

## Barragem da UHE Camargos



### **PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA – PAE** **EVENTOS DE CHEIAS E RUPTURA**

**Coordenador do PAE: Ivan Sérgio Carneiro**

**Entidade fiscalizadora:** Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL

**Código Único de Empreendimentos de Geração (CEG):** UHE.PH.MG.000608-4.01

**Documento nº PAE - UHE Camargos - revE**

**Responsável pela elaboração:** Cemig GT

**Municípios relacionados (MG):**

Zona de Autossalvamento (ZAS): Itutinga, Nazareno

Zona de Segurança Secundária (ZSS): Ibituruna, Itumirim

Revisão	Vigência	Motivo da revisão
E	19/04/2022	Revisão de apêndices e página de assinaturas



## Sumário

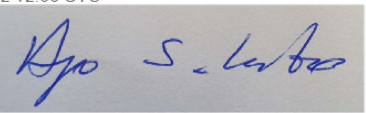
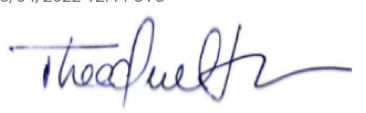
I.	Controle de revisões e assinaturas dos responsáveis .....	4
II.	Informações gerais da barragem.....	5
A.	Apresentação.....	5
B.	Objetivo do PAE.....	5
C.	Caracterização da barragem.....	5
III.	Responsabilidades gerais no PAE.....	8
A.	Empreendedor .....	8
B.	Coordenador do PAE.....	8
C.	Equipe técnica.....	9
D.	Plantonista de cheias .....	9
E.	Sistema de Proteção e Defesa Civil e demais autoridades .....	10
IV.	Níveis de resposta – Identificação e análise das possíveis situações de emergência .....	10
A.	Caracterização do Nível de Resposta – CHEIAS .....	13
B.	Caracterização do Nível de Resposta 2 – ALERTA.....	14
C.	Caracterização do Nível de Resposta 3 – EMERGÊNCIA.....	14
V.	Procedimentos de notificação e alerta .....	15
A.	Fluxograma de ações e notificação em situação de CHEIAS.....	15
B.	Fluxograma de ações e notificação em situação de ALERTA .....	16
C.	Fluxograma de ações e notificação em situação de EMERGÊNCIA .....	17
VI.	Procedimentos preventivos e corretivos em situações de alerta e emergência .....	18
A.	Zona de Autossalvamento (ZAS).....	18
B.	Monitoramento de vazões.....	19
C.	Parâmetros para comunicação do plantonista de cheia.....	21
VII.	Encerramento das operações.....	21
VIII.	Apêndices .....	22
A.	Ficha Técnica da Barragem.....	23
B.	Mensagem de notificação Padrão .....	24

C.	Premissas e resultados dos estudos de ruptura hipotética .....	25
1.	Cenário RDC 1: Rompimento por colapso das estruturas do vertedouro e barragem, com vazão decamilenar (2062 m <sup>3</sup> /s) .....	25
2.	Cenário RDC 2: Rompimento por colapso das estruturas do vertedouro e barragem em dia seco, vazão média de longo termo (130 m <sup>3</sup> /s) .....	27
3.	Cenário RDC 3: Rompimento por piping, vazão decamilenar (2062 m <sup>3</sup> /s) .....	28
4.	Cenário RDC 4: Rompimento por piping em dia seco, vazão média de longo termo (130 m <sup>3</sup> /s) 30	
5.	Cenário RDC 5: Rompimento por piping, operando a vazão de restrição (1000 m <sup>3</sup> /s) .....	31
D.	Principais pontos de inundação .....	33
E.	Tempos de chegada e pico de onda .....	36
F.	Lista de mapas temáticos e manchas de inundação .....	42
IX.	Apêndices Externos .....	44
G.	Controle de distribuição digital deste PAE .....	45
H.	Plano de chamadas para notificação deste PAE .....	46

**I. Controle de revisões e assinaturas dos responsáveis**

Revisão	Vigência	Motivo da revisão
A	14/12/2018	Emissão inicial
B	30/04/2019	Inserção de análise de dados de estudos de propagação de vazões
C	01/02/2020	Revisão de informações da barragem, níveis de resposta e contatos
D	01/09/2020	Revisão de apêndices e página de assinaturas
E	19/04/2022	Revisão de apêndices e página de assinaturas

<p>Assinatura Eletrônica 27/04/2022 15:49 UTC</p>  <p>BRy 103.***-45 Diogo Carneiro Ribeiro Bueno Martins</p>	<p>Assinatura Eletrônica 27/04/2022 22:59 UTC</p>  <p>BRy 045.***-70 Ivan Sergio Carneiro</p>
<p><b>Diogo Carneiro Ribeiro Bueno Martins</b> Responsável Técnico pela Elaboração do PAE CREA-MG: 163375/D</p>	<p><b>Ivan Sérgio Carneiro</b> Coordenador Executivo do PAE Gerente de Planejamento Energético</p>

<p>Assinatura Eletrônica 28/04/2022 12:00 UTC</p>  <p>BRy 043.***-59 HENRIQUE SIQUEIRA DE CASTRO</p>	<p>Assinatura Eletrônica 28/04/2022 12:44 UTC</p>  <p>BRy 053.***-69 thadeu carneiro da silva</p>
<p><b>Aprovado por: Henrique Siqueira de Castro</b> Superintendência de Operação de Ativos da Geração e Transmissão</p>	<p><b>Responsável Legal: Thadeu Carneiro da Silva</b> Diretor da Cemig Geração e Transmissão</p>

## II. Informações gerais da barragem

### A. Apresentação

O presente Plano de Ação de Emergência visa a apresentar os riscos mapeados a partir do estudo da onda de inundação provocada por eventual ruptura da barragem da UHE Camargos, para atendimento regulatório à Lei Federal de Segurança de Barragens nº 12.334/2010 e Resolução Normativa ANEEL nº 696/2015. Serão apresentadas premissas adotadas e mapas de inundação de cada cenário simulado. Trata-se da formalização das ações externas à operação e à manutenção do empreendimento, as quais devem ser tomadas ao longo de eventuais situações de emergência. Além dos cenários hipotéticos de ruptura, serão apresentados os resultados de manchas de inundação para cheias naturais intermediárias, antecipando as ações de preparação e remoção de pessoas das áreas potencialmente atingidas.

### B. Objetivo do PAE

Este documento tem como objetivo facilitar a comunicação entre o empreendedor e entidades públicas, proteger o patrimônio de terceiros e, fundamentalmente, minimizar riscos de acidentes com pessoas, mantendo recursos humanos e materiais preparados para a resposta de emergências. Trata-se de um documento formal de fornecimento de informações para as Defesas Cíveis municipais envolvidas prepararem seus Planos de Contingência de Proteção e Defesa Civil – PLANCON para alagamentos, enchentes e tempestades. Tais planos estabelecem os procedimentos a serem adotados pelos órgãos envolvidos direta ou indiretamente na resposta a emergências e desastres relacionados eventos de cheias naturais e de ruptura de barragem.

Além das ações externas de comunicação e mapeamento do risco, cabe à equipe ligada à operação e manutenção da barragem a adoção de medidas de controle, prevenção e correção de vulnerabilidades. Assim, é elaborado um documento complementar denominado Plano de Ações Emergenciais da Central – PAEC com o objetivo de apoiar a tomada de decisão e orientar as ações em situações intempestivas e severas, associadas à segurança da central. Trata-se de um documento da instalação, no qual se definem as ações internas do empreendedor que visam a recuperar as condições de segurança estrutural e operacional da barragem.

### C. Caracterização da barragem

A UHE Camargos é um empreendimento concedido à CEMIG Geração Camargos S.A., e iniciou sua operação comercial em 1960, tendo sido construída no município de Itutinga – MG. Localizada no rio Grande, a usina conta com 2 (duas) unidades geradoras, totalizando 45 MW de potência instalada.

Composta por barramentos de terra e concreto, a barragem da UHE Camargos (Figura 1) tem cerca de 608 m de comprimento de crista e 36 m de altura máxima, e inclui as seguintes estruturas:

Barragem de terra com núcleo de argila na margem esquerda (BTME), Barragem de Concreto (BCME), muro de transição esquerdo, tomada d'água, Vertedouro de Soleira Controlada (VS), muro de transição direito e barragem de terra com núcleo de argila na margem esquerda (BTMD).

O sistema extravasor da UHE Camargos possui um Vertedouro de Soleira Controlada (VS), provido de 6 (seis) comportas com 6 m de altura e 11 m de largura, totalizando uma capacidade máxima de descarga de 2.062 m<sup>3</sup>/s. O reservatório da usina possui grandes magnitudes, cerca de 73,35 km<sup>2</sup> de área inundada no NA Máximo Normal, e a capacidade máxima de acumulação é de 792 hm<sup>3</sup>.



**Figura 1 – Barragem da UHE Camargos**

A tomada d'água da UHE Camargos foi construída em concreto, e a água aduzida é conduzida por dois condutos forçados, os quais alimentarão duas unidades geradoras localizadas na casa de força da UHE Camargos. Do tipo abrigada, a Casa de Força usina tem duas turbinas do tipo Kaplan de eixo vertical. A restituição da vazão turbinada ocorre por canal de fuga, no leito do rio Grande.

A usina encontra-se no município de Itutinga, MG, nas coordenadas 21°19'32" Sul e 44°36'57" Oeste. A jusante de Camargos está localizada a UHE Itutinga, a 7,22 km, seguida da UHE Funil, a 88,04 km da barragem, além de outros 10 empreendimentos operantes em cascata.

Partindo de Belo Horizonte, o acesso ao barramento (Figura 2) faz-se mediante a rodovia federal BR-381, sentido Betim - MG. Percorre-se a rodovia por aproximadamente 181 km até o encontro com a rodovia estadual MG-332, no município de Santo Antônio do Amparo - MG. A partir desse ponto, percorre-se a MG-332 por, aproximadamente, 62 km até o encontro com rodovia federal BR-265 no município de Nazareno – MG, e deve-se seguir por cerca de 6 km até o município de Itutinga - MG. Então, segue-se a sinalização e toma-se a entrada de acesso à subestação da UHE Itutinga. Percorrendo mais 6 km chega-se ao barramento da UHE Camargos.

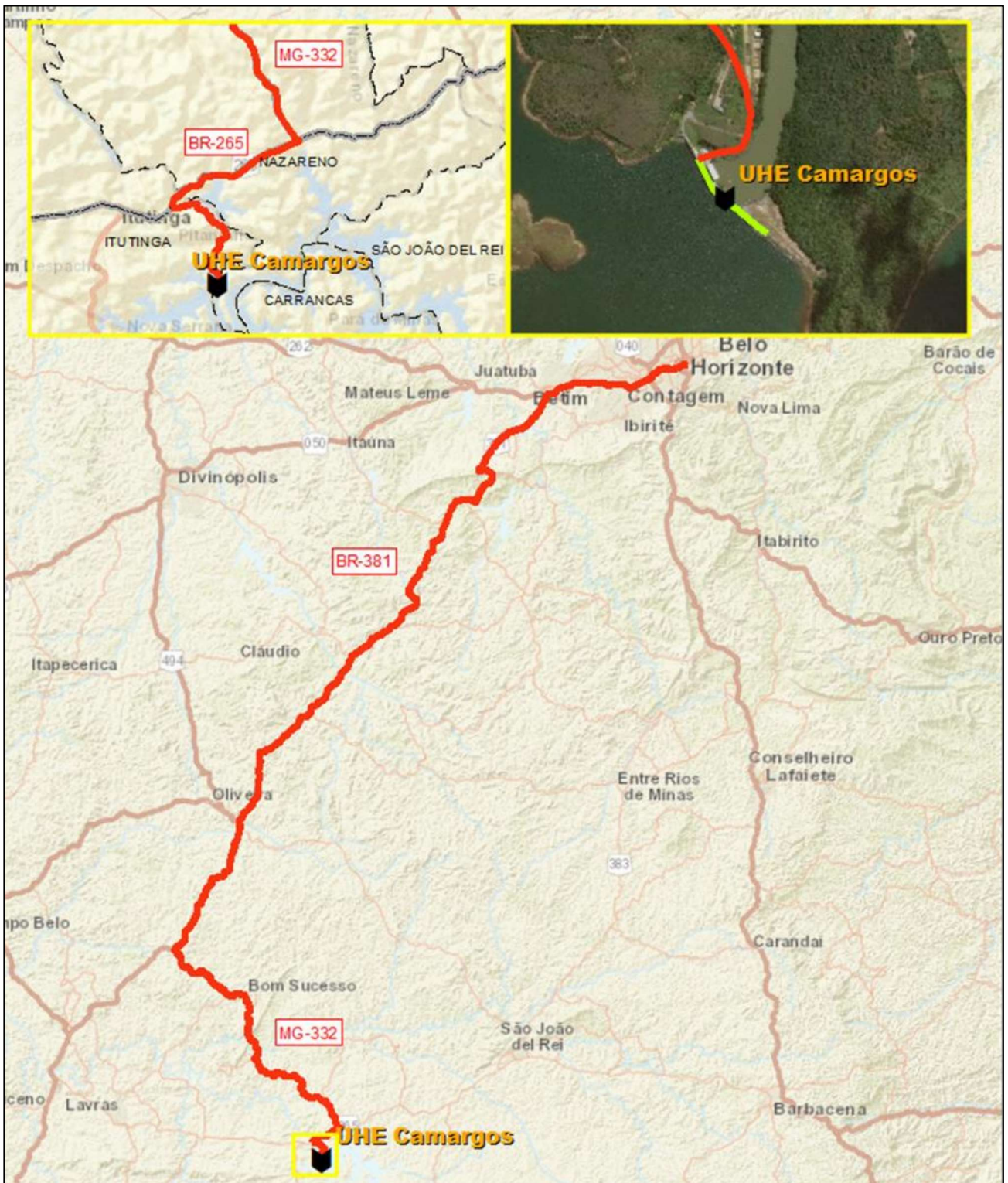


Figura 2 - Localização e acesso

### III. Responsabilidades gerais no PAE

#### A. Empreendedor

A Cemig GT é a responsável pelas ações em segurança de barragens de estruturas do Grupo CEMIG. Considerando as suas equipes multidisciplinares, o empreendedor é responsável por:

- zelar pela segurança estrutural e operacional da barragem;
- dispor de equipe capacitada para monitorar, operar e reparar as estruturas, quando necessário;
- providenciar a elaboração e atualizar o PAE;
- promover treinamentos internos e manter os respectivos registros das atividades;
- participar de simulações de situações de emergência, em conjunto com as prefeituras e organismos de defesa civil quando convocado.

#### B. Coordenador do PAE

O Coordenador do PAE é responsável, por delegação do empreendedor, pelas seguintes ações:

- detectar, avaliar e classificar as situações de emergência em potencial, de acordo com os níveis e código de cores padrão definidos no PAEC e no PAE;
- declarar situação de emergência e executar as ações descritas no PAE a ele atribuídas;
- executar as ações previstas no fluxograma de notificação;
- notificar as autoridades públicas e usuários da água em caso de situação de emergência;
- emitir declaração de encerramento da emergência;
- providenciar a elaboração do relatório de fechamento de eventos de emergência.

Cabe ainda ao coordenador do PAE garantir que os envolvidos no PAE sejam capacitados e treinados, assegurando o estado de prontidão na barragem, a implantação do PAE interno (PAEC) e integração deste PAE externo aos planos de contingência municipais, promover atualização e revisão do PAE e demais atividades sob sua responsabilidade definidas no PAE.

No presente plano, as atividades de coordenação serão assumidas pelo Gerente de Planejamento Energético da Cemig GT, que coordena a operação da usina. O coordenador fica lotado no escritório da Cemig GT em Belo Horizonte durante horário comercial, e suas informações de contato estão descritas na Tabela 1.



Tabela 1 - Contato Coordenador do PAE

Contato de Emergência	Forma de comunicação
Coordenador do PAE <b>Ivan Sérgio Carneiro</b> Gerente de Planejamento Energético	

### C. Equipe técnica

Conforme previsto na Resolução Normativa ANEEL nº 696/2015, “a equipe técnica de segurança de barragem deverá ser composta por profissionais treinados e capacitados, os quais deverão realizar as atividades relacionadas às inspeções de segurança de barragens”.

Para ações de segurança de barragem, a Cemig GT conta com uma equipe civil e um coordenador técnico civil, além de equipes locais de apoio, cujas responsabilidades concentram-se nas ações internas de gestão de emergência descritas no PAEC (documento interno), contendo os seus contatos e hierarquia.

### D. Plantonista de cheias

É responsável, por delegação do empreendedor, pelas seguintes ações:

- detectar, avaliar e classificar as situações de emergência em potencial, de acordo com os níveis e código de cores padrão definidos no PAEC e no PAE;
- acionar o Coordenador do PAE;
- declarar situação de emergência e executar as ações descritas no PAE, na ausência do Coordenador do PAE;
- executar as ações de comunicação no fluxograma de notificação;
- atuar na tomada de decisão operativa de alteração da defluência da usina e operação do reservatório;
- notificar as autoridades públicas e usuários da água em caso de situação de emergência.

