo de Montante (Reservatório)

Foi adotada como condição de contorno de jusante a condição normal de escoamento, adotando uma declividade de linha d'água semelhante a observada na calha do rio no trecho final. A rugosidade foi estimada em 0,033, representando tanto a calha quanto as margens.

10.1.2. Cenários de Ruptura

As simulações foram realizadas para 2 (dois) cenários, sendo ambos representados por uma ruptura devido ao tombamento instantâneo do vertedouro, sendo o primeiro com uma vazão afluente com TR de 10.000 anos e outro uma vazão afluente equivalente a QMLT.

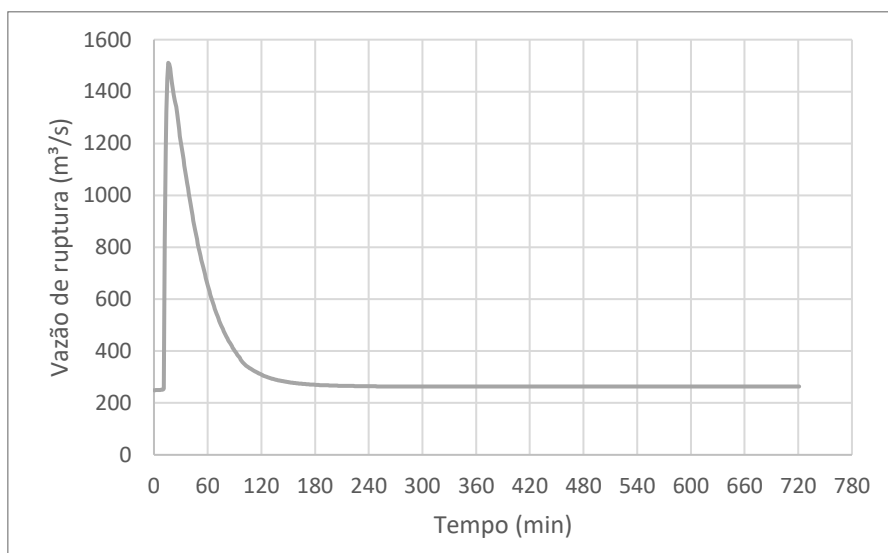
O limite do modelo hidrodinâmico está a mais de 15km do barramento de Lajes, longe o suficiente para não haver influência da condição de contorno na simulação de ruptura de barragem. Apresenta-se resumidamente, a seguir, os cenários correspondentes às simulações hidrodinâmicas da ruptura da barragem realizadas.

- **Cenário 1** – Ruptura da barragem por tombamento do vertedouro, para a vazão $Q_{10.000} = 263,16 \text{ m}^3/\text{s}$, com formação instantânea;
- **Cenário 2** – Ruptura da barragem por tombamento do vertedouro, para a vazão $Q_{MLT} = 15,76 \text{ m}^3/\text{s}$, com formação instantânea;

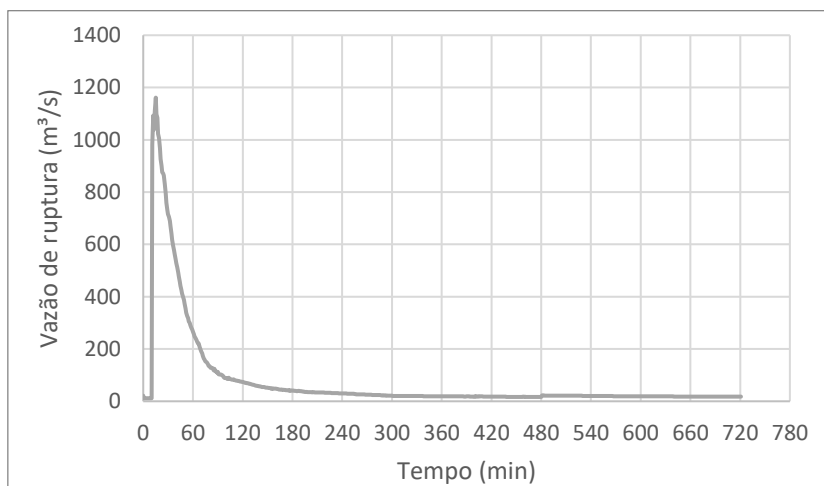
A metodologia de determinação dos hidrogramas de ruptura é apresentada no item a seguir.

