

Barragem da UHE Emborcação



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.027115-2.01

Documento nº PAE - UHE Emborcação - revE

Responsável pela elaboração: Cemig GT

Municípios relacionados:

Zona de Autossalvamento (ZAS): Araguari – MG, Catalão – GO, e Cumari – GO

Zona de Segurança Secundária (ZSS): Anhanguera – GO, Corumbaíba – GO

Revisão	Vigência	Motivo da revisão
E	20/04/2022	Revisão de apêndices e página de assinaturas


Sumário

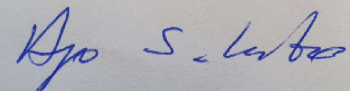

I.	Controle de revisões e assinaturas dos responsáveis	4
II.	Informações gerais da barragem	5
A.	Apresentação.....	5
B.	Objetivo do PAE.....	5
C.	Caracterização da barragem	5
III.	Responsabilidades gerais no PAE	8
A.	Empreendedor	8
B.	Coordenador do PAE	8
C.	Equipe técnica	9
D.	Plantonista de cheias.....	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	15
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 início da comunicação	20
1.	Operação Normal	21
2.	Alerta 1 – Vazões acima de 5.000 m ³ /s	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
	• Modo RDC 1: Rompimento por piping na seção central durante evento de vazão decamilenar (8365 m ³ /s)	25
	• Modo RDC 2: Rompimento por piping na seção central em dia seco, durante evento de vazão média de longo termo (480 m ³ /s)	27
	• Modo RDC 3: Rompimento por piping na seção central em dia seco, durante evento de vazão média de longo termo (480 m ³ /s), com alterações nas condições de jusante	28
D.	Quantificação de atingidos e pontos de inundação	30
E.	Tempos de chegada e pico de onda	33
F.	Lista de mapas temáticos e manchas de inundação	37
IX.	Apêndices Externos	39
G.	Controle de distribuição digital deste PAE	40
H.	Plano de chamadas para notificação deste PAE	41

I. Controle de revisões e assinaturas dos responsáveis

Revisão	Vigência	Motivo da revisão
A	30/04/2019	Emissão inicial com as assinaturas dos responsáveis
B	06/12/2019	Inclusão de novos estudos de ruptura
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	20/04/2022	Revisão de apêndices e página de assinaturas

<p>Assinatura Eletrônica 05/05/2022 15:01 UTC</p>  <p>BRy 103.***-***-45 Diogo Carneiro Ribeiro Bueno Martins</p>	<p>Assinatura Eletrônica 05/05/2022 15:11 UTC</p>  <p>BRy 045.***-***-70 Ivan Sergio Carneiro</p>
<p>Diogo Carneiro Ribeiro Bueno Martins Responsável Técnico pela Elaboração do PAE CREA-MG: 163375/D</p>	<p>Ivan Sérgio Carneiro Coordenador Executivo do PAE Gerente de Planejamento Energético</p>

<p>Assinatura Eletrônica 05/05/2022 15:53 UTC</p>  <p>BRy 043.***-***-59 HENRIQUE SIQUEIRA DE CASTRO</p>	<p>Assinatura Eletrônica 05/05/2022 18:54 UTC</p>  <p>BRy 053.***-***-69 thadeu carneiro da silva</p>
<p>Aprovado por: Henrique Siqueira de Castro Superintendência de Operação de Ativos da Geração e Transmissão</p>	<p>Aprovado por: Thadeu Carneiro da Silva Diretor da Cemig Geração e Transmissão</p>

<p>Assinatura Eletrônica 19/05/2022 21:29 UTC</p>  <p>BRy 056.***-***-50 Reynaldo Passanezi Filho</p>
<p>Responsável Legal: Reynaldo Passanezi Filho Diretor-Presidente da CEMIG</p>

II. Informações gerais da barragem

A. Apresentação

O presente Plano de Ação de Emergência (PAE) visa a apresentar os riscos mapeados a partir do estudo da onda de inundação provocada por eventual ruptura da barragem da UHE Emborcação, para atendimento regulatório à Lei Federal de Segurança de Barragens nº 12.334/2010 e Resolução Normativa ANEEL nº 696/2015. Serão apresentadas as premissas adotadas e as cartas temáticas de cada cenário simulado. Trata-se da formalização das ações externas à operação e manutenção do empreendimento, que devem ser tomadas ao longo de um evento 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

B. Objetivo do PAE

Este documento tem como objetivo facilitar a comunicação entre o empreendedor e entidades públicas, proteger o patrimônio de terceiros e 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 Civas 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 a estes eventos 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. 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 onde se definem as ações internas do empreendedor que visam recuperar as condições de segurança estrutural e operacional da barragem.

C. Caracterização da barragem

A UHE Emborcação, da Cemig Geração e Transmissão S.A., iniciou sua operação em 1982, tendo sido construída no município de Araguari, MG. Localizada no rio Paranaíba, conta com quatro unidades geradoras, totalizando 1.192 MW de potência instalada. Possui cerca de 1.600 m de comprimento de crista e 158 m de altura máxima e é composta por barramentos de terra, enrocamento com núcleo de argila e concreto, a. Seu reservatório possui cerca de 476,59 km² de área inundada no N.A. Máximo Normal e capacidade máxima de acumulação de 17.724,72 hm³.