No presente Plano, as atividades supracitadas serão assumidas pela equipe de engenheiros da Cemig GT, conforme suas atribuições de contrato de prestação de serviços. Em horário comercial, é mantido o monitoramento das condições hidrológicas e programação da geração. A equipe é designada para seguir em regime de sobreaviso a partir de uma avaliação das condições meteorológicas da bacia, realizada sob demanda. O monitoramento e os contatos dar-se-ão de maneira remota, estando a equipe lotada na sede da Cemig GT, em Belo Horizonte.

**Tabela 2 - Contato Plantonista de Cheias**

Contato de Emergência	Forma de comunicação
Equipe de engenheiros plantonistas para monitoramento de cheias	

#### **E. Sistema de Proteção e Defesa Civil e demais autoridades**

Os órgãos que compõem o Sistema de Proteção e Defesa Civil, conforme Lei Federal nº 12.608/2012, são responsáveis por:

- identificar e mapear as áreas de risco de desastres relacionados a cheias;
- elaborar Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil e instituir órgãos municipais de defesa civil, de acordo com os procedimentos estabelecidos pelo órgão central do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil – SINPDEC;
- promover a fiscalização das áreas de risco de desastre e vedar novas ocupações nessas áreas;
- realizar regularmente exercícios simulados, conforme Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil;
- estimular a participação de entidades privadas, associações de voluntários, clubes de serviços, organizações não governamentais e associações de classe e comunitárias nas ações do SINPDEC e promover o treinamento de associações de voluntários para atuação conjunta com as comunidades apoiadas.

Além disso é importante que os órgãos locais informem o empreendedor no caso de alteração de risco associado às vazões mapeadas.

A lista de contatos da Defesa Civil para distribuição digital deste PAE e o plano de chamadas para acionamento nos casos aqui previsto, encontram-se nos apêndices externos deste documento. Elas serão atualizadas conforme haja alterações na composição das estruturas municipais, consistindo, no entanto, em um documento separado para fins de controle de revisão e assinatura dos responsáveis.

### **IV. Níveis de resposta – Identificação e análise das possíveis situações de emergência**

O nível de resposta do Plano de Ação de Emergência é a gradação dada às situações de emergência em potencial da barragem que possam comprometer a segurança da própria barragem e a ocupação na área afetada. Ao detectar-se uma situação que possivelmente comprometa a segurança da barragem e/ou de áreas no vale a jusante, dever-se-á avaliá-la e classificá-la, de acordo com o nível de resposta, conforme código de cores padrão apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3 – Caracterização dos níveis de resposta**



As ações internas nos níveis de resposta de 0 (normal) a 3 (vermelho) estão detalhadas no Plano de Emergência da Barragem, integrante do Plano de Ações de Emergência da Central (PAEC), localizados na instalação e junto às equipes remotas de operação. São procedimentos **internos** que orientam as equipes do empreendimento nos treinamentos e na gestão de emergências internas à central. Além disso, o PAEC possui todos os limites de monitoramento para instrumentação e identificação de anomalias no estado da barragem.

A Tabela 4, **QUADRO DE RESPOSTAS**, apresenta os níveis de alerta para ocorrências excepcionais ou circunstâncias anômalas, assim como possíveis ações preventivas ou corretivas a serem tomadas para cada nível de resposta. Podem ocorrer cenários diferentes dos apontados, que devem ser avaliados e tratados pelo Coordenador do PAE, equipe local e equipe técnica do empreendimento.

**Tabela 4 – Procedimentos identificação e notificação de mau funcionamento ou de condições potenciais de ruptura da barragem**

Ocorrência	Cenários Possíveis	Eventuais medidas de intervenção	Nível	
O&M	Ausência de monitoramento, análise ou manutenção	Executar monitoramento, análise e manutenção da conforme indicado pelo responsável pela Segurança de Barragem.  <b>Responsável: equipe técnica de segurança de barragem e equipe local</b>	<b>Normal (Verde)</b>	
	Resultados anômalos da instrumentação de auscultação da barragem	Avaliar os resultados anômalos da instrumentação de auscultação da barragem e prover soluções.  <b>Responsável: equipe técnica de segurança de barragem e equipe local</b>		
	Equipamentos	Indisponibilidade total do sistema de monitoramento de níveis e afluência de cheias (previsão)	Executar manutenção com urgência.  <b>Responsável: equipe técnica de segurança de barragem e equipe local</b>	<b>Atenção (Amarelo)</b>
Anomalias na barragem, ombreiras e área a jusante	Trincas superficiais	Monitorar visualmente ou através de instrumento. Fazer registro de todas as medidas.  <b>Responsável: equipe técnica de segurança de barragem e equipe local</b>	<b>Normal (Verde)</b>	
	Trincas	Trincas profundas estáveis, documentadas e monitoradas.	Monitorar visualmente ou através de instrumento Fazer registro de todas as medidas Projetar e executar tratamento  <b>Responsável: equipe técnica de segurança de barragem e equipe local</b>	<b>Atenção (Amarelo)</b>
		Presença de trincas transversais e longitudinais profundas sem percolação de água: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Que não estabilizam</li> <li>• Passantes ou não, de montante para jusante</li> </ul>		
		Presença de trincas transversais passantes, de montante para jusante, com percolação de água		
	Surgências (áreas encharcadas, água surgindo ou infiltrações)	Surgência de água próximo à barragem ou ombreiras: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Não documentada e/ou não monitorada</li> <li>• Com carreamento de materiais de origem desconhecida</li> <li>• Aumento das infiltrações com o tempo</li> <li>• Água saindo com pressão</li> </ul>	Projetar e executar tratamento em caráter emergencial  <b>Responsável: equipe técnica de segurança de barragem e equipe local</b>	<b>Alerta (Laranja)</b>
		Surgência incontrolável com erosão interna em andamento.		
	Abatimento / Deslizamento	Deslizamento do maciço através da crista ou talude, reduzindo borda livre e/ou seção transversal	Projetar e executar tratamento em caráter emergencial  <b>Responsável: equipe técnica de segurança de barragem e equipe local</b>	<b>Alerta (Laranja)</b>
	Recalque diferencial excessivo	Recalque diferencial excessivo entre blocos, reduzindo borda livre, permitindo passagem excessiva de água entre juntas.		
Deslizamento	Deslizamento entre blocos das estruturas, permitindo passagem excessiva de água entre juntas.			
Sistema de Aviso	Período seco	Corrigir sistema  <b>Responsável: equipe técnica de segurança de barragem</b>	<b>Normal (Verde)</b>	
	Período chuvoso	Corrigir sistema com urgência  <b>Responsável: equipe técnica de segurança de barragem e equipe local</b>	<b>Atenção (Amarelo)</b>	

Ocorrência		Cenários Possíveis	Eventuais medidas de intervenção	Nível
Cheias	Nível	Nível de água acima do Máximo Maximorum	Se possível, reduzir nível através do aumento do vertimento  <b>Responsável: plantonista de cheias</b>	Alerta (Laranja)
	Galgamento da barragem	Galgamento da barragem iniciado	Se possível, reduzir nível através do aumento do vertimento. <b>Acionar fluxo de comunicação.</b> Iniciar estado de alerta no vale a jusante.  <b>Responsável: plantonista de cheias</b>	
Ruptura da Barragem		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tombamento da barragem</li> <li>• Abertura de brecha no maciço com descarga incontrolável de água</li> <li>• Colapso completo do maciço</li> </ul>	<b>Acionar fluxo de comunicação.</b> Iniciar <b>evacuação</b> do vale a jusante.  <b>Responsável: plantonista de cheias</b>	Emergência (Vermelho)

### A. Caracterização do Nível de Resposta – CHEIAS

O **Nível de Resposta – CHEIAS** é um dos níveis que acionam este Plano de Ações de Emergência, ou seja, quando as **anomalias** encontradas ou a ação de eventos externos à barragem **não comprometem a segurança da barragem**, mas estão sendo monitorados **eventos hidrológicos naturais que podem provocar inundação** no vale de jusante. Assim, o presente PAE será acionado à medida que for **verificado um evento de cheia** que coloque pessoas sujeitas a situação de inundação. O **primeiro contato de comunicação** é realizado visando à tomada de medidas para prevenção e redução dos danos materiais e humanos para cada escala de evento identificado. Assim, o **Nível de Resposta – CHEIAS** é acionado de forma a alertar sobre as condições naturais e as vazões do rio Grande que serão repassadas pela UHE Camargos para jusante.

É verificado que, mesmo para vazões abaixo da vazão de projeto dos vertedouros das barragens, existem impactos significativos para a população de jusante. Assim, é importante manter a comunicação entre a operação do empreendimento e os órgãos de proteção e defesa civil dos municípios. De forma a aumentar a eficiência da comunicação com as autoridades, em situações de **CHEIAS (Nível de Resposta - CHEIAS)**, busca-se que o presente PAE seja um instrumento que formaliza a disponibilidade de comunicação entre empreendedor e agentes locais.

Sinteticamente, para o **Nível de Resposta - CHEIAS**:

- a barragem **não apresenta** uma anomalia que comprometa a sua segurança no curto prazo;
- entende-se que a segurança do **vale à jusante está sob ameaça** monitorada e será necessário acionar os procedimentos de comunicação e notificação externos previstos no PAE para preparação dos órgãos para resposta à situação de inundação;
- pode ser necessária evacuação da população a jusante.

- Dessa forma, para possibilitar a melhor preparação possível para situações que requeiram o acionamento de **Nível de Resposta - CHEIAS**, que ocorrem naturalmente e com frequência, são apresentadas as cartas de inundação para eventos hidrológicos (sem ruptura de barragens) no vale a jusante da barragem de Camargos, correspondentes aos Tempos de Retorno (TR) de 2, 10, 50, 100, e 10.000 anos.

### **B. Caracterização do Nível de Resposta 2 – ALERTA**

O **Nível de Resposta 2 – Alerta** é um dos níveis que aciona este Plano de Ações de Emergência, ou seja, quando as **anomalias apresentam evolução rápida**, podendo **comprometer no curto prazo a segurança da barragem**. O primeiro contato de comunicação é realizado objetivando que sejam tomadas medidas para evitar perdas de vidas humanas e reduzir prejuízos materiais para cada escala de evento identificado.

De forma a aumentar a eficiência da comunicação com as autoridades de proteção e defesas civis, em situações de **ALERTA (Nível de Resposta 2 – ALERTA)** as autoridades são avisadas preventivamente. Em tal situação, espera-se que as ações a serem tomadas pelo empreendedor evitem a ruptura, mas a situação pode sair do controle.

Sinteticamente:

- a barragem apresenta uma **anomalia significativa que está sendo tratada**;
- julga-se que **há risco de ações** em andamento na barragem **não evitem a sua ruptura**;
- entende-se que a segurança do vale a jusante está sob **ameaçada controlada** e será necessário acionar os procedimentos de comunicação e notificação externos previstos no PAE para preparação dos órgãos para resposta a situação de emergência;
- Pode ser necessária evacuação interna e externamente;
- Avisar/alarmar a Zona de Autossalvamento.

### **C. Caracterização do Nível de Resposta 3 – EMERGÊNCIA**

O **Nível de Resposta 3 – EMERGÊNCIA** é o nível que aciona este Plano de Ações de Emergência no que se refere a alguma fragilidade estrutural da barragem, ou seja, quando as anomalias encontradas ou a ação de eventos externos à barragem representem **risco de ruptura iminente, ou a barragem já está rompendo**, devendo ser tomadas medidas para prevenção e redução dos danos materiais e humanos decorrentes do colapso da barragem.

Sinteticamente:

- A barragem já rompeu, está rompendo ou tem ruptura iminente;
- Julga-se que as ações em andamento na barragem não evitarão a sua ruptura;

- 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;
- Evacuação necessária interna e externamente;
- Avisar/alarmar a Zona de Autossalvamento;
- Acionar os procedimentos de comunicação e notificação previstos no PAE para ruptura em progresso e as ações de evacuação previstas nos planos de contingências das comunidades à jusante.

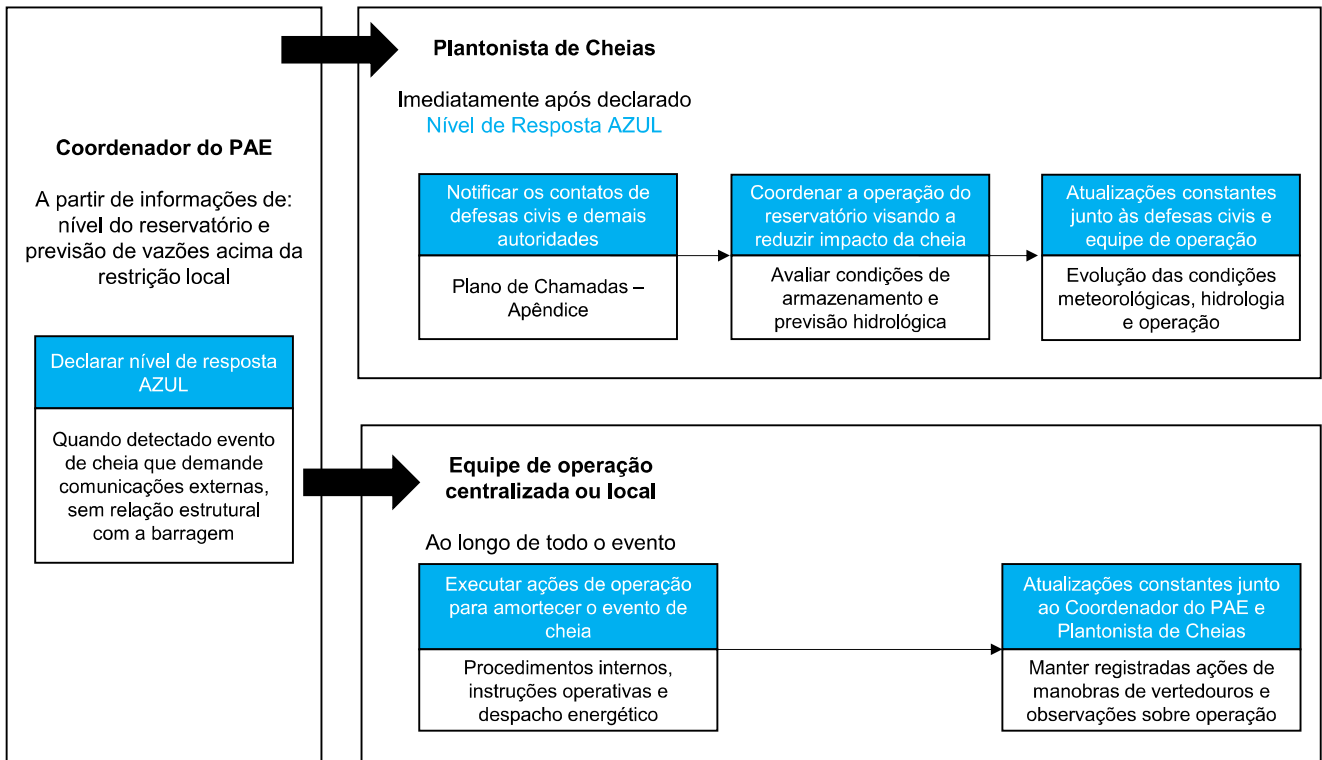
Para esse nível de resposta foi possível apresentar em cartas de inundação a espacialização das manchas em decorrência da ruptura hipotética da barragem, avaliando então a região de impacto incremental da onda de cheia ao longo do vale de jusante. O modelo hidráulico foi elaborado ao longo do rio Grande, ao longo de municípios do Sul de Minas.

Dada a incerteza de como uma barragem pode romper-se e seus reais efeitos, foi realizado um estudo de ruptura hipotética, considerando quatro diferentes cenários de ruptura. Esses cenários são descritos e têm seus resultados apresentados em apêndice contendo premissas e resultados de simulação de ruptura hipotética.

## V. Procedimentos de notificação e alerta

### A. Fluxograma de ações e notificação em situação de **CHEIAS**

O fluxograma de ações e notificação durante uma situação de **CHEIAS** possui um caráter de prevenção de impactos causados por eventos naturais. Os contatos que fazem parte do Plano de Chamadas – Apêndice devem contar com atualizações e verificações frequentes, e os dados que subsidiam a tomada de decisões operativas fazem parte da rotina de monitoramento das condições hidrológicas da bacia e das instruções operativas e documentos internos do empreendimento. O quadro da Figura 3 abaixo sintetiza as ações a serem tomadas quando da ocorrência de situação de **CHEIAS**.