10.1.3. HIDROGRAMAS DE RUPTURA

Os hidrogramas foram simulados considerando a brecha em todo o trecho do vertedouro e com tempo de fissura considerado praticamente instantâneo. Estes são dados de entrada para a simulação da mancha de inundação no trecho de jusante. Os hidrogramas de saída do modelo com reservatório de ambos os cenários são apresentados no gráfico a seguir.



Figura– Hidrograma do Cenário 1 - Decamilenar



Figura– Hidrograma do Cenário 2 – QMLT (*sunny day*)

10.1.4. Resultados do Cenário 1 – Vazão decamilenar

Os resultados das simulações hidrodinâmicas da ruptura da barragem devido o tombamento do vertedouro com afluência decamilenar são apresentados a seguir.

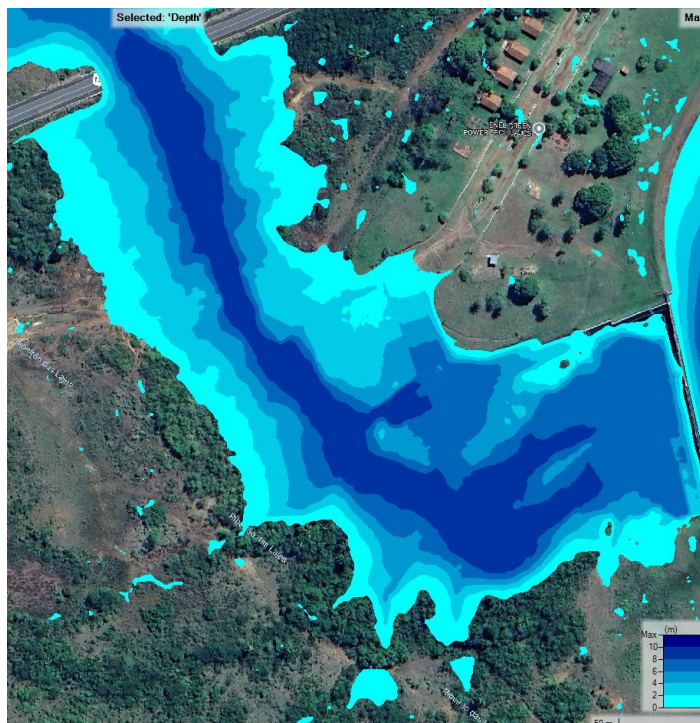


Figura - Envoltória de profundidades – Montante da ponte BR-153(~20 minutos)