O sistema extravasor da UHE Emborcação é composto por Vertedouro de Soleira Controlada (VS), provido de 4 (três) comportas segmento de 18,77 m de altura e 12 m de largura, totalizando uma capacidade máxima de descarga de 8.276,6 m³/s. Construída em concreto, a tomada d'água da UHE Emborcação possui 65 m de comprimento e 60 m de altura. A água aduzida é conduzida por quatro conduto forçados, localizados dentro da galeria de adução, os quais alimentarão quatro unidades geradoras localizadas na casa de força da UHE Emborcação, que é do tipo abrigada e conta com quatro turbinas do tipo Francis eixo vertical. A restituição da vazão turbinada ocorre por bacia de dissipação e posterior canal de descarga, no leito do rio Paranaíba. A espacialização das principais estruturas do empreendimento é mostrada no desenho da Figura 1 abaixo.

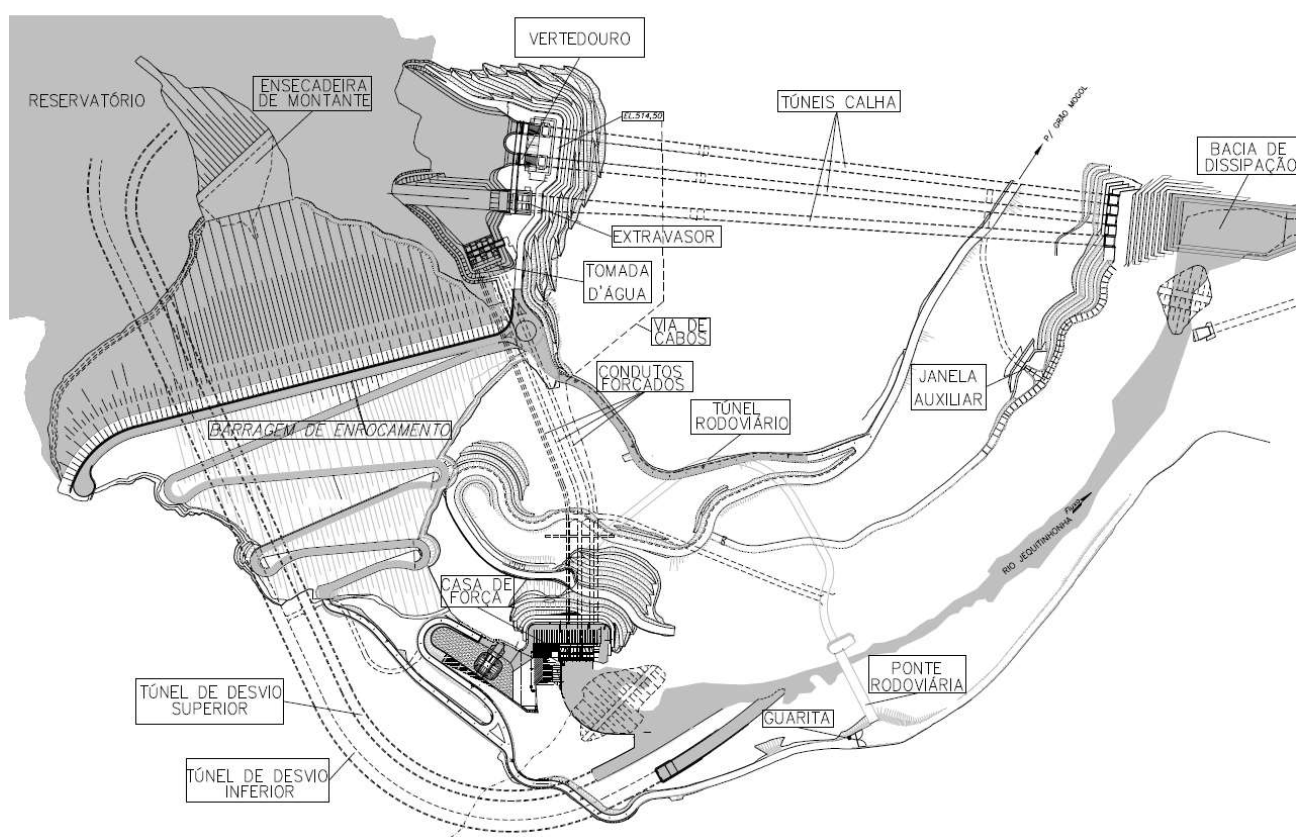


Figura 1 – Desenho com as estruturas do empreendimento

O acesso a partir de Belo Horizonte faz-se pela BR-262, sentido Betim. Segue-se por esta rodovia por, aproximadamente, 368 km até o acesso à BR-452, em Araxá – MG. A partir desse ponto, toma-se a BR-452, sentido Uberlândia, por cerca de 170 km. Em Uberlândia, toma-se a rotatória, em direção ao município de Araguari – MG, acessando, assim, a BR-050. A partir desse ponto, deve-se seguir por 64 km até encontrar uma sinalização indicativa da UHE Emborcação (Figura 2).