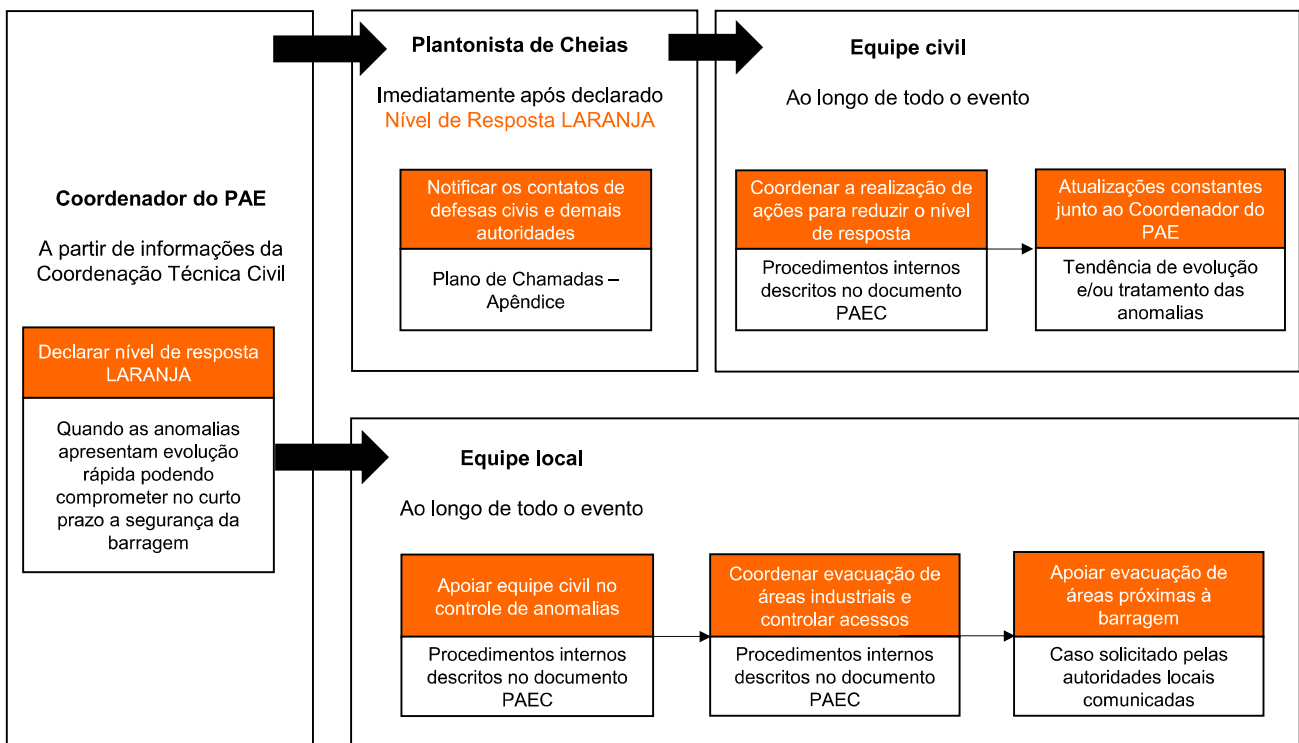


**Figura 3 - Fluxograma em situação de CHEIAS**

### B. Fluxograma de ações e notificação em situação de **ALERTA**

O fluxograma de ações e notificação durante uma situação de **ALERTA** possui um caráter de prevenção de impactos causados por um possível insucesso nas ações em andamento para tratar de anomalia estrutural da barragem. Os contatos que fazem parte do Plano de Chamadas – Apêndice devem contar com atualizações e verificações frequentes, e os dados que subsidiam a realização de ações para controle de anomalias e reduzir o nível de resposta, bem como de evacuações, fazem parte do PAEC, documento interno do empreendimento. O quadro da Figura 4 abaixo sintetiza as ações a serem tomadas quando da ocorrência de situação de **ALERTA**.

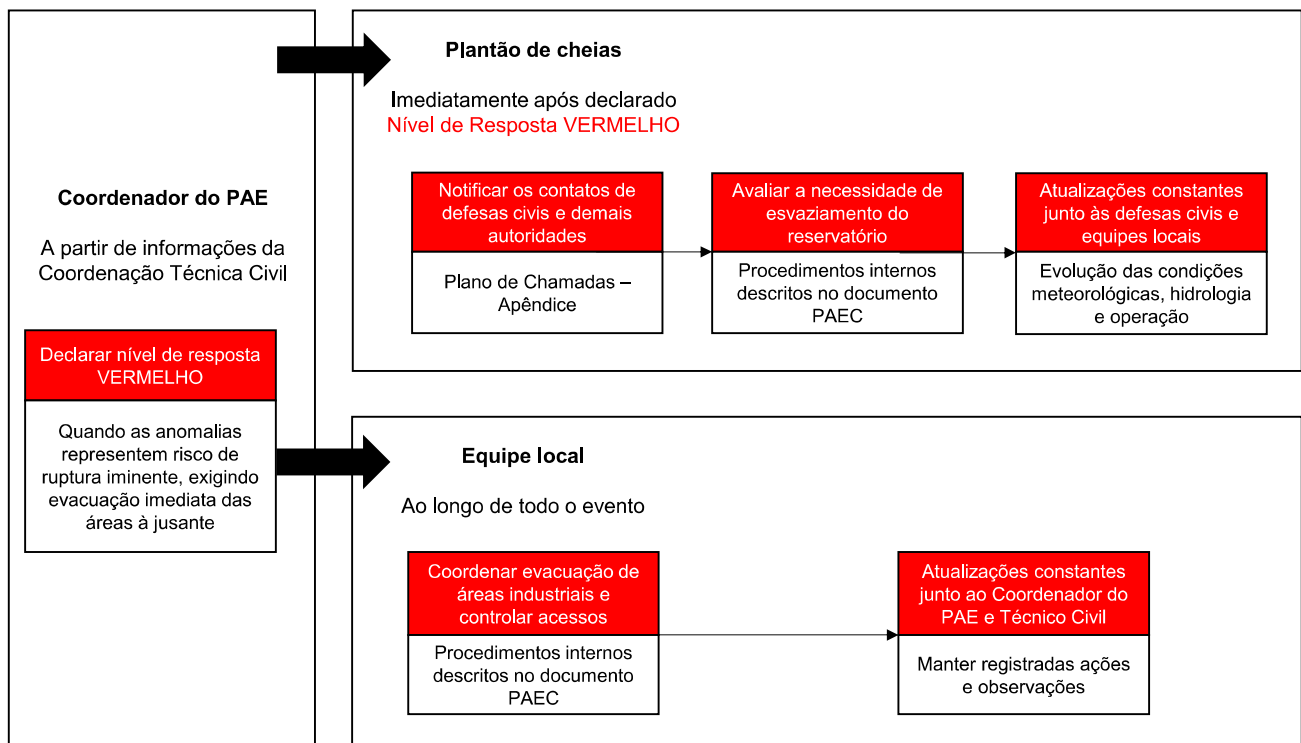




**Figura 4 - Fluxograma em situação ALERTA**

### C. Fluxograma de ações e notificação em situação de **EMERGÊNCIA**

O fluxograma de ações e notificação durante uma situação de **EMERGÊNCIA** possui um caráter de mitigação de impactos causados pela ruptura da barragem, que, nesta altura, considera-se não ser mais possível evitar. Os contatos que fazem parte do Plano de Chamadas – Apêndice devem contar com atualizações e verificações frequentes, e os dados que subsidiam a realização de ações de salvamento e evacuações, bem como a tomada de decisões sobre um eventual esvaziamento do reservatório, fazem parte do PAEC, documento interno do empreendimento. O quadro da Figura 5 abaixo sintetiza as ações a serem tomadas quando da ocorrência de situação de **EMERGÊNCIA**.



**Figura 5 - Fluxograma em situação EMERGÊNCIA**

## VI. Procedimentos preventivos e corretivos em situações de alerta e emergência

### A. Zona de Autossalvamento (ZAS)

O reservatório de da UHE Camargos possui um grande volume de armazenamento, de 797,63 hm<sup>3</sup>, e está localizado apenas 7,22 km a montante de Itutinga, que opera a fio d'água, sendo então Camargos o responsável pela regularização das vazões em ambas as usinas.

Para a UHE Camargos, foi delimitada a Zona de Autossalvamento (ZAS), definida como a região imediatamente a jusante da barragem em que se considera não haver tempo suficiente para uma adequada intervenção dos serviços e agentes de proteção civil, em caso de uma eventual ruptura. Considerando que a UHE Itutinga se encontra a menos de 7,5 km da Barragem de Camargos, optou-se por adotar para Camargos uma ZAS de englobasse também a ZAS definida para Itutinga, que se estende por de 10 km ao longo do trecho a jusante da UHE Itutinga.

Portanto, a UHE Camargos contará com uma ZAS de 17,5 km a partir do barramento de Camargos, na qual são observados pequenos aglomerados populacionais que deverão ser diretamente alertados em eventual situação de emergência, não dependendo da atuação das autoridades competentes.

Em relação aos resultados mapeados pelo estudo de propagação de vazões em eventos hidrológicos naturais, sem rompimento de barragem, as mesmas ocupações próximas à calha do rio Grande, que sofrem efeitos de inundação devido a cheias naturais, bem como as áreas urbanas a jusante, deverão ser devidamente alertadas por meio de contato com as respectivas defesas civis.

## B. Monitoramento de vazões

Dado que o evento de ruptura está intimamente ligado a um evento hidrológico, produzido naturalmente ou por acidente, é primordial que o monitoramento das vazões no **rio Grande** e seus afluentes seja mantido constantemente. Além dos dados operativos da UHE Camargos, para a emissão e alertas para o vale do rio, são monitorados pontos de controle relacionados na Tabela 5.

**Tabela 5 - Estações Fluviométricas**

Bacias	Sub-bacias	Estações
6 – RIO PARANÁ	61 – RIO GRANDE	61009001 - UHE Camargos Bom Jardim de Minas
6 – RIO PARANÁ	61 – RIO GRANDE	61024001 - UHE Camargos Aiuruoca
6 – RIO PARANÁ	61 – RIO GRANDE	61061080 - UHE Camargos Barramento/Reservatório
6 – RIO PARANÁ	61 – RIO GRANDE	61060001 - UHE Camargos Fazenda Laranjeiras
6 – RIO PARANÁ	61 – RIO GRANDE	61012001 - UHE Camargos Madre de Deus de Minas
6 – RIO PARANÁ	61 – RIO GRANDE	61061020 - UHE Camargos Ribeirão Jaguará
6 – RIO PARANÁ	61 – RIO GRANDE	61061100 - UHE Camargos Jusante
6 – RIO PARANÁ	61 – RIO GRANDE	61061050 - UHE Camargos Ribeirão São João

Pelo portal Gestor PCD da Agência Nacional de Águas – ANA é possível verificar os dados em tempo real dos postos de monitoramento: <http://gestorpcd.ana.gov.br/gerarGrafico.aspx>.

Obs.: Será exibido um gráfico com os dados de nível e precipitação. Para visualização dos dados de vazão, selecionar a opção “Exibir Tabela”. A tabela com os dados será exibida abaixo do gráfico

A Figura 6 mostra um exemplo de visualização de dados no portal da ANA.

Em seguida, a Figura 7 apresenta a posição dos postos que permitem o monitoramento de vazões, antecipar eventos de cheias e acompanhar o avanço de onda de ruptura. O mapa pode ser acessado online pelo endereço: [https://bit.ly/FLU\\_CAMARGOS](https://bit.ly/FLU_CAMARGOS)

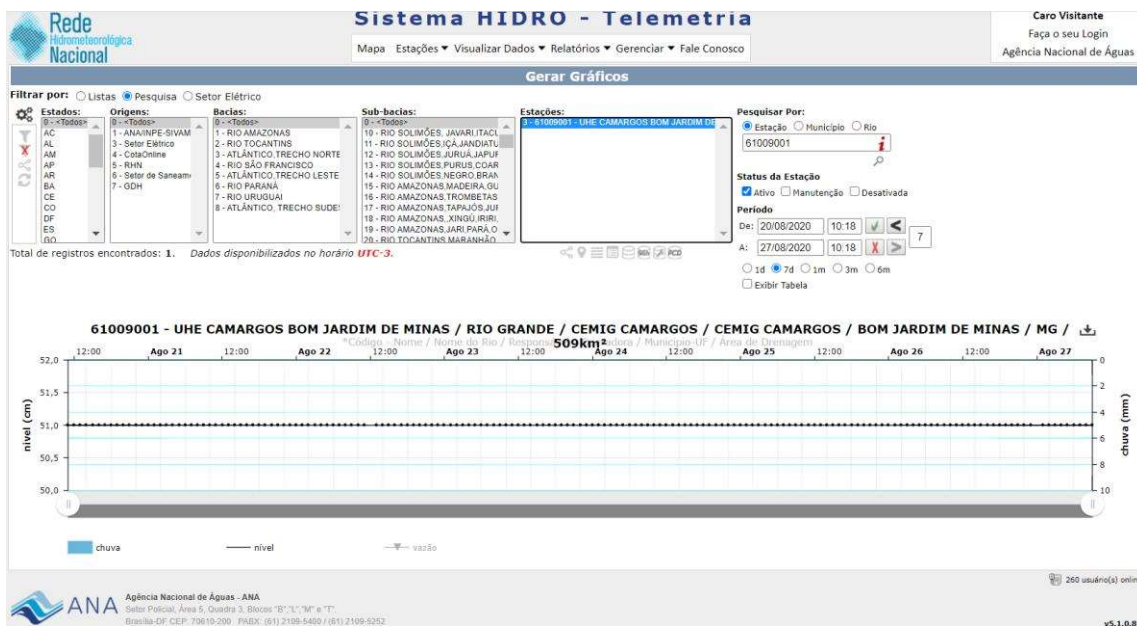


Figura 6 - Visualização do Gestor PCD de dados em tempo real



Figura 7 - Pontos de monitoramento hidrométrico

### **C. Parâmetros para comunicação do plantonista de cheia**

Por se tratar de uma usina com vertedouro controlado e com um reservatório capaz utilizar um volume de espera no período chuvoso, é possível dar previsibilidade da vazão afluente aos municípios de jusante. O monitoramento de vazões ordinárias da UHE Camargos será realizado através dos postos hidrométricos a montante, operados pela Cemig GT. O primeiro parâmetro para comunicação se refere à possibilidade de ultrapassagem da vazão de **700 m<sup>3</sup>/s**, pois estima-se que esta defluência é capaz de provocar danos às propriedades situadas à jusante da UHE Itutinga.

Vazões acima de **900 m<sup>3</sup>/s** podem atingir a estrada de acesso à usina de Itutinga e iniciar o risco de inundação da ponte MG-265 (Lavras – São João Del Rei).

Assim, deve ser acionado o plano de comunicação conforme abaixo:

- Defluência > 700 m<sup>3</sup>/s – comunicar a Defesa Civil de **Ibituruna** para avaliação da condição de risco à população ribeirinha.
- Defluência > 1100 m<sup>3</sup>/s – comunicar a polícia rodoviária de Perdões para procedimento de interdição da ponte da BR 265 na região do rio Grande

Dado o monitoramento constante dos postos de montante, existe tempo hábil de a Defesa Civil local atuar para evacuação da área afetada. Assim, é primordial que os contatos telefônicos de notificação estejam sempre atualizados e disponíveis.

Caso haja risco de rompimento do barramento da UHE Camargos, o fluxo de comunicação segue da mesma maneira, indicando a necessidade de evacuação de áreas maiores, devendo abarcar as Defesas Civis das cidades de Nazareno e Itutinga. Outros efeitos de potenciais inundações são apresentados em apêndice com principais pontos de inundação por município, para os cenários estudados de ruptura de barragem e de cheias naturais.

## **VII. Encerramento das operações**

Uma vez que as condições indiquem que não existe mais uma emergência no local da barragem e que a Cemig GT declarou que a barragem está segura, o Coordenador do PAE deverá contatar a COMPDEC e/ou a CEDEC que irão acompanhar a evolução das inundações no vale e decretar o fim da emergência, e conseqüentemente o regime de monitoramento de cheia.