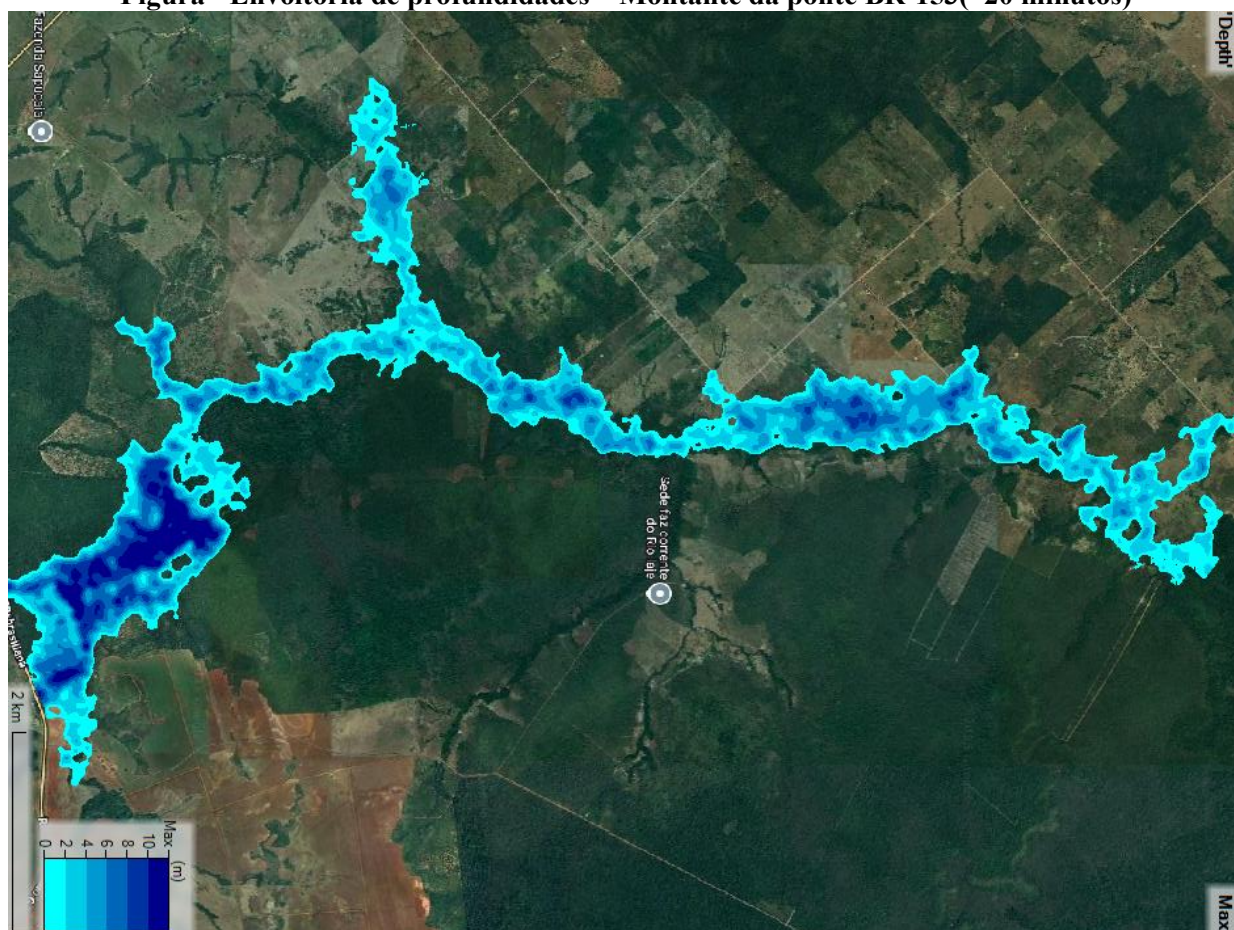


Figura - Envoltória de profundidades – Jusante da ponte BR-153

10.1.5. Resultados do Cenário 2 – Vazão Média de Longo Termo

Os resultados das simulações hidrodinâmicas da ruptura da barragem devido ao tombamento do vertedouro com afluência da QMLT são apresentados a seguir.

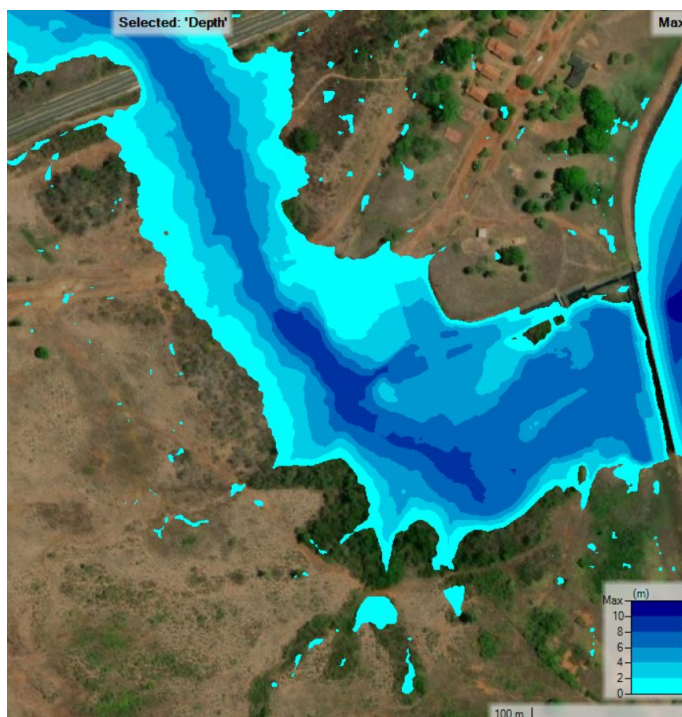


Figura - Envoltória de profundidades – Montante da ponte BR-153 (~20 minutos)