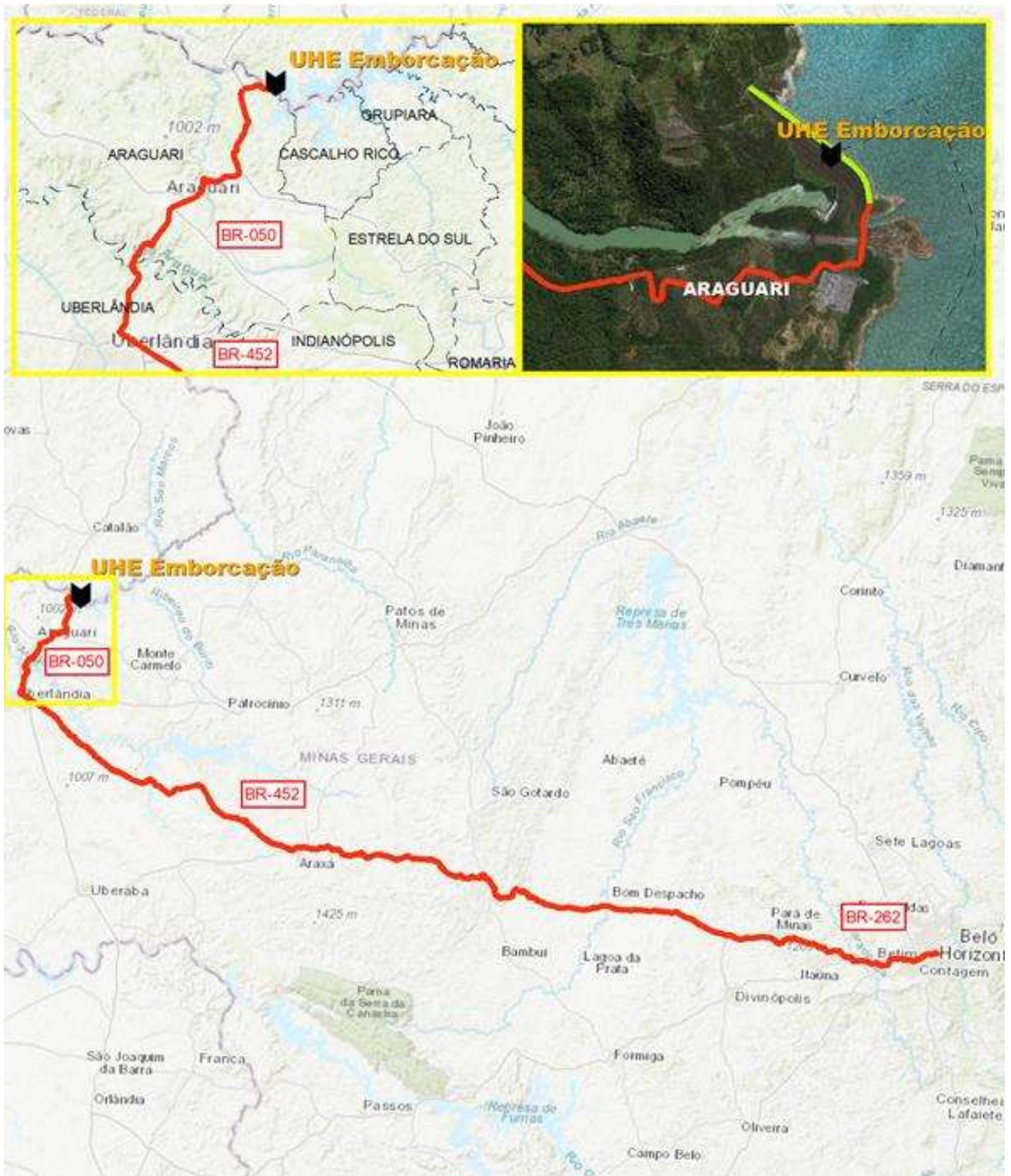


Figura 2 - Localização e acesso

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 Ivan Sérgio Carneiro 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	Instrumentação	Ausência de monitoramento, análise ou manutenção	Normal (Verde)
		Resultados anômalos da instrumentação de auscultação da barragem	
	Equipamentos	Indisponibilidade total do sistema de monitoramento de níveis e afluência de cheias (previsão)	Atenção (Amarelo)
Anomalias na barragem, ombreiras e área a jusante	Trincas	Trincas superficiais	Atenção (Amarelo)
		Trincas profundas estáveis, documentadas e monitoradas.	
		Presença de trincas transversais e longitudinais profundas sem percolação de água: <ul style="list-style-type: none"> Que não estabilizam Passantes ou não, de montante para jusante 	
	Surgências (áreas encharcadas, água surgindo ou infiltrações)	Presença de trincas transversais passantes, de montante para jusante, com percolação de água	Atenção (Amarelo)
		Surgência de água próximo à barragem ou ombreiras: <ul style="list-style-type: none"> Não documentada e/ou não monitorada Com carreamento de materiais de origem desconhecida Aumento das infiltrações com o tempo Água saindo com pressão 	
	Abatimento / Deslizamento	Deslizamento do maciço através da crista ou talude, reduzindo borda livre e/ou seção transversal	Alerta (Laranja)
	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	Impossibilidade de notificação	Normal (Verde)
	Período chuvoso	Impossibilidade de notificação	Atenção (Amarelo)

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 Responsável: plantonista de cheias	Alerta (Laranja)
	Galgamento da barragem	Galgamento da barragem iniciado	Se possível, reduzir nível através do aumento do vertimento. Acionar fluxo de comunicação. Iniciar estado de alerta no vale a jusante. Responsável: plantonista de cheias	
Ruptura da Barragem		<ul style="list-style-type: none"> • Tombamento da barragem • Abertura de brecha no maciço com descarga incontrolável de água • Colapso completo do maciço 	Acionar fluxo de comunicação. Iniciar <u>evacuação</u> do vale a jusante. Responsável: plantonista de cheias	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.