## VIII. Apêndices

## A. Ficha Técnica da Barragem

<b>Dados Básicos</b>	
Nome do barramento	UHE Camargos
Empreendedor	Cemig Geração Camargos S.A.
Entidade Fiscalizadora	ANEEL
<b>Localização</b>	
- Curso de água barrado	Rio Grande
- Município	Itutinga
- Unidade da Federação	Minas Gerais (MG)
- Coordenadas do Empreendimento	Lat. 21°19'32"S Long. 44°36'57"O
<b>Reservatório</b>	
NA Montante – Reservatório:	
- Máximo Maximorum [m-IBGE]	913,00
- Máximo Normal [m-IBGE]	913,00
- Mínimo Normal [m-IBGE]	899,00
<b>Áreas Inundadas:</b>	
- No NA Máximo Maximorum [km <sup>2</sup> ]	73,35
- No NA Máximo Normal [km <sup>2</sup> ]	73,35
- No NA Mínimo Normal [km <sup>2</sup> ]	23,59
<b>Volume do Reservatório:</b>	
- No N.A. Máximo Maximorum [hm <sup>3</sup> ]	797,63
- No N.A. Máximo Normal [hm <sup>3</sup> ]	797,63
- No N.A. Mínimo Normal [hm <sup>3</sup> ]	125,78
<b>Barragem</b>	
- Material	Terra com núcleo argiloso e Concreto
- Comprimento da Crista [m]	608,00
- Altura máxima em relação à fundação [m]	36
- Cota da Crista [m-IBGE]	915,00
<b>Sistema de descarga</b>	
Tipo	Vertedouro Soleira Controlada (VC)
Vazão de Projeto [m <sup>3</sup> /s]	2.062,00
Cota da Soleira [m-IBGE]	907,00
Tipo de comportas	Segmento
Número de vãos	6
Número de comportas	6
<b>Dimensões das comportas</b>	
- Altura [m]	6,00
- Largura [m]	11,00
<b>Tomada d'Água</b>	
Tipo	Gravidade
Comprimento [m]	51,00
- Número de Conduitos	2
<b>Casa de Força</b>	
Tipo	Abrigada
Número de Unidades Geradoras	2
<b>Turbinas Hidráulicas</b>	
- Tipo	Kaplan - eixo vertical
- Potência Nominal Unitária [MW]	22,50
- Potência Instalada Total [MW]	45,00

**B. Mensagem de notificação Padrão****URGENTE**

Esta é uma mensagem de (declaração / alteração) do Nível de Segurança, feita pelo Coordenador do Plano de Ação de Emergência – PAE da UHE Camargos \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_.

A partir das \_\_\_\_:\_\_\_\_ h de \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_, foi ativado o Nível de Segurança \_\_\_\_\_ do PAE da UHE Camargos.

A causa da declaração é \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
(descrição mínima da situação, identificação da condição anormal, possíveis danos, risco de ruptura potencial ou real, etc.).

Esta mensagem está sendo enviada simultaneamente a \_\_\_\_\_,  
\_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_.

As circunstâncias ocorridas fazem com que se devam precaver e pôr em ação as recomendações e atividades delineadas em sua cópia do PAE da UHE Camargos.

Nós os manteremos atualizados da situação em caso de mudança do Nível de Segurança, caso ela se resolva ou torne-se pior. Nova Comunicação será emitida dentro de \_\_\_\_\_ horas ou de hora em hora, para sua atualização.

A UHE Camargos possui uma barragem em terra e concreto, localizada no rio Grande. O volume máximo de armazenamento é de 792 hm<sup>3</sup>. A Zona de Autossalvamento (ZAS) adotada compreende 17,5 km a partir do barramento, e engloba pequenos aglomerados populacionais, além das instalações da UHE Itutinga. Nenhum centro urbano está localizado na região

**FIM DA MENSAGEM**



### C. Premissas e resultados dos estudos de ruptura hipotética

Premissas:

Para o **Nível de Resposta 3 – Emergência**, foram simulados cinco cenários de ruptura para a Barragem de Camargos, sucintamente descritos a seguir:

- **Cenário RDC 1:** Rompimento por colapso das estruturas do vertedouro e barragem de concreto da margem esquerda, na transição com a barragem de terra, com defluência da cheia decamilenar (2.062 m<sup>3</sup>/s) e reservatório cota de 913,00 m (volume máximo do reservatório);
- **Cenário RDC 2:** Rompimento por colapso das estruturas do vertedouro e barragem de concreto da margem esquerda, na transição com a barragem de terra, em dia seco (*sunny day*) com defluência da Q<sub>MLT</sub> (130 m<sup>3</sup>/s) e reservatório na cota de 913,00 m;
- **Cenário RDC 3:** Rompimento por *piping* na região de contato entre a barragem de concreto e barragem de terra da margem esquerda, durante evento de vazão decamilenar (2.062 m<sup>3</sup>/s) com reservatório na cota de 913,00 m;
- **Cenário RDC 4:** Rompimento por *piping* na região de contato entre a barragem de concreto e barragem de terra da margem esquerda, em dia seco (*sunny day*) com defluência da Q<sub>MLT</sub> (130 m<sup>3</sup>/s) e reservatório na cota de 913,00 m;
- **Cenário RDC 5:** Rompimento por *piping* na região de contato entre a barragem de concreto e barragem de terra da margem esquerda, durante evento de vazão defluente igual à de restrição (1.000 m<sup>3</sup>/s) com reservatório na cota de 913,00 m.

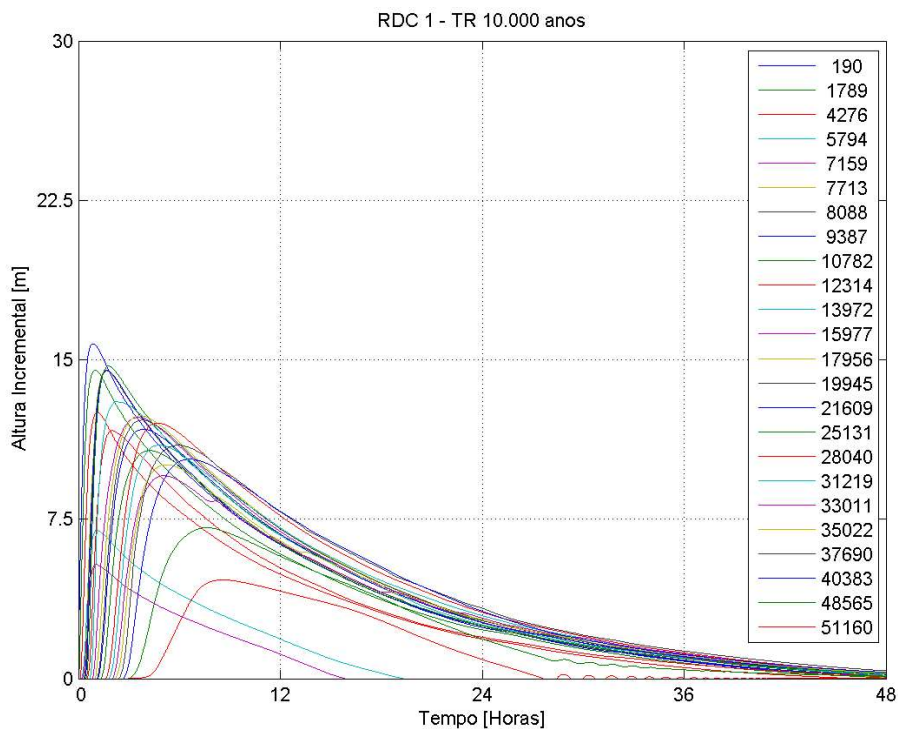
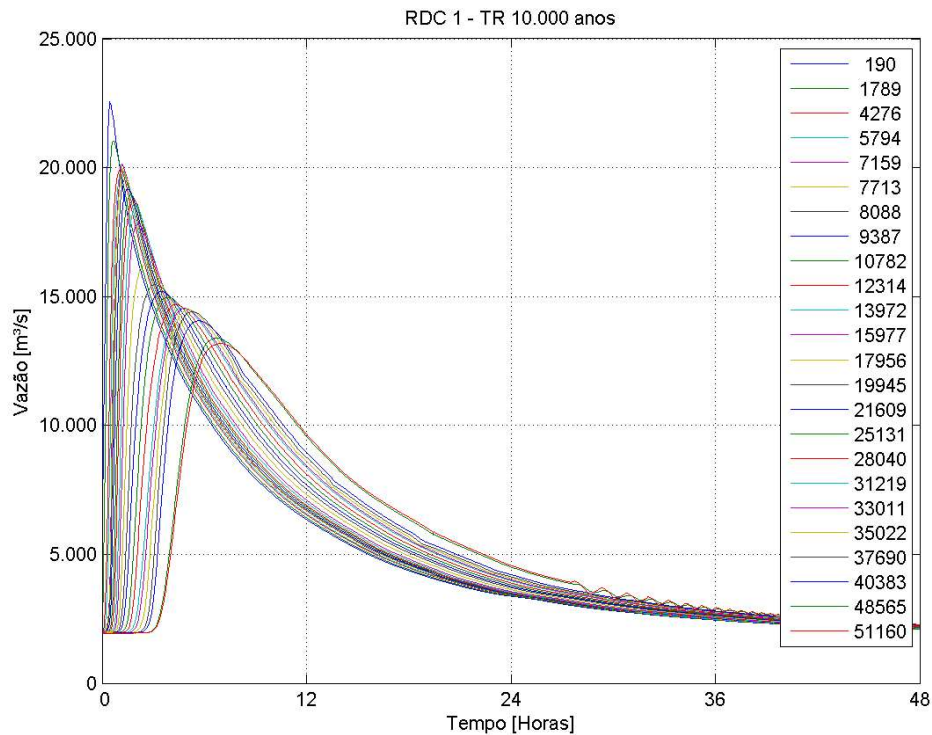
Resultados:

1. Cenário RDC 1: Rompimento por colapso das estruturas do vertedouro e barragem, com vazão decamilenar (2062 m<sup>3</sup>/s)

As figuras seguintes ilustram, durante as 48 horas mais críticas do evento, o comportamento das ondas de ruptura ao longo do vale a jusante da UHE Camargos para o Cenário RDC 1 (decamilenar), sendo apresentados um hidrograma e uma curva da altura incremental da onda de ruptura para cada seção de interesse.

A vazão de pico após a ruptura foi estimada em quase 22.600 m<sup>3</sup>/s, e ao longo do modelo verificou-se que, juntamente com as vazões elevadas, há um volume de grande magnitude propagado, podendo ocasionar grandes impactos às edificações e aos demais empreendimentos localizados a jusante da estrutura, como no caso, a UHE Itutinga e a UHE Funil. A altura incremental da onda de cheia sobre a UHE Itutinga chega a aproximadamente 5 m, galgando toda a estrutura. Em relação ao vale a jusante, a altura incremental chega a 16 m.

Dessa forma, o dano potencial associado à ruptura é considerado de grande magnitude, impondo uma cheia induzida pelo menos 11 vezes superior à cheia natural Decamilenar. Na entrada no reservatório da UHE Funil, a onda induzida chega com uma altura incremental de 5 m, o que deve ser considerado como evidente risco de galgamento das estruturas associadas da Barragem Funil.

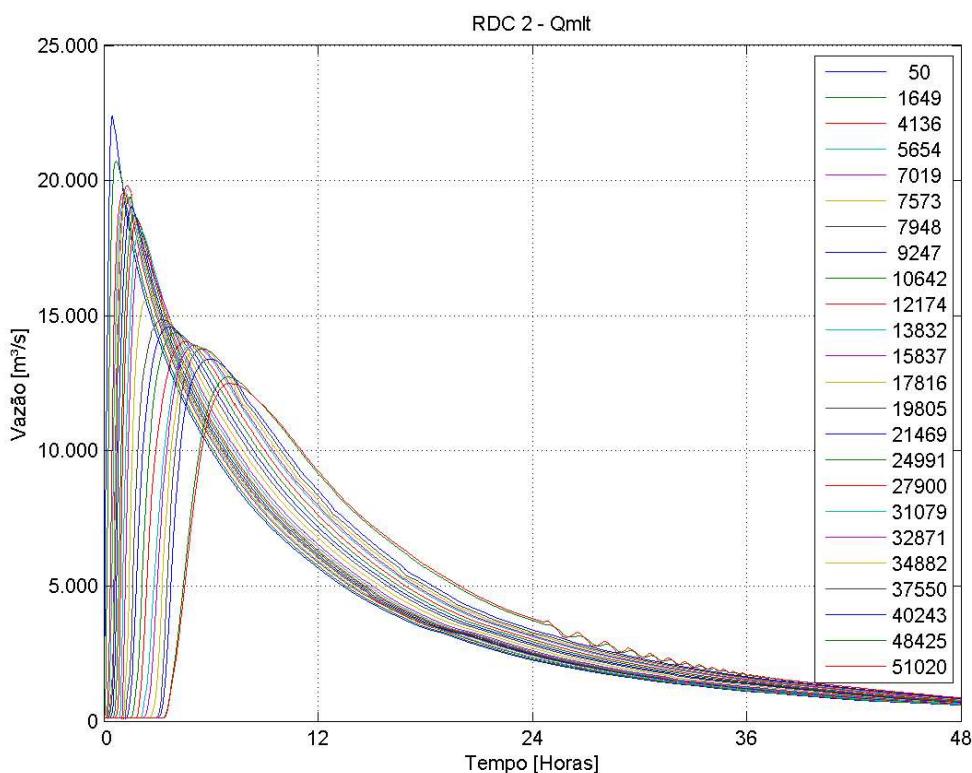


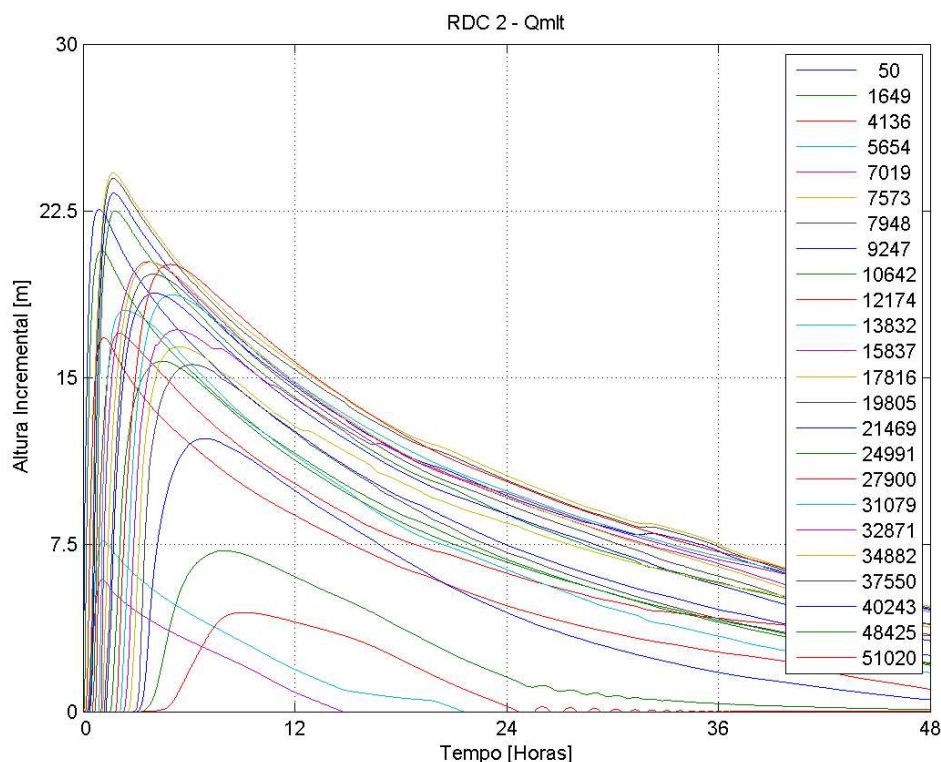
2. Cenário RDC 2: Rompimento por colapso das estruturas do vertedouro e barragem em dia seco, vazão média de longo termo (130 m<sup>3</sup>/s)

As figuras a seguir ilustram, durante as 48 horas mais críticas do evento, o comportamento das ondas de ruptura ao longo do vale a jusante da Barragem Camargos para o Cenário 2 (*sunny day*), sendo apresentados um hidrograma e uma curva da altura incremental da onda de ruptura para cada seção de interesse.

A vazão de pico após a ruptura foi estimada próximo de 22.400 m<sup>3</sup>/s, e o longo do modelo verificou-se que, apesar da vazão defluente não ser elevada, há um volume de grande magnitude propagado, podendo ocasionar grandes impactos às edificações e aos demais empreendimentos localizados a jusante da estrutura, como no caso, a UHE Itutinga e a UHE Funil. A altura incremental da onda de cheia sobre a UHE Itutinga chega a aproximadamente 5 m, galgando toda a estrutura. Em relação ao vale a jusante, a altura incremental chega a 18 m, com o maior efeito incremental dentre dos modos de ruptura. A inundação induzida pela ruptura hipotética da Barragem de Camargos controla a onda de cheia sobre a cheia natural. Desta forma, o dano potencial associado à ruptura é considerado de grande magnitude, impondo uma cheia induzida pelo menos 11 vezes superior à cheia natural decamilenar.

Na entrada no reservatório da UHE Funil, a onda induzida chega com uma altura incremental de 5 m, o que deve ser considerado como evidente risco de galgamento das estruturas associadas da Barragem Funil.