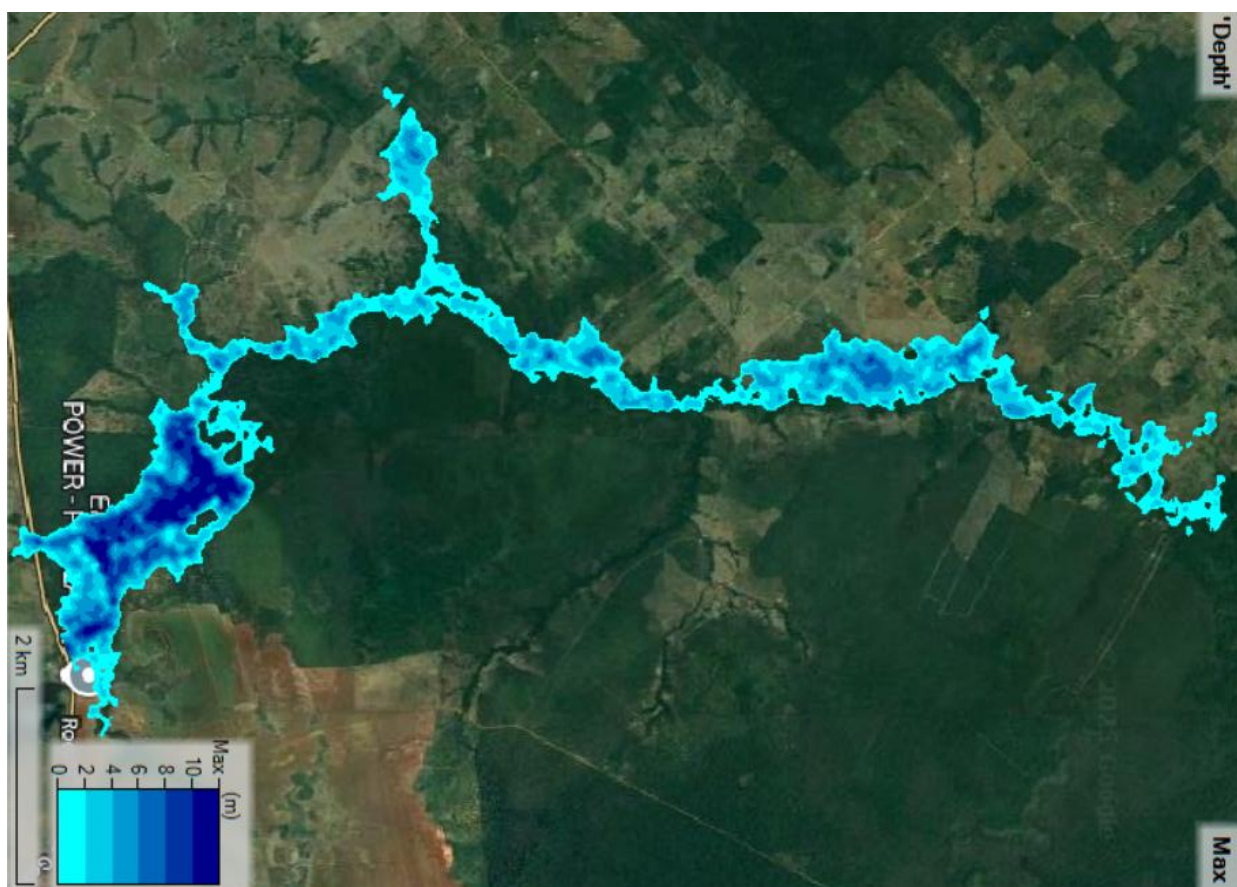


Figura - Envoltória de profundidades – Jusante da ponte BR-153

10.1.6. Avaliação dos Resultados das Simulações Hidrodinâmicas

Os cenários desenvolvidos se diferem principalmente pela condição inicial. Enquanto o primeiro já começa com a vazão decamilenar, o segundo inicia com a vazão média, representando o rio em tempo seco. Isso naturalmente se reflete na condição inicial, criando um aumento da mancha de inundação proporcionalmente maior no segundo cenário.