O volume útil do reservatório de Emborcação garante-lhe certa capacidade de regularização de vazões para controle de cheias. Assim, o **Nível de Resposta – CHEIAS** é acionado de forma a alertar sobre as condições naturais e as vazões do rio Paranaíba que serão repassadas pela usina 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 Emborcação, 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 PAE acerca de 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 se está rompendo**, devendo ser tomadas medidas para a preservação de vidas e a redução dos danos materiais decorrentes do colapso da barragem.

Sinteticamente:

- a barragem já se rompeu, está rompendo-se 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 a 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;
- deve-se avisar/alarmar a Zona de autossalvamento;
- acionam-se 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 Paranaíba, em regiões de limítrofes entre estados de Goiás e Minas Gerais.

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 **CHEIAS**.

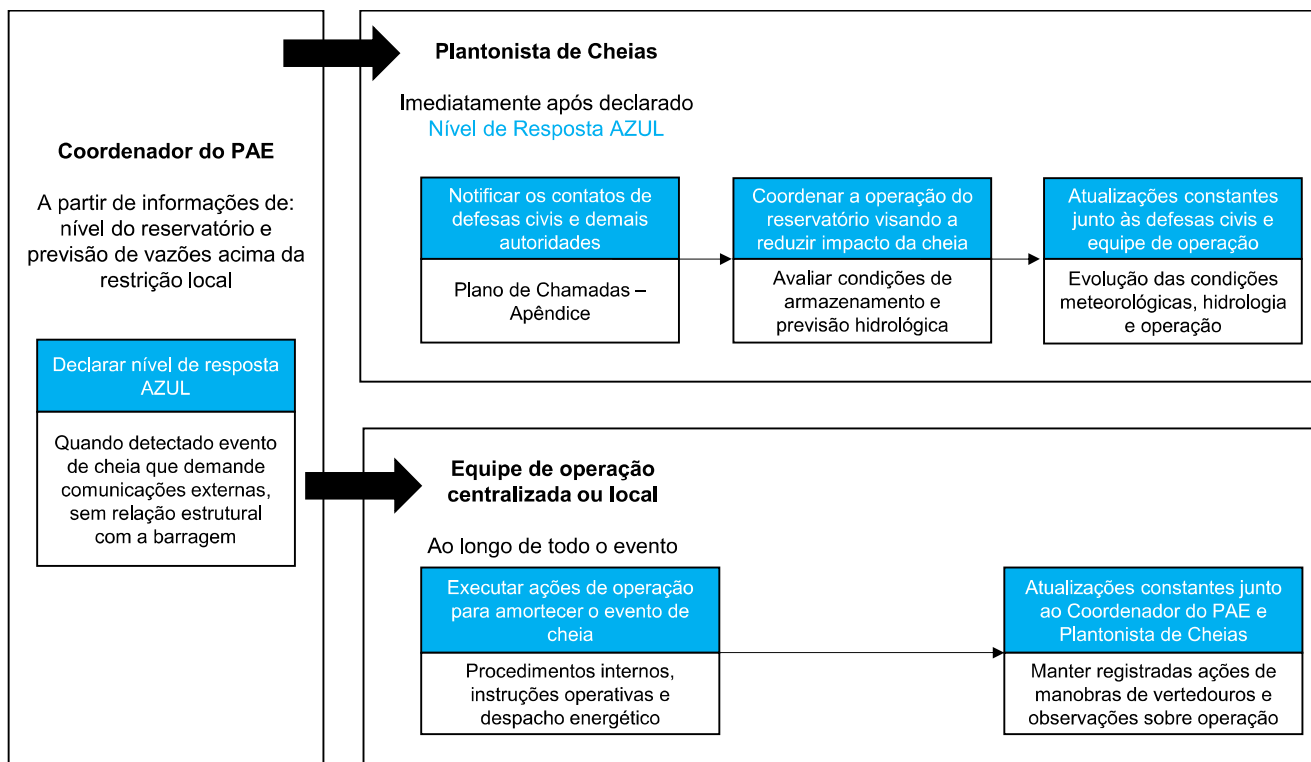


Figura 3 - Fluxograma em situação de CHEIAS

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**.