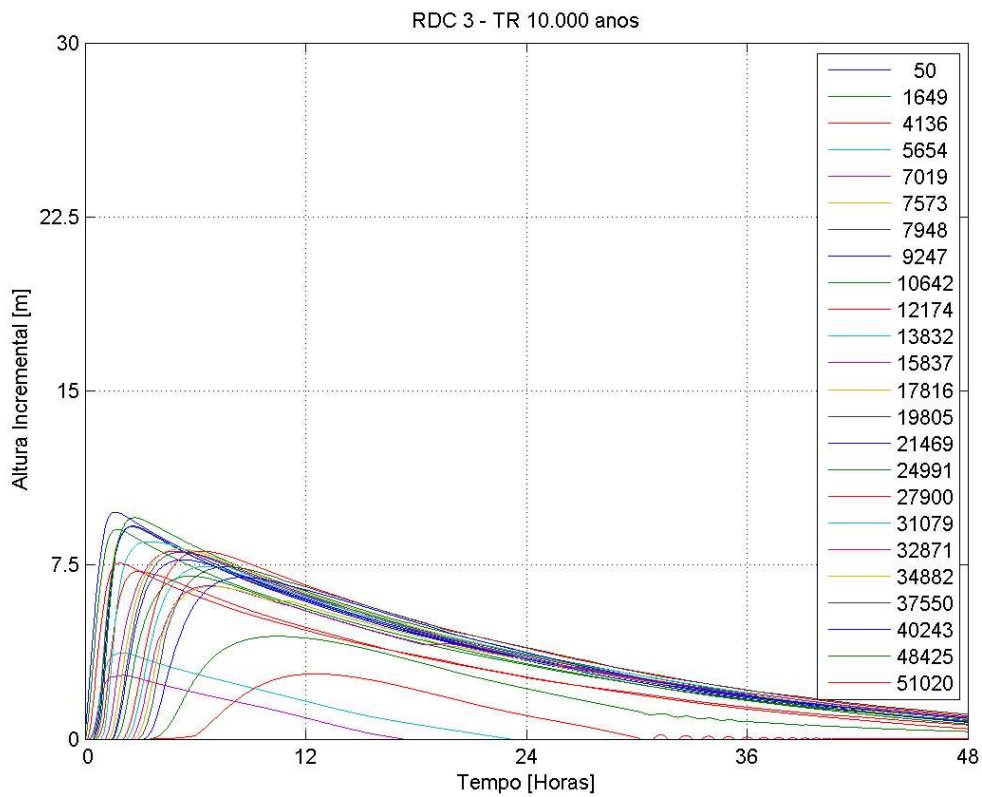
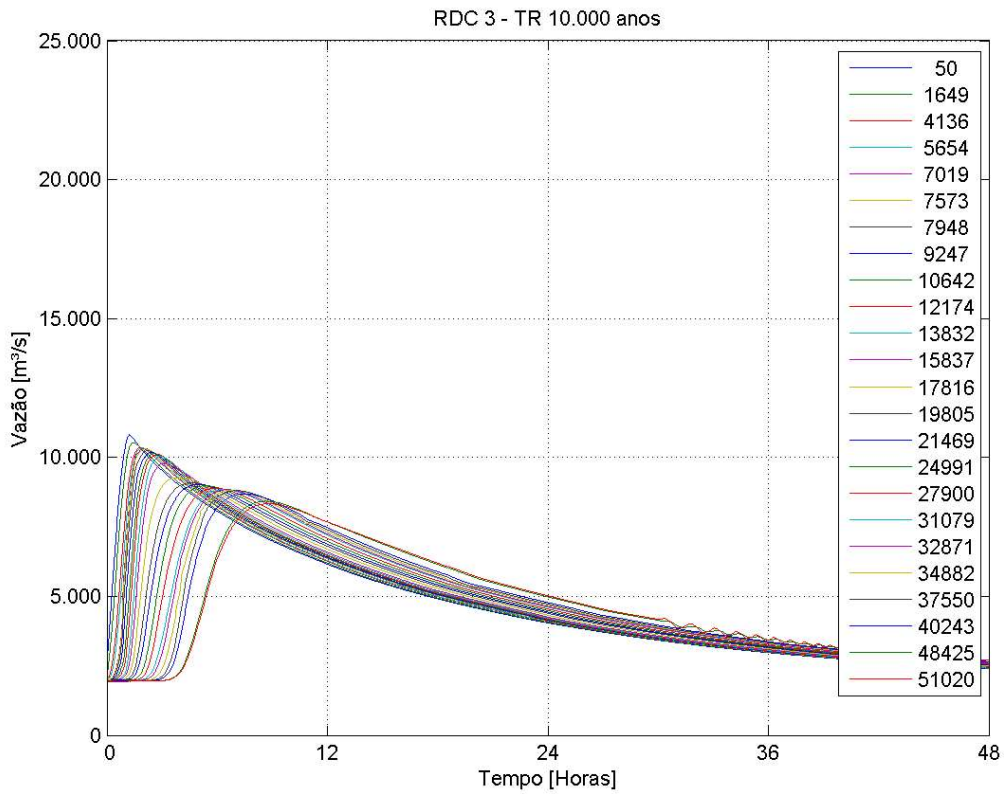


### 3. Cenário RDC 3: Rompimento por piping, vazão decamilenar (2062 m<sup>3</sup>/s)

As figuras seguintes ilustram, durante as 48 horas mais críticas do evento, o comportamento das ondas de ruptura ao longo do vale a jusante da Barragem de Camargos para o Cenário 3 (decamilenar), sendo apresentados um hidrograma e uma curva da altura incremental da onda de ruptura para cada seção de interesse.

A vazão de pico após a ruptura foi superior a 10.800 m<sup>3</sup>/s, e ao longo do modelo verificou-se que, juntamente com as vazões elevadas, há um volume de grande magnitude propagado, podendo ocasionar grandes impactos às edificações e aos demais empreendimentos localizados a jusante da estrutura, como a UHE Itutinga e a UHE Funil. A altura incremental da onda de cheia sobre a UHE Itutinga chega a aproximadamente 3 m, galgando toda a estrutura. Em relação ao vale a jusante, a altura incremental chega a 10 m. A inundação induzida pela ruptura hipotética da Barragem Camargos controla a onda de cheia sobre a cheia natural. Desta forma, o dano potencial associado à ruptura é considerado de grande magnitude, impondo uma cheia induzida pelo menos 5 vezes superior   cheia natural decamilenar.

Na entrada no reservatório da UHE Funil, a onda induzida chega com uma altura incremental de 3 m, o que deve ser considerado como evidente risco de galgamento das estruturas associadas da Barragem Funil. Será necessária a verifica o da capacidade de amortecimento do reservatório da UHE Funil, por parte do proprietário daquele empreendimento.



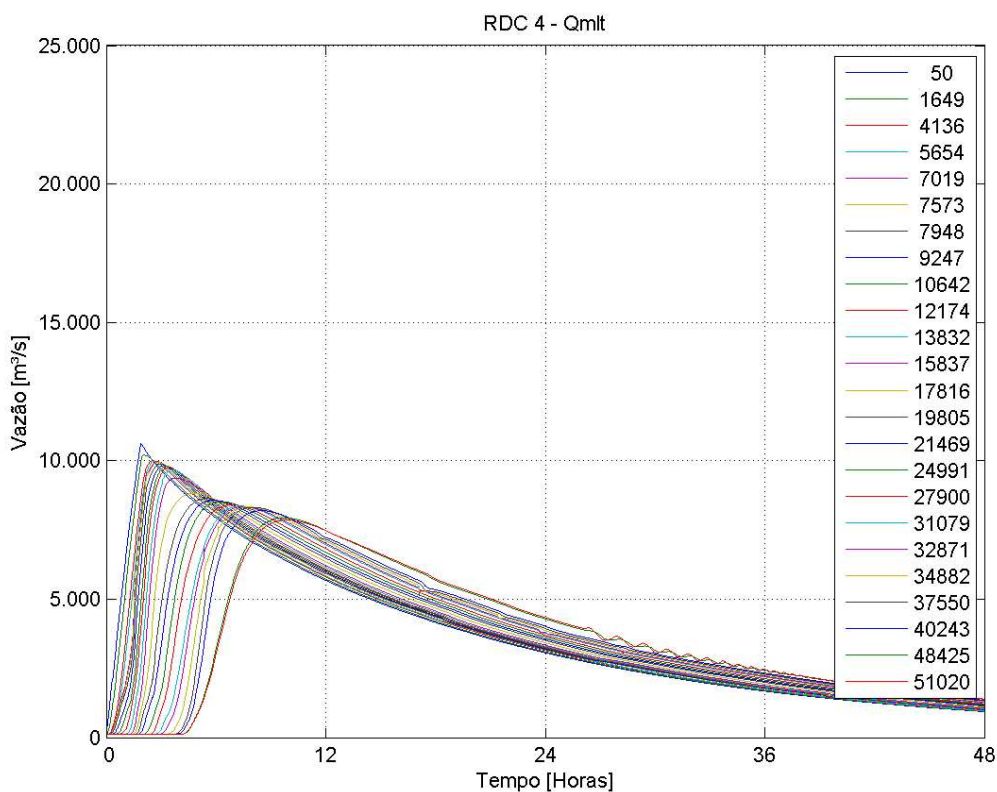
4. Cenário RDC 4: Rompimento por piping em dia seco, vazão média de longo termo (130 m<sup>3</sup>/s)

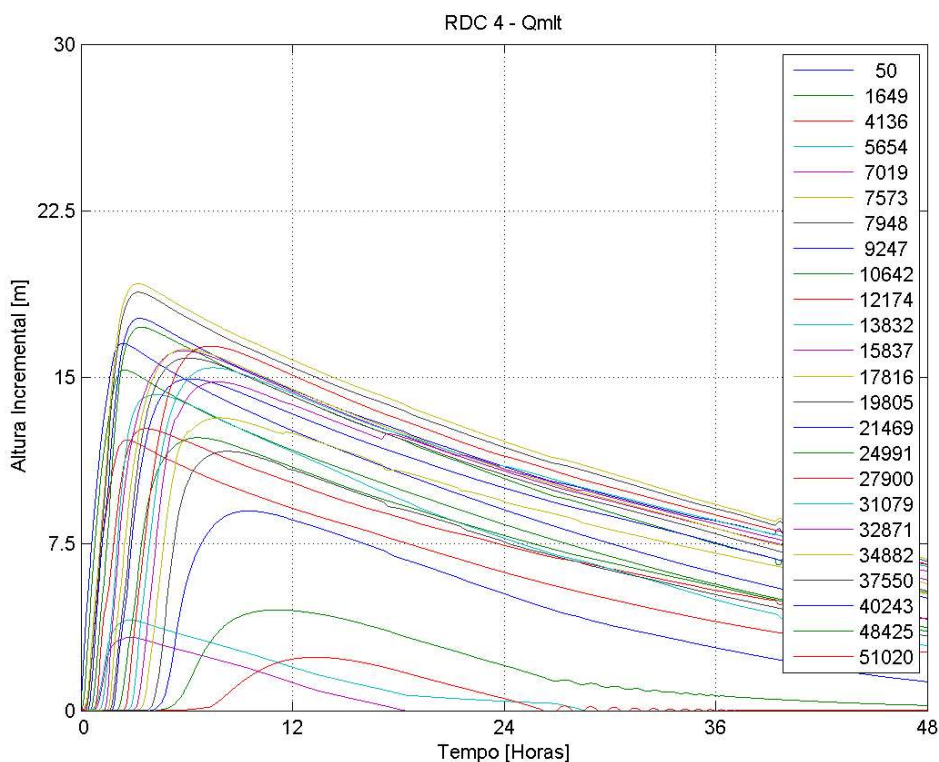
As figuras a seguir ilustram, durante as 48 horas mais críticas do evento, o comportamento das ondas de ruptura ao longo do vale a jusante da Barragem Camargos para o Cenário 4 (*sunny day*), sendo apresentados um hidrograma e uma curva da altura incremental da onda de ruptura para cada seção de interesse.

A vazão de pico após a ruptura foi estimada próximo de 10.600 m<sup>3</sup>/s, e ao longo do modelo verificou-se que, a despeito da vazão defluente não ser elevada, há um volume de grande magnitude propagado, podendo ocasionar grandes impactos às edificações e aos demais empreendimentos localizados a jusante como a UHE Itutinga e a UHE Funil.

A altura incremental da onda de cheia sobre a UHE Itutinga chega a aproximadamente 3 m, galgando toda a estrutura. Em relação ao vale a jusante, a altura incremental chega a 11 m. A inundação induzida pela ruptura hipotética da Barragem de Camargos controla a onda de cheia sobre a cheia natural. Assim, o dano potencial associado à ruptura é considerado de grande magnitude, impondo uma cheia induzida pelo menos 5 vezes superior à cheia natural decamilenar.

Na entrada no reservatório da UHE Funil, a onda induzida chega com uma altura incremental de 2 m, o que deve ser considerado como risco de galgamento das estruturas associadas da Barragem Funil.



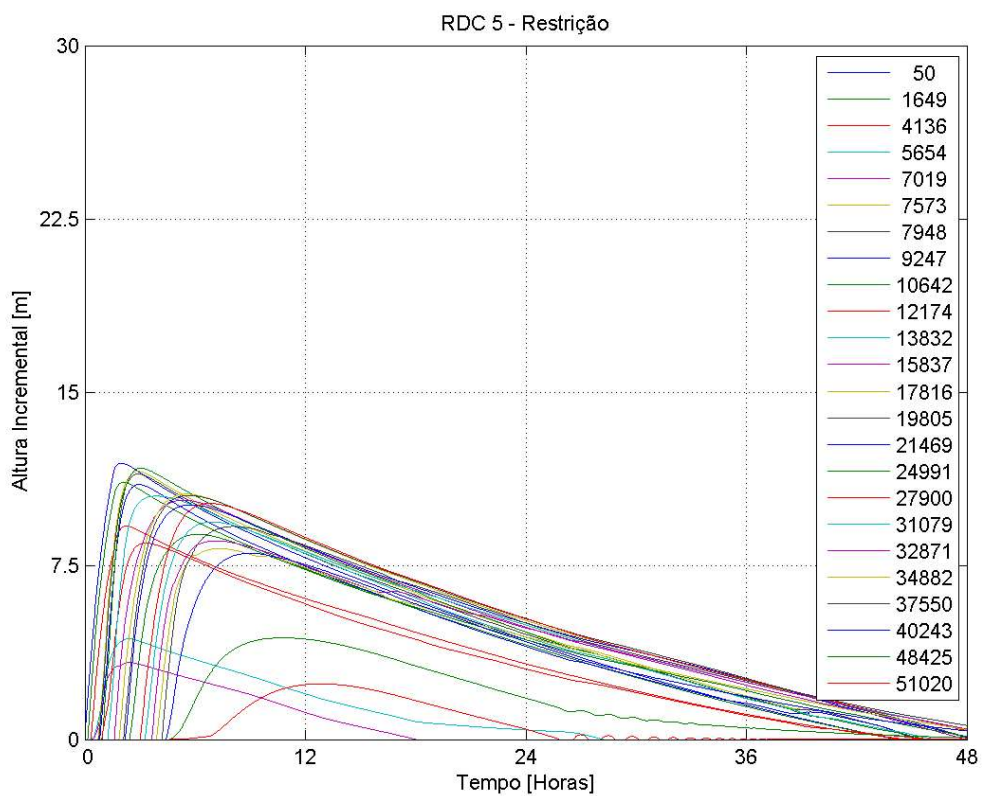
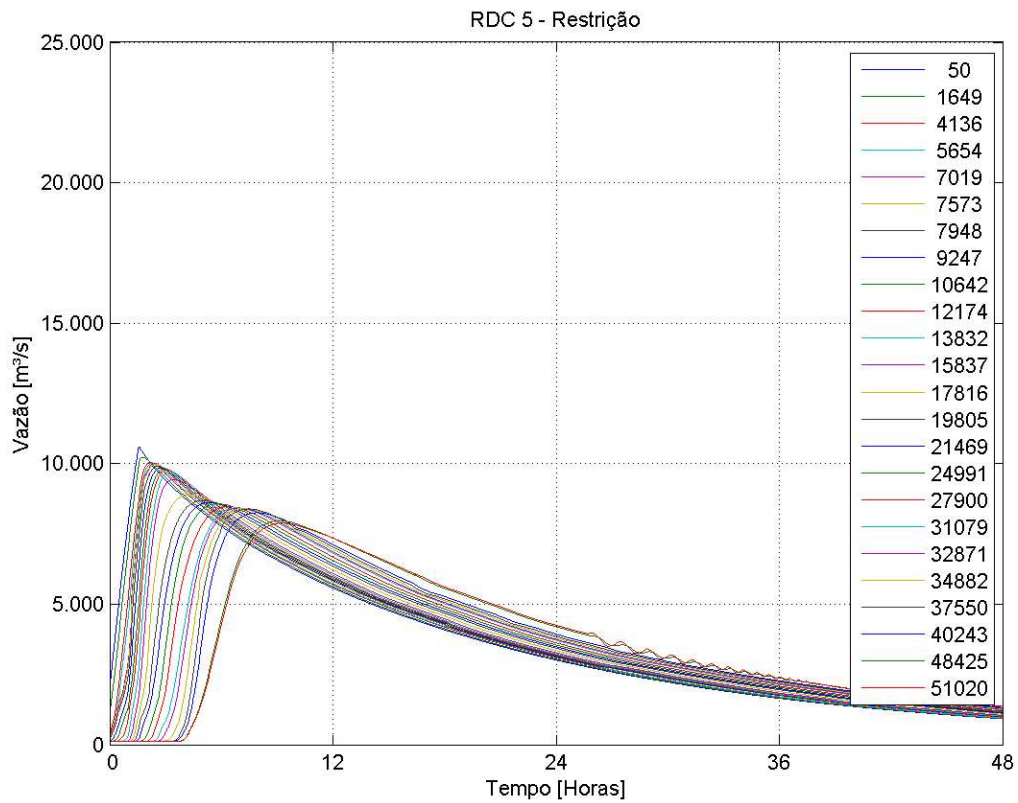


5. Cenário RDC 5: Rompimento por piping, operando a vazão de restrição (1000 m<sup>3</sup>/s)

As figuras a seguir ilustram, durante as 48 horas mais críticas do evento, o comportamento das ondas de ruptura ao longo do vale a jusante da Barragem Camargos para o Cenário 4 (*sunny day*), sendo apresentados um hidrograma e uma curva da altura incremental da onda de ruptura para cada seção de interesse.