A pista ponte da BR-153, localizada a cerca de 500 metros a jusante do barramento é atingida apenas no cenário 1, porém sem galgamento. A última seção do modelo foi incluída para verificar o tempo de translado da onda. O tempo necessário em minutos para atingir os pontos observados são resumidos a seguir.

Cenário	Casa de Força	Ponte BR-153		Limite de jusante	
		Chegada	Pico	Chegada	Pico
1	0	4	6	130	305
2	11	-	7	350	720

Tabela: Resumo dos tempos em minutos de translado da onda aos pontos críticos

A tabela a seguir apresenta a folga entre os níveis máximos e a pista da ponte. Nota-se que o cenário de vazão decamilenar chega próximo a ponte, mas não chega a transbordar, enquanto no cenário de vazão média distância é bem maior.

Cenário	Pista da Ponte BR-153	
	NA max	Folga
1	173,05m	116 cm
2	171,71m	250 cm

Tabela: Resumo dos impactos na ponte da BR-153

As imagens a seguir apresentam os hidrogramas dos cenários simulados na seção da ponte da BR-153 e na última seção do modelo.

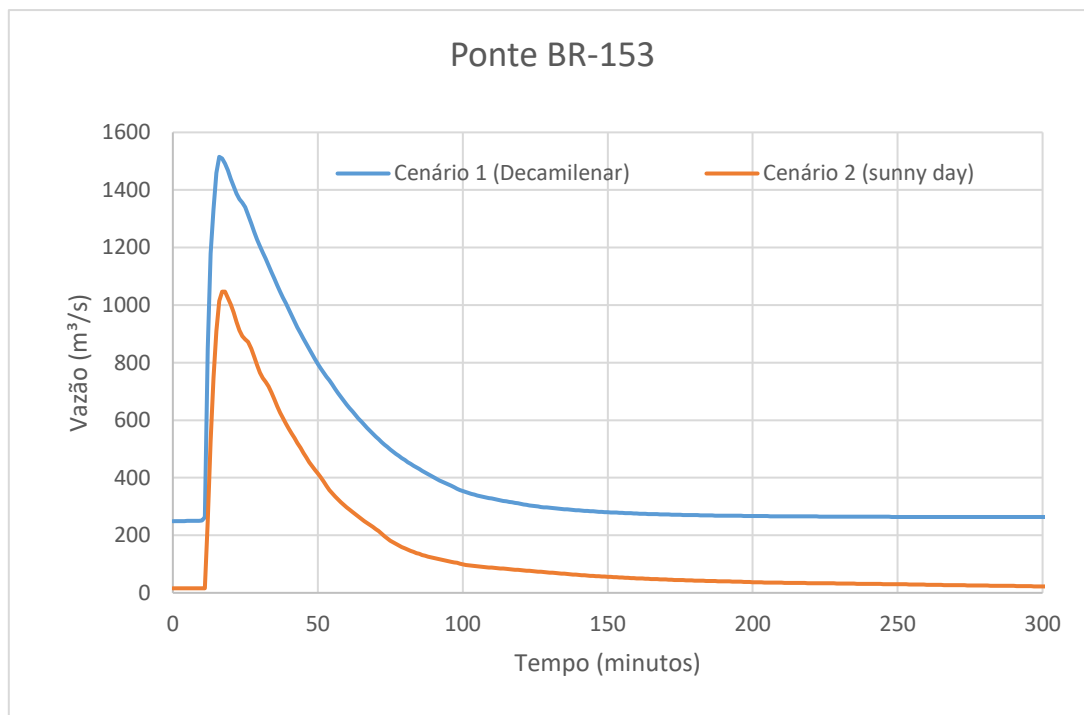


Gráfico: Hidrogramas da seção da ponte BR-153

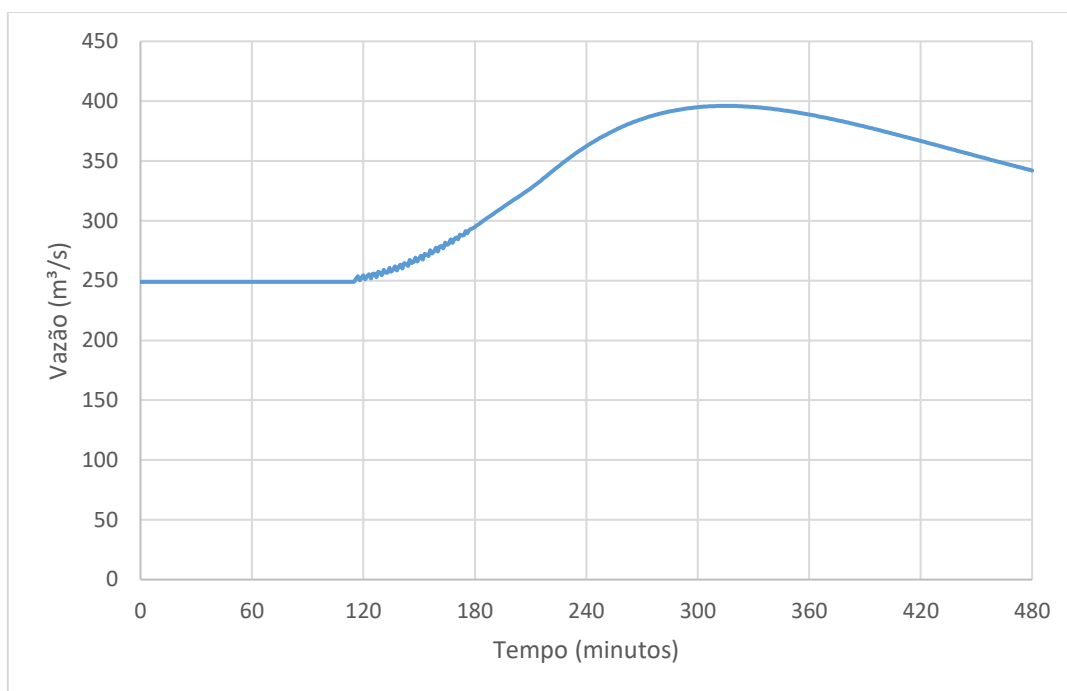


Gráfico: Hidrograma da última seção de jusante Cenário 1

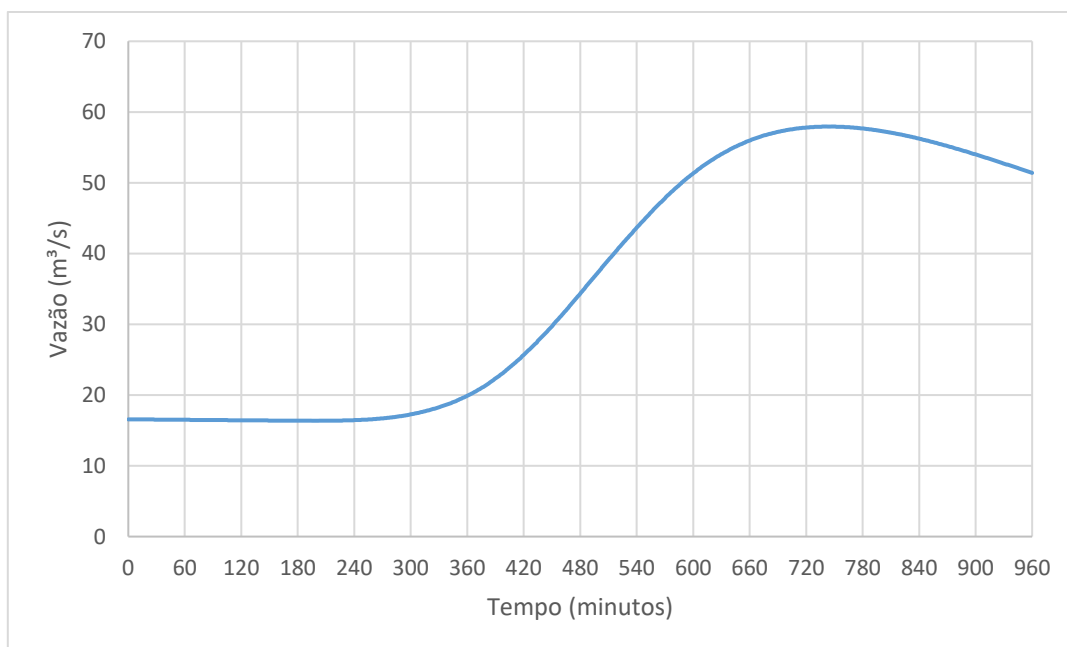



Gráfico: Hidrograma da última seção de jusante Cenário 2

Enquanto no cenário 1 o pico da onda levou pouco menos de três horas para chegar na última seção do modelo, no cenário 2 a onda levou cerca de sete horas para chegar ao mesmo ponto.