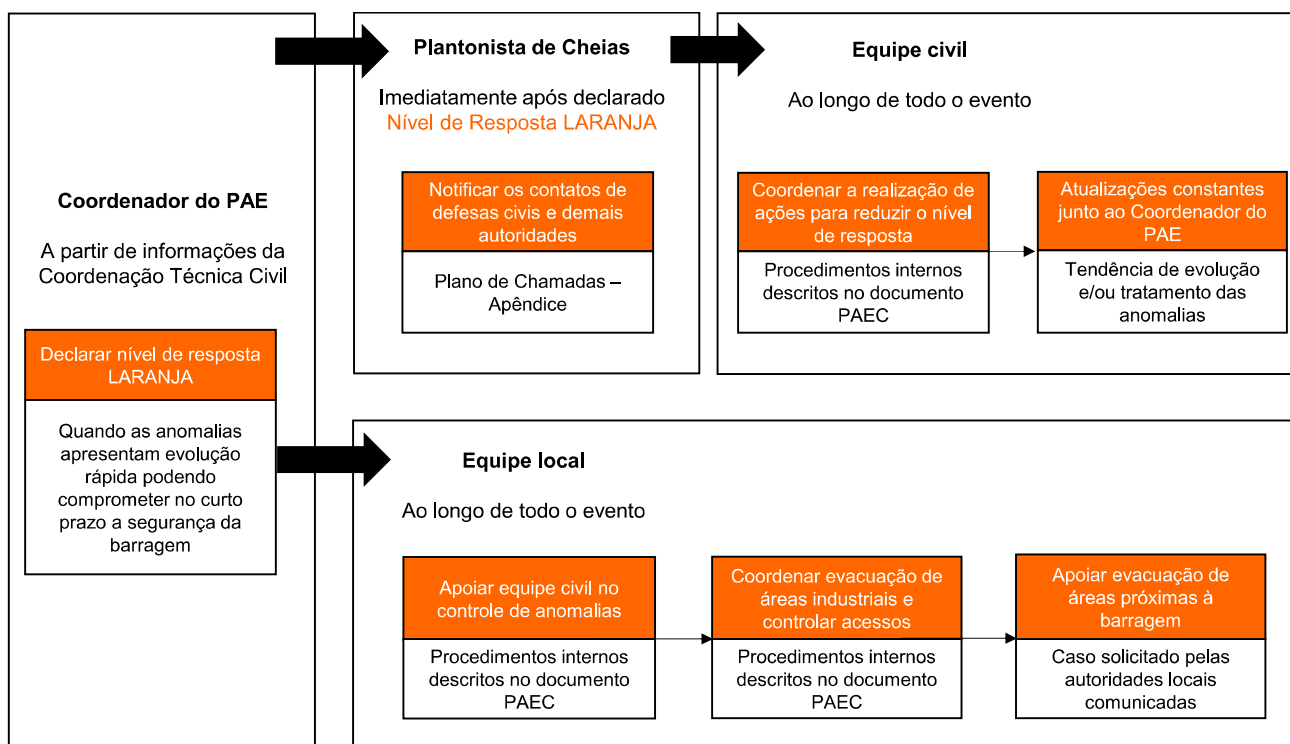


Figura 4 - Fluxograma em situação ALERTA

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**.