A vazão de pico após a ruptura foi estimada próximo de 10.600 m<sup>3</sup>/s, e ao longo do modelo verificou-se que, além da vazão defluente elevada, há um volume de grande magnitude propagado, podendo ocasionar grandes impactos às edificações e aos demais empreendimentos localizados a jusante como a UHE Itutinga e a UHE Funil.

A altura incremental da onda de cheia sobre a UHE Itutinga chega a aproximadamente 3 m, galgando toda a estrutura. Em relação ao vale a jusante, a altura incremental chega a 12 m. A inundação induzida pela ruptura hipotética da Barragem Camargos controla a onda de cheia sobre a cheia natural. Desta forma, o dano potencial associado à ruptura é considerado de grande magnitude, impondo uma cheia induzida pelo menos 5 vezes superior à cheia natural decamilenar. Na entrada no reservatório da UHE Funil, a onda induzida chega com uma altura incremental de 2 m, o que deve ser considerado como evidente risco de galgamento das estruturas associadas da Barragem Funil.





#### D. Principais pontos de inundação

As tabelas abaixo expõem o número de benfeitorias potencialmente afetadas pelos cenários de ruptura hipotética. Considerando a média de habitantes por edificações, por setor censitário, a estimativa da população afetada, por cenário de ruptura, encontra-se nas tabelas seguintes.

Cenário de Ruptura	Número Aprox. de atingidos (edificações)		
	Dentro da ZAS	Fora da ZAS	Total
Cenário 1	234	309	543
Cenário 2	232	299	531
Cenário 3	156	239	395
Cenário 4	161	226	387
Cenário 5	146	228	374

Setor Censitário	Número Aprox. de atingidos (edificações)					
	Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3	
	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS
313450905000007	103	0	103	0	61	0
314450805000012	109	6	108	5	85	2
313450905000006	22	67	21	66	10	46
314450805000013	0	70	0	69	0	59
313000205000004	0	61	0	59	0	57
313430110000005	0	92	0	89	0	67
313000205000005	0	13	0	11	0	8
<b>Total</b>	<b>234</b>	<b>309</b>	<b>232</b>	<b>299</b>	<b>156</b>	<b>239</b>

Setor Censitário	Número Aprox. de atingidos (edificações)			
	Cenário 4		Cenário 5	
	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS
313450905000007	66	0	53	0
314450805000012	85	2	84	2
313450905000006	10	46	9	45
314450805000013	0	57	0	57
313000205000004	0	54	0	54
313430110000005	0	60	0	63
313000205000005	0	7	0	7
<b>Total</b>	<b>161</b>	<b>226</b>	<b>146</b>	<b>228</b>

Setor Censitário	Número Aprox. de atingidos (Habitantes)					
	Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3	
	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS
313450905000007	328	0	328	0	194	0
314450805000012	347	20	343	16	270	7
313450905000006	68	207	65	204	31	143
314450805000013	0	231	0	228	0	195
313000205000004	0	192	0	186	0	180
313430110000005	0	300	0	291	0	219
313000205000005	0	38	0	33	0	24
<b>Total</b>	<b>743</b>	<b>988</b>	<b>736</b>	<b>958</b>	<b>495</b>	<b>768</b>

Setor Censitário	Número Aprox. de atingidos (habitantes)			
	Cenário 4		Cenário 5	
	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS
313450905000007	210	0	169	0
314450805000012	270	7	267	7
313450905000006	31	143	28	140
314450805000013	0	188	0	188
313000205000004	0	170	0	170
313430110000005	0	196	0	206
313000205000005	0	21	0	21
<b>Total</b>	<b>511</b>	<b>725</b>	<b>464</b>	<b>732</b>

Em relação às cheias naturais, o número de benfeitorias é apresentado a seguir.

Tempos de recorrência	Número Aprox. de atingidos (edificações)		
	Dentro da ZAS	Fora da ZAS	Total
TR 10.000 anos = 2.062 m³/s	48	36	84
TR 100 anos = 1.292 m³/s	21	21	42
TR 50 anos = 1.175 m³/s	14	16	30
TR 10 anos = 899 m³/s	12	12	24
TR 2 anos = 584 m³/s	9	10	19

Algumas restrições de acesso em momentos de crise podem ser identificadas. Dentre elas, o acesso às localidades da área de inundação mediante as rodovias e estradas sujeitas à inundação, bem como a interdição das pontes pertencentes a elas. Nesse contexto, nas cartas de inundação estão indicadas as estradas e pontes atingidas pela onda induzida pela ruptura hipotética da barragem. Essas estruturas deverão ser mapeadas pelos órgãos de Defesa Civil, para que o isolamento e interdição das vias sejam adequadamente planejado e executado para momentos de crise.

Com base nessas informações, avaliou-se, para cada cenário simulado, a possibilidade de galgamento das pontes, bem como o atendimento à recomendação de 1 m de borda livre abaixo da estrutura. Recomendações de projeto de pontes e bueiros de DNIT (2005) indicam 1 m de borda livre para períodos de retorno de 50 anos ou 100 anos, conforme critério de projeto. Para o cenário milenar, tal condição não se aplica, uma vez que o evento hidrológico natural já é superior às recomendações aplicáveis. Sendo assim, os valores representados em vermelhos indicam que o nível d'água atingiu o tabuleiro da estrutura ou o não atendimento da recomendação de DNIT (2005).

A ponte presente ao longo do trecho estudado tem os resultados resumidos abaixo.

Estrutura	Elevação do tabuleiro		Elevação máxima do nível de água						
	[m-IBGE]		[m-IBGE]						
	Superior	Inferior	RDC 1	RDC 2	RDC 3	RDC 4	TR10.000	TR100	TR50
Ponte BR-265	863,61	861,31	876,91	878,35	873,13	873,21	863,98	862,32	861,83

Em vermelho estão situações de risco ou inconformidade

### E. Tempos de chegada e pico de onda

As tabelas a seguir contêm os resultados da modelagem hidrológica, apresentadas em todos os mapas temáticos produzidos para os cenários de ruptura, anteriormente identificados.

- Resultados RDC 1:

SC	d*[m]	Z <sub>p</sub> *	Z <sub>ref</sub> *	Z <sub>Qmlt</sub> *	H [m]*	H <sub>incr</sub> [m]*	Q <sub>p</sub> [m³/s]*	T <sub>p</sub> *	T <sub>inun</sub> *	T <sub>ch</sub>	V [km/h]*
51547	50,00	909,23	893,49	886,50	22,74	15,74	22563,24	00 00 53	01 14 26	00 00 01	0,00
49947	1649,38	907,08	892,57	886,18	20,90	14,51	21041,67	00 01 00	01 13 29	00 00 04	13,71
47461	4135,52	903,04	890,52	886,07	16,97	12,52	19933,28	00 01 08	01 10 52	00 00 11	16,34
45942	5654,40	893,83	886,83	886,00	7,82	6,99	19912,16	00 01 07	00 16 03	00 00 19	24,02
44578	7018,63	892,09	886,69	886,00	6,08	5,39	20146,48	00 01 03	00 13 23	00 00 22	41,81
44024	7572,71	878,86	864,35	854,53	24,34	14,51	19963,89	00 01 41	01 14 38	00 00 25	9,40
43649	7947,75	878,47	863,98	854,37	24,09	14,49	19536,03	00 01 41	01 14 42	00 00 26	9,87
42350	9246,79	877,33	862,83	853,91	23,42	14,50	19156,89	00 01 43	01 14 25	00 00 29	11,04
40955	10641,51	874,11	859,40	851,48	22,63	14,71	18941,84	00 01 48	01 15 26	00 00 34	11,55
39423	12173,78	867,92	856,25	850,74	17,18	11,67	18754,43	00 02 01	01 12 48	00 00 40	10,70
37764	13832,32	864,25	851,23	845,93	18,32	13,03	18509,06	00 02 17	01 15 41	00 00 48	9,84
35759	15837,20	860,07	847,79	839,48	20,59	12,29	17844,73	00 03 33	01 16 00	00 00 57	5,92
33780	17816,32	859,37	847,01	838,80	20,57	12,37	16224,82	00 03 41	01 16 19	00 01 07	6,35
31792	19804,81	858,52	846,36	838,48	20,04	12,16	15464,23	00 03 48	01 15 51	00 01 16	6,77
30128	21469,07	857,45	845,72	838,27	19,18	11,73	15192,82	00 03 53	01 15 52	00 01 19	7,14
26606	24990,61	852,86	842,13	836,76	16,10	10,73	14971,79	00 04 16	01 15 00	00 01 32	7,37
23697	27899,96	848,08	836,06	827,59	20,49	12,02	14682,23	00 04 44	01 16 48	00 01 51	7,23
20517	31079,27	845,38	834,39	826,29	19,09	10,98	14565,81	00 04 50	01 16 15	00 02 02	7,86
18725	32871,21	838,05	828,50	820,54	17,51	9,55	14543,27	00 05 05	01 15 55	00 02 15	7,81
16715	34881,82	834,45	824,39	817,71	16,74	10,07	14489,07	00 05 13	01 15 19	00 02 27	8,04
14047	37549,73	824,11	813,13	808,11	16,01	10,98	14408,42	00 05 56	01 17 28	00 02 40	7,43
11354	40243,01	820,71	810,38	808,02	12,68	10,33	14061,36	00 06 38	01 15 29	00 02 58	6,99
3171	48425,17	815,61	808,51	808,01	7,60	7,10	13394,64	00 07 34	01 04 37	00 03 35	7,24
577	51019,83	812,66	808,02	808,00	4,66	4,65	13177,49	00 08 34	00 20 32	00 04 44	6,63

\*d é a distância entre a seção de controle e o eixo do barramento [m]; Z<sub>p</sub> é a cota de pico [m-IBGE]; Z<sub>ref</sub> é a cota de pico para o evento natural Decamilenar [m-IBGE]; Z<sub>Qmlt</sub> é a cota para a condição de escoamento da vazão de referência Q<sub>MLT</sub> [m-IBGE]; H é a altura do pico da onda induzida em relação à condição de vazão Q<sub>MLT</sub> [m]; H<sub>incr</sub> é a altura incremental do pico em relação ao evento Decamilenar [m]; Q<sub>p</sub> é a vazão de pico [m³/s]; T<sub>p</sub> é o tempo de pico da onda induzida [DD:HH:MM]; T<sub>inun</sub> é o tempo de submersão da seção (para H<sub>incr</sub> > 1,00) [DD:HH:MM]; T<sub>ch</sub> é o tempo de chegada do início da onda na seção de controle [DD:HH:MM], V é a velocidade média do pico da onda entre a seção do barramento e a seção de controle [km/hr], \*\*NDA – Não atinge a condição de inundação incremental.

• Resultados RDC 2:

SC	d*[m]	Z <sub>p</sub> *	Z <sub>ref</sub> *	Z <sub>Qmit</sub> *	H [m]*	H <sub>incr</sub> [m]*	Q <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]*	T <sub>p</sub> *	T <sub>inun</sub> *	T <sub>ch</sub>	V [km/h]*
51547	50,00	909,05	891,57	886,50	22,56	17,48	22395,54	00 00 55	02 16 01	00 00 01	0,00
49947	1649,38	906,91	890,76	886,18	20,73	16,15	20723,85	00 01 03	02 11 12	00 00 06	12,00
47461	4135,52	902,89	889,15	886,07	16,82	13,73	19578,75	00 01 11	02 02 55	00 00 13	15,32
45942	5654,40	893,69	886,08	886,00	7,68	7,61	19554,64	00 01 10	00 17 50	00 00 23	22,42
44578	7018,63	891,95	886,00	886,00	5,94	5,94	19815,89	00 01 06	00 12 26	00 00 25	38,01
44024	7572,71	878,74	862,62	854,53	24,22	16,12	19674,66	00 01 42	03 04 10	00 00 19	9,60
43649	7947,75	878,35	862,34	854,37	23,97	16,00	19388,11	00 01 43	03 04 11	00 00 21	9,87
42350	9246,79	877,21	861,66	853,91	23,30	15,55	19039,83	00 01 44	03 04 46	00 00 27	11,26
40955	10641,51	873,97	857,59	851,48	22,49	16,38	18721,25	00 01 50	03 05 08	00 00 36	11,55
39423	12173,78	867,75	855,28	850,74	17,01	12,47	18486,16	00 02 04	03 06 35	22 09 58	10,54
37764	13832,32	863,96	849,47	845,93	18,03	14,49	18199,16	00 02 22	02 20 20	00 00 56	9,51
35759	15837,20	859,70	845,89	839,48	20,22	13,82	17546,99	00 03 44	03 04 01	00 01 03	5,60
33780	17816,32	859,00	844,97	838,80	20,20	14,03	15677,76	00 03 52	03 04 09	00 01 09	6,02
31792	19804,81	858,15	844,28	838,48	19,66	13,87	14862,46	00 03 58	03 03 08	00 01 15	6,48
30128	21469,07	857,08	843,70	838,27	18,81	13,38	14581,30	00 04 03	03 01 57	00 01 21	6,84
26606	24990,61	852,51	840,55	836,76	15,75	11,97	14366,05	00 04 29	02 18 40	00 01 39	6,99
23697	27899,96	847,69	834,24	827,59	20,10	13,45	14041,50	00 04 58	03 05 54	00 01 56	6,88
20517	31079,27	845,02	832,81	826,29	18,73	12,21	13927,18	00 05 04	03 06 56	00 02 11	7,48
18725	32871,21	837,70	826,78	820,54	17,15	10,91	13905,21	00 05 20	03 07 28	00 02 26	7,43
16715	34881,82	834,10	822,89	817,71	16,39	11,21	13851,08	00 05 28	03 05 22	00 02 43	7,66
14047	37549,73	823,70	811,33	808,11	15,60	12,37	13772,53	00 06 12	02 16 13	00 03 07	7,10
11354	40243,01	820,29	809,19	808,02	12,27	11,11	13401,59	00 06 54	01 19 38	00 03 24	6,72
3171	48425,17	815,24	808,21	808,01	7,23	7,03	12730,35	00 07 58	01 03 27	00 03 59	6,86
577	51019,83	812,46	808,01	808,00	4,46	4,45	12503,66	00 09 05	00 17 40	00 05 13	6,24

\*d é a distância entre a seção de controle e o eixo do barramento [m]; Z<sub>p</sub> é a cota de pico [m-IBGE]; Z<sub>ref</sub> é a cota de pico para o evento natural de Tr 100 anos [m-IBGE]; Z<sub>Qmit</sub> é a cota para a condição de escoamento da vazão de referência Q<sub>MLT</sub> [m-IBGE]; H é a altura do pico da onda induzida em relação à condição de vazão Q<sub>MLT</sub> [m]; H<sub>incr</sub> é a altura incremental do pico em relação ao evento Tr 100 anos [m]; Q<sub>p</sub> é a vazão de pico [m<sup>3</sup>/s]; T<sub>p</sub> é o tempo de pico da onda induzida [DD:HH:MM]; T<sub>inun</sub> é o tempo de submersão da seção (para H > 1,00) [DD:HH:MM]; T<sub>ch</sub> é o tempo de chegada do início da onda na seção de controle [DD:HH:MM], V é a velocidade média do pico da onda entre a seção do barramento e a seção de controle [km/hr], \*\*NDA – Não atinge a condição de inundação incremental.