A vazão máxima atingida no limite de jusante é de 396m³/s para o Cenário 1 e 58m³/s para o Cenário 2, tendo um amortecimento da onda de cheia de 74% e 95% respectivamente. Essa diferença se justifica pela grande magnitude da vazão do cenário 1 e vazão ordinária do cenário 2. As análises dos resultados mostram que não existe o risco de atingirem as casas da margem direita, em ambos os cenários.

	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.001.02
		PAGE 24 of 26

10.2. CONCLUSÕES

O estudo bidimensional da ruptura da barragem da CGH Lajes, realizado com o modelo hidrodinâmico HEC-RAS 2D, permitiu simular com precisão os efeitos da falha estrutural em dois cenários distintos: um com vazão decamilenar (Q10.000) e outro com vazão média de longo termo (QMLT).

As simulações indicam que a casa de força da usina é atingida imediatamente após o rompimento da barragem no cenário de vazão decamilenar, evidenciando sua vulnerabilidade em eventos extremos. No cenário de tempo seco (QMLT), a casa de força é atingida cerca de 11 minutos após o início da ruptura, o que reforça a importância de medidas de alerta e evacuação rápidas.

A ponte BR-153, localizada a aproximadamente 500 metros a jusante do barramento, é atingida apenas no cenário mais crítico, sem galgamento, com uma folga de aproximadamente 116 cm entre o nível máximo da água e a pista. No cenário de tempo seco, essa folga aumenta para 250 cm, indicando menor risco à infraestrutura viária.

11. TREINAMENTOS - PAE

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