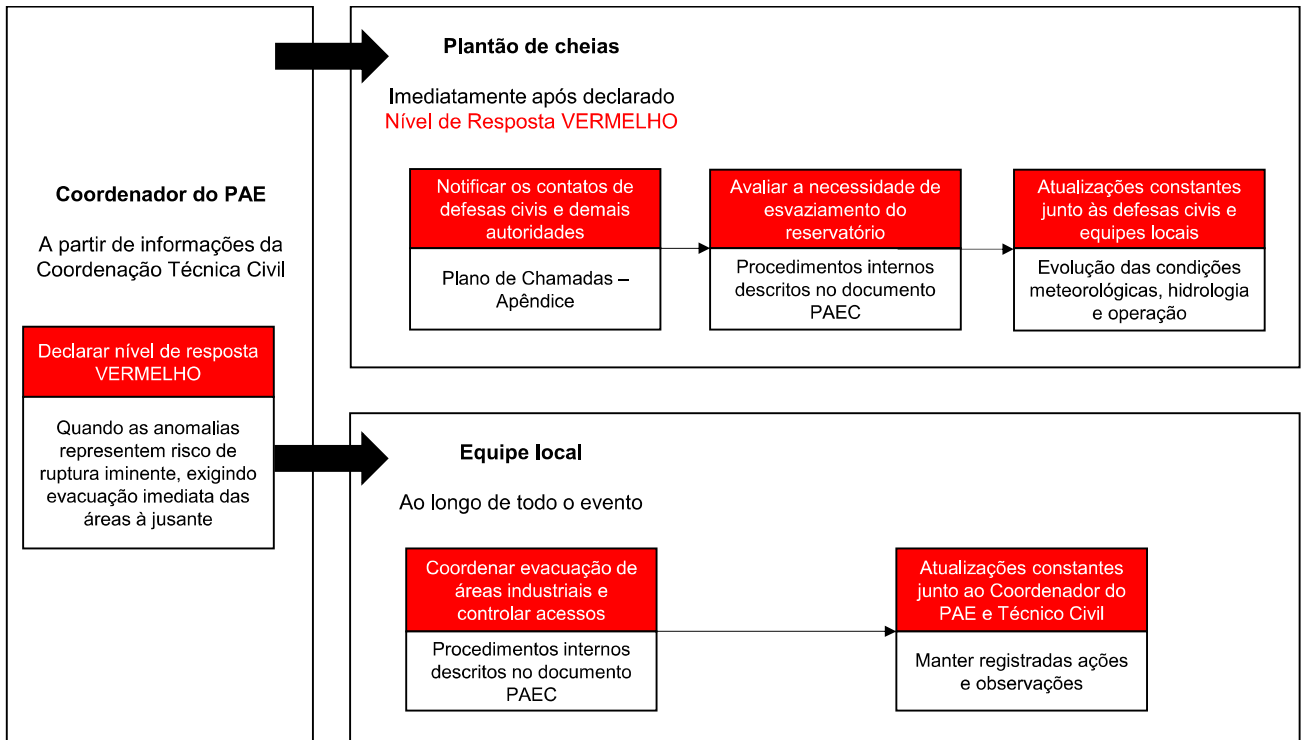


Figura 5 - Fluxograma em situação EMERGÊNCIA

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

A. Zona de Autossalvamento (ZAS)

De acordo com recomendações de FEMA (2013) e FERC (2014), bem como de documentação da ANA (2017), a Zona de Autossalvamento (ZAS) é 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 acidente. Sua extensão é definida pela menor das seguintes distâncias: 10 km ou a distância percorrida pela onda de inundação em trinta minutos.

A distância percorrida pela frente de onda de ruptura da UHE Emborcação, no intervalo de 30 min, corresponde ao trecho de 18,72 km a jusante da barragem. Tal condição é válida para o pior cenário identificado nas simulações. Esse trecho é caracterizado como uma área de baixa densidade populacional, com pequenos aglomerados urbanos espalhados no decorrer rio Paranaíba. Sabendo disso, por motivos de segurança, a CEMIG optou por adotar uma Zona de Autossalvamento de 18,72 km, de modo que todo esse trecho seja alertado numa eventual situação de crise, não dependendo da atuação das autoridades competentes. O restante da área de estudo compreende a Zona de Segurança Secundária (ZSS).

B. Monitoramento de vazões

O monitoramento das vazões no **rio Paranaíba** é mantido constantemente. Além dos dados operativos da UHE Emborcação, para a emissão de alertas para o vale do rio, serão monitorados os seguintes pontos de controle durante emergências, descritos na Tabela 5.

Tabela 5 - Postos de monitoramento

Sub-bacia	Operador	Estações
60 – RIO PARANAÍBA	Cemig GT	3 – 60038200 – UHE EMBORCAÇÃO FAZENDA SÃO DOMINGOS
60 – RIO PARANAÍBA	Cemig GT	3 – 60016000 – UHE EMBORCAÇÃO PORTO DOS PEREIRAS
60 – RIO PARANAÍBA	Cemig GT	3 – 60110001 – UHE EMBORCAÇÃO ABADIA DOS DOURADOS
60 – RIO PARANAÍBA	Cemig GT	3 – 60160080 – UHE EMBORCAÇÃO BARRAMENTO
60 – RIO PARANAÍBA	FURNAS	3 – 60610080 – UHE ITUMBIARA BARRAMENTO

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>. Para selecionar os postos de interesse, escolhe-se o Estado: MG, Origem: Setor Elétrico, Bacia: 6 – Rio Paraná, Sub-bacia: 60 – Rio Paranaíba, e Estação: conforme listagem acima.

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.