• Resultados RDC 3:

SC	d*[m]	Z <sub>p</sub> *	Z <sub>ref</sub> *	Z <sub>Qmit</sub> *	H [m]*	H <sub>incr</sub> [m]*	Q <sub>p</sub> [m³/s]*	T <sub>p</sub> *	T <sub>inun</sub> *	T <sub>ch</sub>	V [km/h]*
51547	50,00	903,27	893,49	886,50	16,77	9,78	10814,42	00 01 39	02 01 46	00 00 04	0,00
49947	1649,38	901,60	892,57	886,18	15,42	9,03	10521,28	00 01 46	02 00 32	00 00 09	13,71
47461	4135,52	898,10	890,52	886,07	12,03	7,58	10356,55	00 01 55	01 21 04	00 00 18	15,32
45942	5654,40	890,55	886,83	886,00	4,54	3,71	10345,56	00 02 02	00 17 44	00 00 32	14,62
44578	7018,63	889,44	886,69	886,00	3,44	2,75	10329,98	00 02 05	00 13 01	00 00 35	16,08
44024	7572,71	873,51	864,35	854,53	18,98	9,16	10305,81	00 02 33	02 01 40	00 00 39	8,36
43649	7947,75	873,13	863,98	854,37	18,75	9,15	10240,44	00 02 34	02 01 44	00 00 40	8,62
42350	9246,79	872,01	862,83	853,91	18,10	9,18	10178,95	00 02 37	02 01 23	00 00 43	9,51
40955	10641,51	868,94	859,40	851,48	17,47	9,54	10137,96	00 02 43	02 02 36	00 00 49	9,93
39423	12173,78	863,47	856,25	850,74	12,73	7,22	10110,28	00 02 52	01 23 13	00 00 58	9,96
37764	13832,32	859,74	851,23	845,93	13,81	8,51	10043,96	00 03 32	02 02 45	00 01 06	7,32
35759	15837,20	855,88	847,79	839,48	16,40	8,10	9784,44	00 04 58	02 02 49	00 01 21	4,76
33780	17816,32	855,20	847,01	838,80	16,39	8,19	9277,09	00 05 08	02 03 06	00 01 34	5,10
31792	19804,81	854,42	846,36	838,48	15,93	8,05	9092,74	00 05 16	02 02 31	00 01 44	5,46
30128	21469,07	853,44	845,72	838,27	15,17	7,72	9031,12	00 05 22	02 02 32	00 01 47	5,76
26606	24990,61	849,16	842,13	836,76	12,39	7,02	8982,37	00 05 44	02 01 24	00 02 02	6,11
23697	27899,96	844,15	836,06	827,59	16,57	8,10	8891,60	00 06 23	02 03 24	00 02 26	5,88
20517	31079,27	841,83	834,39	826,29	15,54	7,43	8848,47	00 06 30	02 02 41	00 02 39	6,40
18725	32871,21	835,11	828,50	820,54	14,57	6,61	8841,14	00 06 45	02 02 11	00 02 54	6,44
16715	34881,82	830,97	824,39	817,71	13,26	6,58	8827,53	00 06 55	02 01 24	00 03 07	6,61
14047	37549,73	820,55	813,13	808,11	12,45	7,42	8806,54	00 07 41	02 04 00	00 03 21	6,22
11354	40243,01	817,35	810,38	808,02	9,33	6,97	8690,02	00 08 35	02 01 20	00 03 45	5,80
3171	48425,17	812,94	808,51	808,01	4,93	4,43	8425,84	00 10 31	01 10 50	00 04 35	5,46
577	51019,83	810,82	808,02	808,00	2,82	2,81	8336,57	00 12 34	00 20 07	00 06 43	4,67

\*d é a distância entre a seção de controle e o eixo do barramento [m]; Z<sub>p</sub> é a cota de pico [m-IBGE]; Z<sub>ref</sub> é a cota de pico para Q<sub>restrição</sub> [m-IBGE]; Z<sub>Qmit</sub> é a cota para a condição de escoamento da vazão de referência Q<sub>MLT</sub> [m-IBGE]; H é a altura do pico da onda induzida em relação à condição de vazão Q<sub>MLT</sub> [m]; H<sub>incr</sub> é a altura incremental do pico em relação ao evento Q<sub>restrição</sub> [m]; Q<sub>p</sub> é a vazão de pico [m³/s]; T<sub>p</sub> é o tempo de pico da onda induzida [DD:HH:MM]; T<sub>inun</sub> é o tempo de submersão da seção (para H > 1,00) [DD:HH:MM]; T<sub>ch</sub> é o tempo de chegada do início da onda na seção de controle [DD:HH:MM]; V é a velocidade média do pico da onda entre a seção do barramento e a seção de controle [km/hr], \*\*NDA – Não atinge a condição de inundação incremental.

• Resultados RDC 4:

SC	d*[m]	Z <sub>p</sub> *	Z <sub>ref</sub> *	Z <sub>Qmlt</sub> *	H [m]*	H <sub>incr</sub> [m]*	Q <sub>p</sub> [m³/s]*	T <sub>p</sub> *	T <sub>inun</sub> *	T <sub>ch</sub>	V [km/h]*
51547	50,00	903,02	891,57	886,50	16,52	11,45	10632,43	00 02 23	03 07 53	00 00 02	0,00
49947	1649,38	901,51	890,76	886,18	15,33	10,75	10204,86	00 02 30	03 01 11	00 00 11	13,71
47461	4135,52	898,24	889,15	886,07	12,17	9,09	10000,59	00 02 39	02 16 27	00 00 22	15,32
45942	5654,40	890,08	886,08	886,00	4,08	4,01	9986,51	00 02 47	00 19 09	00 01 00	14,01
44578	7018,63	889,31	886,00	886,00	3,31	3,31	9968,53	00 02 49	00 13 59	00 01 05	16,08
44024	7572,71	873,74	862,62	854,53	19,22	11,13	9944,91	00 03 15	04 10 53	00 00 23	8,68
43649	7947,75	873,21	862,34	854,37	18,83	10,86	9884,32	00 03 17	04 10 54	00 00 26	8,78
42350	9246,79	871,57	861,66	853,91	17,66	9,91	9830,05	00 03 21	04 13 02	00 00 33	9,51
40955	10641,51	868,73	857,59	851,48	17,25	11,14	9808,13	00 03 21	04 13 25	00 00 43	10,96
39423	12173,78	863,43	855,28	850,74	12,70	8,16	9764,90	00 03 39	04 20 03	22 09 53	9,57
37764	13832,32	860,16	849,47	845,93	14,23	10,69	9669,73	00 04 25	03 16 04	00 01 17	6,78
35759	15837,20	855,68	845,89	839,48	16,20	9,80	9372,72	00 05 46	04 06 14	00 01 30	4,67
33780	17816,32	855,07	844,97	838,80	16,26	10,10	8829,04	00 05 58	04 06 23	00 01 41	4,96
31792	19804,81	854,35	844,28	838,48	15,87	10,07	8646,19	00 06 06	04 04 43	00 01 50	5,32
30128	21469,07	853,20	843,70	838,27	14,93	9,51	8580,12	00 06 13	04 03 11	00 01 56	5,59
26606	24990,61	849,05	840,55	836,76	12,28	8,50	8523,68	00 06 33	03 12 10	00 02 19	5,99
23697	27899,96	844,00	834,24	827,59	16,41	9,76	8411,02	00 07 21	04 08 36	00 02 39	5,61
20517	31079,27	841,72	832,81	826,29	15,43	8,91	8364,91	00 07 30	04 11 53	00 02 58	6,06
18725	32871,21	835,35	826,78	820,54	14,80	8,56	8354,49	00 07 44	04 12 00	00 03 18	6,13
16715	34881,82	830,89	822,89	817,71	13,18	8,00	8339,65	00 07 53	04 05 32	00 03 38	6,33
14047	37549,73	819,78	811,33	808,11	11,67	8,45	8322,34	00 08 19	03 03 28	00 04 11	6,32
11354	40243,01	817,01	809,19	808,02	8,99	7,83	8195,53	00 09 31	02 03 40	00 04 43	5,63
3171	48425,17	812,55	808,21	808,01	4,54	4,34	7938,53	00 11 13	01 07 52	00 05 40	5,48
577	51019,83	810,40	808,01	808,00	2,40	2,40	7861,16	00 13 17	00 15 39	00 08 07	4,68

\*d é a distância entre a seção de controle e o eixo do barramento [m]; Z<sub>p</sub> é a cota de pico [m-IBGE]; Z<sub>ref</sub> é a cota de pico para Q<sub>restrição</sub> [m-IBGE]; Z<sub>Qmlt</sub> é a cota para a condição de escoamento da vazão de referência Q<sub>MLT</sub> [m-IBGE]; H é a altura do pico da onda induzida em relação à condição de vazão Q<sub>MLT</sub> [m]; H<sub>incr</sub> é a altura incremental do pico em relação ao evento Q<sub>restrição</sub> [m]; Q<sub>p</sub> é a vazão de pico [m³/s]; T<sub>p</sub> é o tempo de pico da onda induzida [DD:HH:MM]; T<sub>inun</sub> é o tempo de submersão da seção (para H > 1,00) [DD:HH:MM]; T<sub>ch</sub> é o tempo de chegada do início da onda na seção de controle [DD:HH:MM], V é a velocidade média do pico da onda entre a seção do barramento e a seção de controle [km/hr], \*\*NDA – Não atinge a condição de inundação incremental.

• Resultados RDC 5:

SC	d*[m]	Z <sub>p</sub> *	Z <sub>ref</sub> *	Z <sub>Qmlt</sub> *	H [m]*	H <sub>incr</sub> [m]*	Q <sub>p</sub> [m³/s]*	T <sub>p</sub> *	T <sub>inun</sub> *	T <sub>ch</sub>	V [km/h]*
51547	50,00	903,03	891,08	886,50	16,53	11,95	10632,43	00 02 00	01 16 40	00 00 03	0,00
49947	1649,38	901,38	890,26	886,18	15,20	11,12	10224,67	00 02 07	01 16 22	00 00 13	13,71
47461	4135,52	897,90	888,66	886,07	11,83	9,23	10041,82	00 02 16	01 15 07	00 00 24	15,32
45942	5654,40	890,41	886,06	886,00	4,41	4,35	10028,31	00 02 24	00 19 48	00 00 41	14,01
44578	7018,63	889,33	886,00	886,00	3,32	3,33	10009,01	00 02 26	00 14 00	00 00 44	16,08
44024	7572,71	873,27	861,68	854,53	18,74	11,59	9984,79	00 02 54	01 18 25	00 00 47	8,36
43649	7947,75	872,88	861,40	854,37	18,51	11,47	9921,82	00 02 55	01 18 22	00 00 50	8,62
42350	9246,79	871,76	860,74	853,91	17,85	11,03	9859,29	00 02 58	01 18 20	00 00 53	9,51
40955	10641,51	868,69	856,96	851,48	17,21	11,73	9818,62	00 03 03	01 17 17	00 01 00	10,09
39423	12173,78	863,26	854,77	850,74	12,53	8,49	9781,09	00 03 19	01 13 58	00 01 02	9,21
37764	13832,32	859,45	848,92	845,93	13,52	10,52	9706,55	00 03 53	01 17 14	00 01 19	7,32
35759	15837,20	855,54	845,20	839,48	16,06	10,35	9434,76	00 05 23	01 19 35	00 01 40	4,67
33780	17816,32	854,85	844,25	838,80	16,05	10,61	8894,36	00 05 34	01 19 52	00 01 56	4,98
31792	19804,81	854,08	843,52	838,48	15,59	10,55	8692,83	00 05 42	01 19 39	00 02 10	5,34
30128	21469,07	853,11	842,96	838,27	14,84	10,15	8623,87	00 05 46	01 19 16	00 02 17	5,69
26606	24990,61	848,84	839,97	836,76	12,08	8,87	8571,60	00 06 09	01 18 20	00 02 32	6,01
23697	27899,96	843,79	833,58	827,59	16,20	10,21	8472,30	00 06 49	01 19 45	00 03 06	5,78
20517	31079,27	841,48	832,08	826,29	15,20	9,41	8430,85	00 06 56	01 19 43	00 03 22	6,29
18725	32871,21	834,80	826,21	820,54	14,25	8,59	8425,03	00 07 10	01 19 22	00 03 43	6,35
16715	34881,82	830,67	822,42	817,71	12,96	8,25	8413,30	00 07 18	01 18 42	00 03 59	6,57
14047	37549,73	820,19	810,98	808,11	12,09	9,21	8390,61	00 08 05	01 19 47	00 04 16	6,16
11354	40243,01	816,96	808,91	808,02	8,94	8,05	8256,93	00 08 59	01 16 51	00 04 35	5,76
3171	48425,17	812,55	808,16	808,01	4,54	4,39	7968,37	00 10 52	01 04 57	00 05 20	5,46
577	51019,83	810,41	808,01	808,00	2,41	2,41	7884,47	00 12 49	00 15 40	00 07 37	4,71

\*d é a distância entre a seção de controle e o eixo do barramento [m]; Z<sub>p</sub> é a cota de pico [m-IBGE]; Z<sub>ref</sub> é a cota de pico para Q<sub>restrição</sub> [m-IBGE]; Z<sub>Qmlt</sub> é a cota para a condição de escoamento da vazão de referência Q<sub>MLT</sub> [m-IBGE]; H é a altura do pico da onda induzida em relação à condição de vazão Q<sub>MLT</sub> [m]; H<sub>incr</sub> é a altura incremental do pico em relação ao evento Q<sub>restrição</sub> [m]; Q<sub>p</sub> é a vazão de pico [m³/s]; T<sub>p</sub> é o tempo de pico da onda induzida [DD:HH:MM]; T<sub>inun</sub> é o tempo de submersão da seção (para H > 1,00) [DD:HH:MM]; T<sub>ch</sub> é o tempo de chegada do início da onda na seção de controle [DD:HH:MM], V é a velocidade média do pico da onda entre a seção do barramento e a seção de controle [km/hr], \*\*NDA – Não atinge a condição de inundação incremental.



• Resultados Cheias Naturais:

SC	d*[m]	Z <sub>2anos</sub>	Z <sub>10anos</sub>	Z <sub>50anos</sub>	Z <sub>100anos</sub> *	Z <sub>10000anos</sub>	Z <sub>QMLT</sub>	Z <sub>Restrição</sub>
51547	50,00	889,06	890,31	891,23	891,57	893,49	886,50	891,08
49947	1649,38	888,35	889,56	890,45	890,76	892,57	886,18	890,26
47461	4135,52	887,30	888,18	888,89	889,15	890,52	886,07	888,66
45942	5654,40	886,02	886,04	886,07	886,08	886,83	886,00	886,06
44578	7018,63	886,00	886,00	886,00	886,00	886,69	886,00	886,00
44024	7572,71	859,04	860,75	862,09	862,62	864,35	854,53	861,68
43649	7947,75	858,81	860,50	861,83	862,34	863,98	854,37	861,40
42350	9246,79	858,33	859,93	861,17	861,66	862,83	853,91	860,74
40955	10641,51	855,27	856,35	857,25	857,59	859,40	851,48	856,96
39423	12173,78	854,22	854,68	855,11	855,28	856,25	850,74	854,77
37764	13832,32	847,57	848,42	849,16	849,47	851,23	845,93	848,92
35759	15837,20	842,88	844,38	845,49	845,89	847,79	839,48	845,20
33780	17816,32	842,06	843,50	844,54	844,97	847,01	838,80	844,25
31792	19804,81	841,48	842,81	843,85	844,28	846,36	838,48	843,52
30128	21469,07	841,06	842,32	843,30	843,70	845,72	838,27	842,96
26606	24990,61	838,58	839,54	840,26	840,55	842,13	836,76	839,97
23697	27899,96	831,26	832,89	833,87	834,24	836,06	827,59	833,58
20517	31079,27	830,03	831,50	832,47	832,81	834,39	826,29	832,08
18725	32871,21	824,14	825,51	826,45	826,78	828,50	820,54	826,21
16715	34881,82	820,64	821,81	822,61	822,89	824,39	817,71	822,42
14047	37549,73	809,46	810,37	811,05	811,33	813,13	808,11	810,98
11354	40243,01	808,27	808,62	809,01	809,19	810,38	808,02	808,91
3171	48425,17	808,05	808,11	808,17	808,21	808,51	808,01	808,16
577	51019,83	808,00	808,00	808,01	808,01	808,02	808,00	808,01

\*d é a distância entre a seção de controle e o eixo do barramento [m]; Z cotas de referência [m-IBGE].

## F. Lista de mapas temáticos e manchas de inundação

Na lista de desenhos apresentada nas tabelas abaixo pode-se visualizar os mapas de inundação para cada simulação realizada com a delimitação do alcance máximo da onda induzida pela ruptura da barragem e pela passagem das cheias naturais no vale a jusante, além das principais estruturas atingidas em cada cenário. Os mapas anexos apresentam as situações específicas para o Nível de Resposta 3 – **Emergência**, onde a ruptura já ocorreu ou está prestes a ocorrer, assim como cenários de cheias naturais para o Nível de Resposta – **Cheias**.

As cartas de inundação resumam informações estratégicas do estudo de ruptura hipotética da barragem, auxiliando a realização das ações a serem tomadas em momentos de crise. Sendo assim, são apresentados os resultados hidráulicos de:

- Cota de pico m;
- Cota TR 100 anos e TR 1.000 m;
- Cota  $Q_{MLT}$  m;
- Altura [m];
- Altura Incremental [m];
- Vazão de pico durante a passagem da onda [ $m^3/s$ ];
- Tempo de chegada do pico da onda [00H00M];
- Tempo inundado [00H00M];
- Tempo de chegada do início da onda [00H00M]; e,
- Velocidade média da onda [km/h].