Os integrantes deverão participar dos cursos de reciclagem das atividades, que terão como finalidade a preparação para a prontidão efetiva, e que serão ministrados após a atualização geral dos cadastros.


Os treinamento seguirão conforme resolução 1064/2023 :

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

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

12. SISTEMA SONORO DE ALERTA

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

	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.001.02
		PAGE 25 of 26

13. ASSINATURA DOS RESPONSÁVEIS

Jayme Barg


Responsável Legal

CREA: 1989105709

Eng. Juliana Martins Pereira

Responsável Técnico

CREA: 2605272010

	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.001.02
		PAGE 26 of 26

14. MANCHAS DE INUNDAÇÃO

15. ANEXOS

ANEXO 1: MAPAS ZONA DE AUTOSSALVAMENTO

Item	Nº Enel Green Power	Título
1	GRE.OEM.R.88.BR.H.00117.08.005.00	Relatório ZAS
2	GRE.OEM.R.88.BR.H.00115.09.007.00	MAPA ÍNDICE DAS PLANTAS DE ROTA DE FUGA, PONTOS DE ENCONTRO E PROJETO DE SINALIZAÇÃO

ANEXO 2: PLANO DE EVACUAÇÃO

Item	Nº Enel Green Power	Título
1	GRE.OEM.R.88.BR.H.00117.08.007.00	Plano de Evacuação

ANEXO 3: ESTUDO DE RUPTURA

Item	Nº Enel Green Power	Título
1	GRE.OEM.C.88.BR.H.00115.00.006.00	Avaliação Bidimensional de Ruptura da Barragem de Lajes

ANEXO 4: RELATÓRIO DE SIMULADO LAJES

Item	Nº Enel Green Power	Título
1	GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.017.00	Relatório de Simulado

ANEXO 5: RELATÓRIO DE INSTALAÇÃO DE SIRENES

Item	Nº Enel Green Power	Título
1	GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.030.00	Relatório Geral de Comissionamento