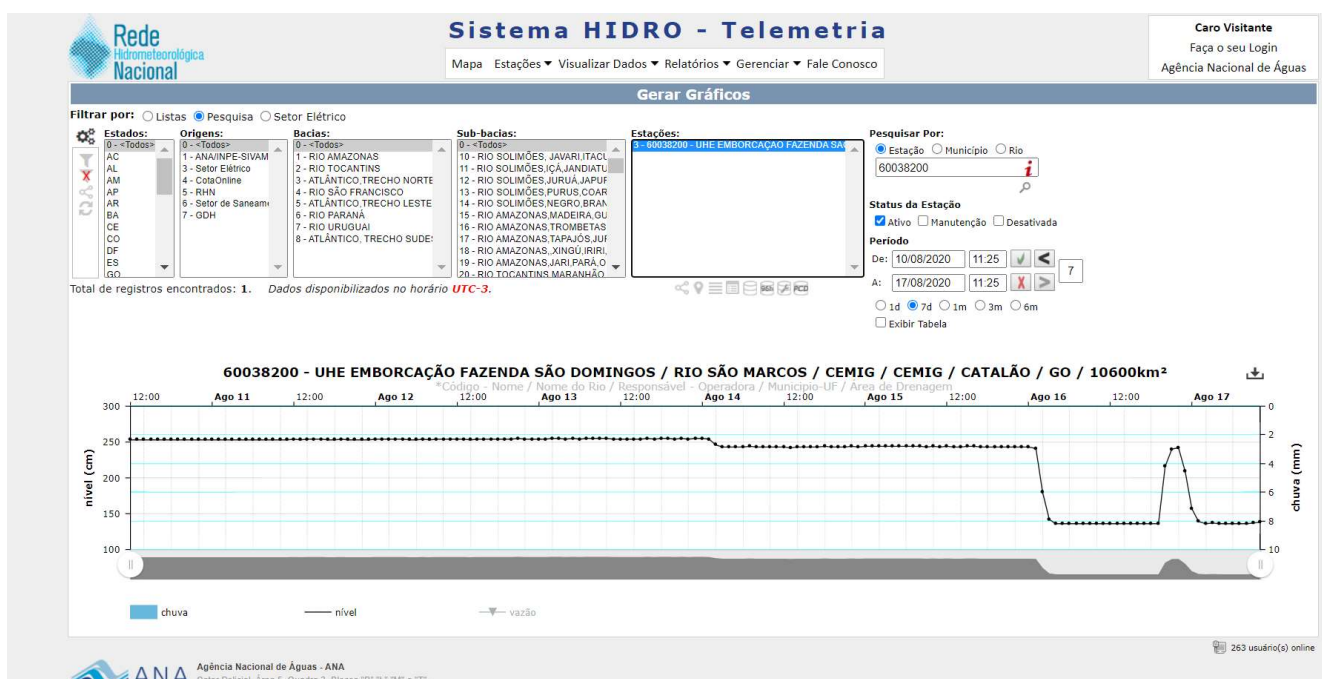


Figura 6 - Visualização do Gestor PCD de dados em tempo real

A Figura 7 apresenta a posição dos postos que permitem o monitoramento de vazões, antecipar eventos de cheias e acompanhar o avanço da onda de ruptura. Dada a proximidade do reservatório da UHE Itumbiara, o monitoramento de vazões a jusante de Emborcação só se dá pela defluência da usina, assim como, pelo nível da usina de jusante (último posto da tabela acima). É possível acessar a versão online do mapa pelo endereço a seguir: http://bit.ly/EMBORCACAO_PAE

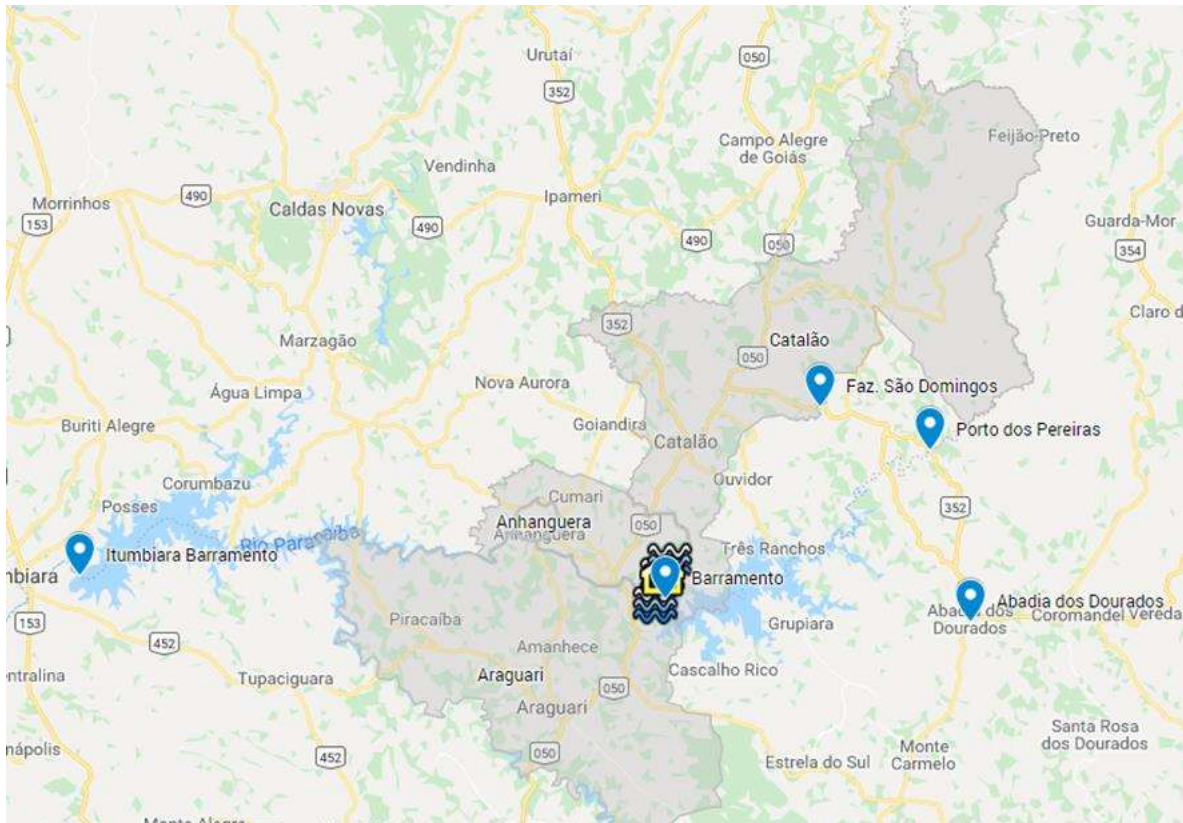


Figura 7 - Pontos de monitoramento hidrométrico

C. Parâmetros para início da comunicação

Conforme apresentado anteriormente, o vertimento da UHE Emborcação se dá pelo extravasor controlado por comportas segmento. Por ser um reservatório de volume total próximo de 18.000 hm³, a usina possui capacidade de atenuação dos eventos de cheia, alocando um volume vazio prévio (volume de espera) para amortecer vazões afluentes altas, replecionando o reservatório. As vazões liberadas passam a ser conhecidas e esse efeito permite uma antecipação sobre seus efeitos. Dessa forma, a previsibilidade da vazão afluente e a agilidade na comunicação são imprescindíveis.