Cenário	Número do Mapa
<b>RDC 1 - Rompimento por colapso das estruturas do vertedouro e barragem, com vazão decamilenar (2062 <math>m^3/s</math>)</b>	PAE-CAM-MAP01-RDC01_revB
<b>RDC 2 - Rompimento por colapso das estruturas do vertedouro e barragem em dia seco, vazão média de longo termo (130 <math>m^3/s</math>)</b>	PAE-CAM-MAP02-RDC02_revB
<b>RDC 3 - Rompimento por piping, vazão decamilenar (2062 <math>m^3/s</math>)</b>	PAE-CAM-MAP03-RDC03_revB
<b>RDC 4 - Rompimento por piping em dia seco, com vazão média de longo termo (130 <math>m^3/s</math>)</b>	PAE-CAM-MAP04-RDC04_revB
<b>RDC 5 - Rompimento por piping em dia de cheia, operando a vazão de restrição (1000 <math>m^3/s</math>)</b>	PAE-CAM-MAP05-RDC05_revB

É representado em carta de inundação, também, o perigo hidrodinâmico do cenário mais crítico. Este é o produto direto entre a velocidade e a profundidade do escoamento, sendo uma variável importante de tomada de decisão, a qual ilustra espacialmente a capacidade destrutiva de uma onda induzida pela ruptura hipotética da barragem.

Nessa linha, a tabela abaixo apresenta as prováveis consequências esperadas da onda de ruptura baseada na variável “perigo hidrodinâmico” ou “inundação dinâmica”, empregados na graduação dessa variável nas cartas de inundação.

Parâmetro HxV [m <sup>2</sup> /s]	Consequências esperadas
<0,50	Crianças e deficientes são arrastados
0,50 – 1,00	Adultos são arrastados
1,00 – 3,00	Danos de submersão em edifícios e estruturais em casas
3,00 – 7,00	Danos estruturais em edifícios e possível colapso
>7,00	Colapso de certos edifícios

Fonte: Adaptado de Synaven et al. (2000).

Cenário – Perigo Hidrodinâmico	Número do Mapa
<b>RDC 1 - Rompimento por colapso das estruturas do vertedouro e barragem, com vazão decamilenar (2062 m<sup>3</sup>/s)</b>	PAE-CAM-MAP06-PER01_revB
<b>RDC 2 - Rompimento por colapso das estruturas do vertedouro e barragem em dia seco, vazão média de longo termo (130 m<sup>3</sup>/s)</b>	PAE-CAM-MAP07-PER02_revB
<b>RDC 3 - Rompimento por piping, vazão decamilenar (2062 m<sup>3</sup>/s)</b>	PAE-CAM-MAP08-PER03_revB
<b>RDC 4 - Rompimento por piping em dia seco, com vazão média de longo termo (130 m<sup>3</sup>/s)</b>	PAE-CAM-MAP09-PER04_revB
<b>RDC 5 - Rompimento por piping em dia de cheia, operando a vazão de restrição (1000 m<sup>3</sup>/s)</b>	PAE-CAM-MAP10-PER05_revB

Por fim, são apresentadas as cartas de inundação do cenário sem ruptura, para as vazões com TR 2, 10, 50, 100 e 10.000 anos. Desta forma é possível analisar quais as regiões que estão, naturalmente, expostas a riscos hidrológicos no vale a jusante da barragem.

Tempo de Recorrência – Cheias Naturais	Número do Mapa
<b>TR 2 anos (584 m<sup>3</sup>/s)</b>	PAE-CAM-MAP11-TR2_revB
<b>TR 10 anos (899 m<sup>3</sup>/s)</b>	PAE-CAM-MAP12-TR10_revB
<b>TR 50 anos (1175 m<sup>3</sup>/s)</b>	PAE-CAM-MAP13-TR50_revB
<b>TR 100 anos (1292 m<sup>3</sup>/s)</b>	PAE-CAM-MAP14-TR100_revB
<b>TR 10.000 anos (2062 m<sup>3</sup>/s)</b>	PAE-CAM-MAP15-TR10000_revB

## IX. Apêndices Externos

Documento nº PAE-CAM-DOC02\_Apêndices-G-H

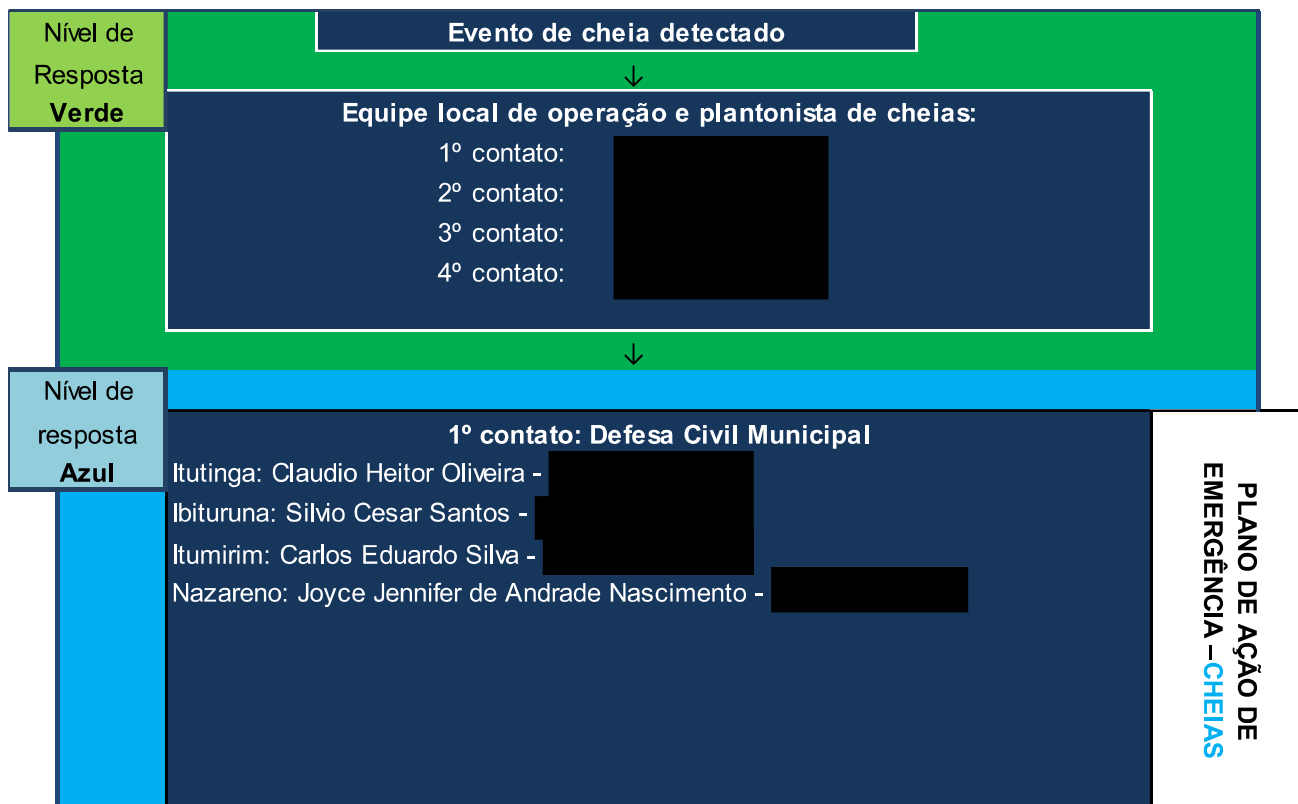
**G. Controle de distribuição digital deste PAE<sup>1</sup>**

<b>Nome do Responsável</b>	<b>Função/Entidade</b>
Ivan Sérgio Carneiro	Coordenador do PAE – Cemig GT
Diego Antônio F. Balbi	Coordenador Técnico Civil – Cemig GT
William Serrano Amorim	Gerente da Equipe Local – Cemig GT
Paulo Henrique Camargos Firme	Diretor – Defesa Civil Estadual Minas Gerais
Claudio Heitor Oliveira	Coordenador – Defesa Civil Municipal Prefeitura Municipal de Itutinga
Silvio Cesar Santos	Coordenador – Defesa Civil Municipal Prefeitura Municipal de Ibituruna
Carlos Eduardo Silva	Coordenador – Defesa Civil Municipal Prefeitura Municipal de Itumirim
Joyce Jennifer A. Nascimento	Coordenador – Defesa Civil Municipal Prefeitura Municipal de Nazareno

<sup>1</sup> Apêndice revisado em 19/04/2022. Este apêndice pode ter seus contatos alterados, sem que o documento do PAE Externo perca a vigência de sua revisão.

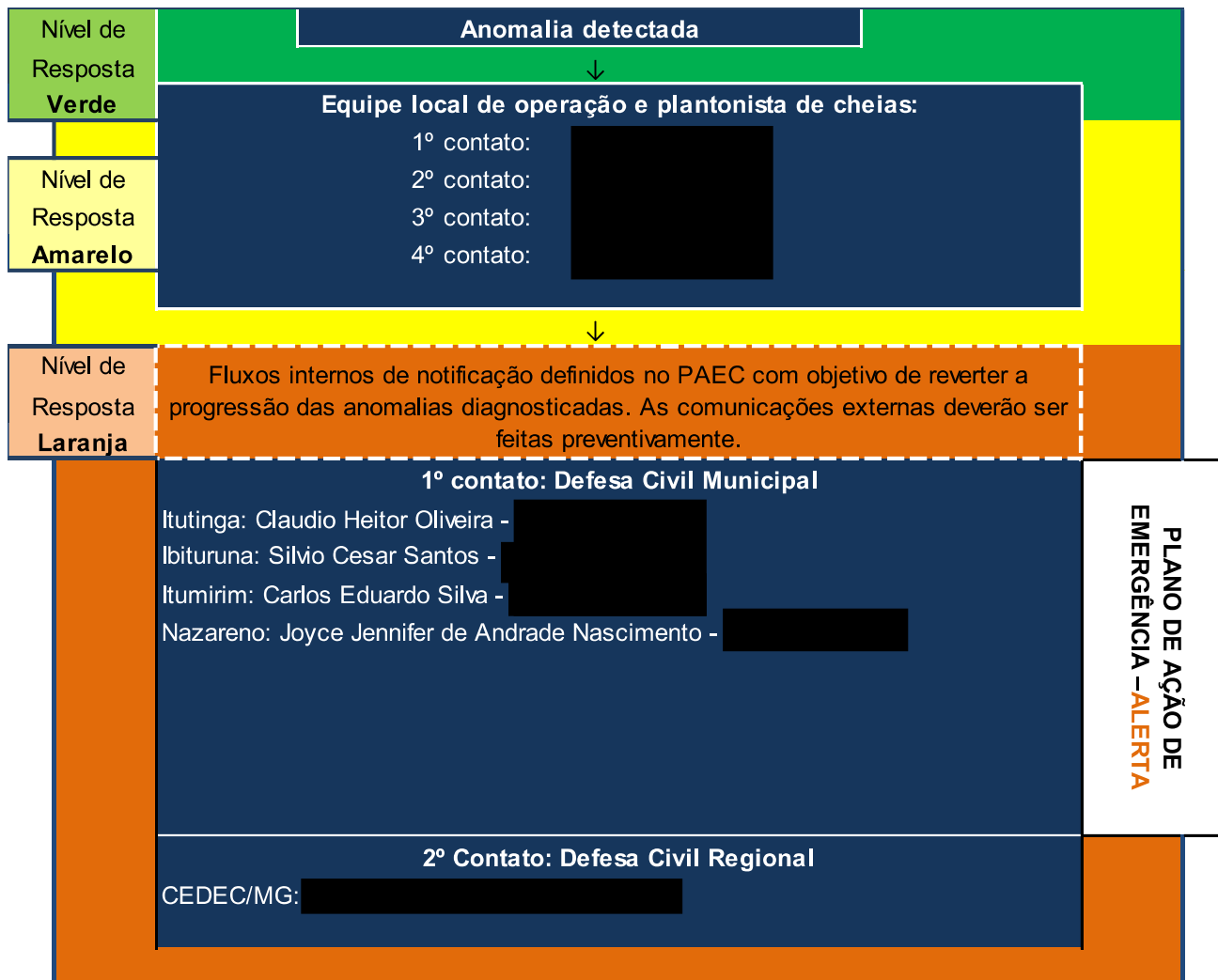
**H. Plano de chamadas para notificação deste PAE**

- Nível de Resposta: CHEIAS<sup>2</sup>



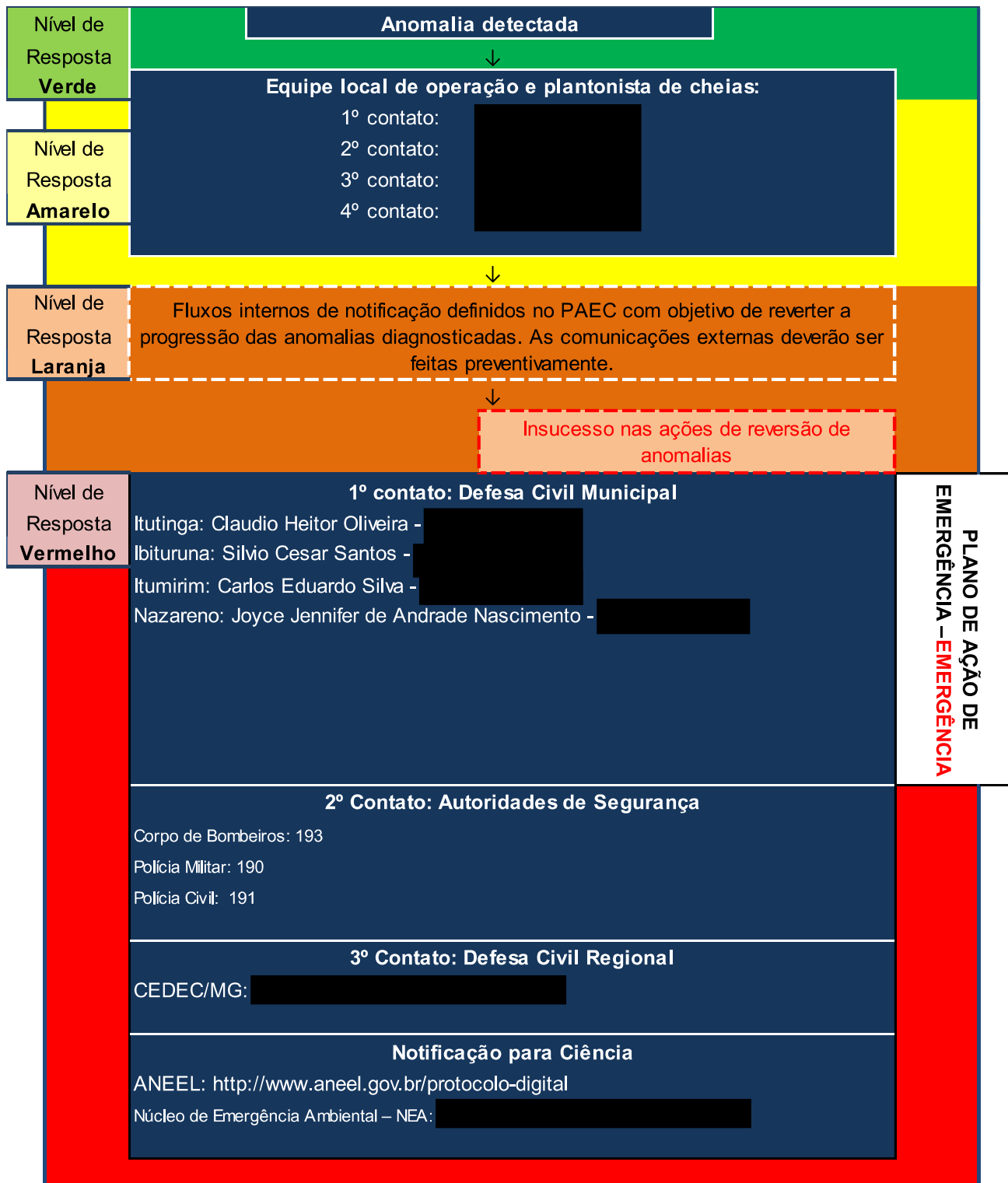
<sup>2</sup> Apêndice revisado em 19/04/2022. Este apêndice pode ter seus contatos alterados, sem que o documento do PAE Externo perca a vigência de sua revisão.

- Nível de Resposta 2: ALERTA<sup>3</sup>



<sup>3</sup> Apêndice revisado em 19/04/2022. Este apêndice pode ter seus contatos alterados, sem que o documento do PAE Externo perca a vigência de sua revisão.

- Nível de Resposta 3: EMERGÊNCIA<sup>4</sup>



<sup>4</sup> Apêndice revisado em 19/04/2022. Este apêndice pode ter seus contatos alterados, sem que o documento do PAE Externo perca a vigência de sua revisão.