O monitoramento de vazões ordinárias da UHE Emborcação será realizado através dos postos hidrométrico a montante, operados pela Cemig Geração e Transmissão S.A. À jusante da UHE Emborcação localizam-se as cidades de Araguari - MG e Cumari - GO que podem viver inundações

nas regiões rurais próximas ao rio Paranaíba. Para vazões defluentes superiores a 5.000 m³/s se iniciam os efeitos de inundação.

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. A notificação direta da população seguirá conforme indicado no Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil – PLANCON para alagamentos, enchentes e tempestades. Caso haja risco de rompimento do barramento, o fluxo de comunicação segue da mesma maneira, indicando a necessidade de evacuação de áreas maiores.

Vazão de restrição - Q_r = 5.000 m³/s

Seguem os parâmetros que devem ter atenção abaixo:

1. Operação Normal

Previsão de vazões defluente até 5.000 m³/s (não há necessidade de comunicação)

2. Alerta 1 – Vazões acima de 5.000 m³/s

Para vazões defluentes superiores a 5.000 m³/s ocorrerão transbordamentos generalizados na calha do rio e inundação da estrada de acesso à usina.

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

IDENTIFICAÇÃO		EMPRESA	
Nome da Usina	Emborcação	Cemig Geração e Transmissão S.A.	
Situação	Em operação	Concessionário	
LOCALIZAÇÃO		Estado	Minas Gerais e Goiás
Municípios	Araguari e Catalão		
Rio	Paranaíba	Coordenadas da barragem	
Bacia	Federal Rio Doce	Margem direita	18°26'35"S 47°59'28"W
		Margem esquerda	18°26'57"S 47°59'02"W
DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS		ÁREAS INUNDADAS	
Vazões características		No N.A. máximo normal	476,59 (km ²)
Vazão MLT (m ³ /s)	488,00		
RESERVATÓRIO		VOLUMES	
N.A.s DE MONTANTE		Volume de amortecimento de cheias (m ³)	
N.A. Máximo maximorum (m)	661,30	de 5.138,16x10 ⁶	
N.A. Máximo normal (m)	661,00	Útil (m ³) no N.A. máximo normal	13.055,72x10 ⁶
Área de drenagem (km ²)	28.843,00	Total (m ³) no N.A. máximo normal	17.724,72x10 ⁶
N.A. DE JUSANTE			
N.A. Máximo normal (m)	534,00		
BARRAGEM		VERTEDOURO	
CARACTERÍSTICAS		CARACTERÍSTICAS	
Forma/Tipo/Material	Enrocamento com núcleo de argila	Tipo	Superfície controlada
Altura da barragem (m)	158	Nº de vãos	4
Comprimento na crista (m)	1520	Vazão de projeto (m ³ /s)/TR	8.276,60
Cota da crista (m)	665,00	Tempo de recorrência (anos)	PMP/EMP

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 Emborcação, _____.

A partir das ___:___ h de ___/___/_____, foi ativado o Nível de Segurança _____ do Plano de Ação de Emergência – PAE da Barragem _____ devido a

_____.

A causa da declaração é _____

_____.

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

Esta mensagem foi enviada simultaneamente aos seguintes destinatários: _____

_____.

As circunstâncias ocorridas fazem com que se deva pôr em ação as recomendações e atividades delineadas em sua cópia do Plano de Ação de Emergência - PAE da UHE Emborcação.

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 Emborcação possui uma barragem de enrocamento com núcleo de argila localizada no rio Paranaíba. O volume máximo de armazenamento é de 17.724 hm³. A Zona de Autossalvamento (ZAS) adotada corresponde a 18,72 km a partir do barramento, distância hipoteticamente percorrida pela frente de onda de ruptura no intervalo de 30 min. Esse trecho é caracterizado como uma área de baixa densidade populacional, com pequenos aglomerados urbanos espalhados no decorrer rio Paranaíba.

FIM DA MENSAGEM

C. Premissas e resultados dos estudos de ruptura hipotética

Premissas:

Para o **Nível de Resposta 3 – Emergência**, foram simulados três cenários hidrológicos de ruptura para a barragem de Emborcação, sucintamente descritos a seguir.

- **Cenário RDC 1:** Rompimento por *piping* no contato entre a barragem e o terreno natural na seção central, em Condição de Carregamento Excepcional (CCE), durante evento de vazão decamilenar (8.365 m³/s) com reservatório cota de 661,30 m, e condição de jusante na cota de 520,0 m.
- **Cenário RDC 2:** Rompimento por *piping* no contato entre a barragem e o terreno natural na seção central, em Condição de Carregamento Normal (CCN), em dia seco, durante evento de vazão média de longo termo (480 m³/s), com o reservatório cota de 661,00 m e condição de jusante na cota de 520,0 m.
- **Cenário RDC 3:** Rompimento por *piping* no contato entre a barragem e o terreno natural na seção central, em Condição de Carregamento Normal (CCN), em dia seco, durante evento de vazão média de longo termo (480 m³/s), com o reservatório na cota de 661,00 m e condição de jusante como declividade média de 0,006 m/m, conforme calibração do modelo.

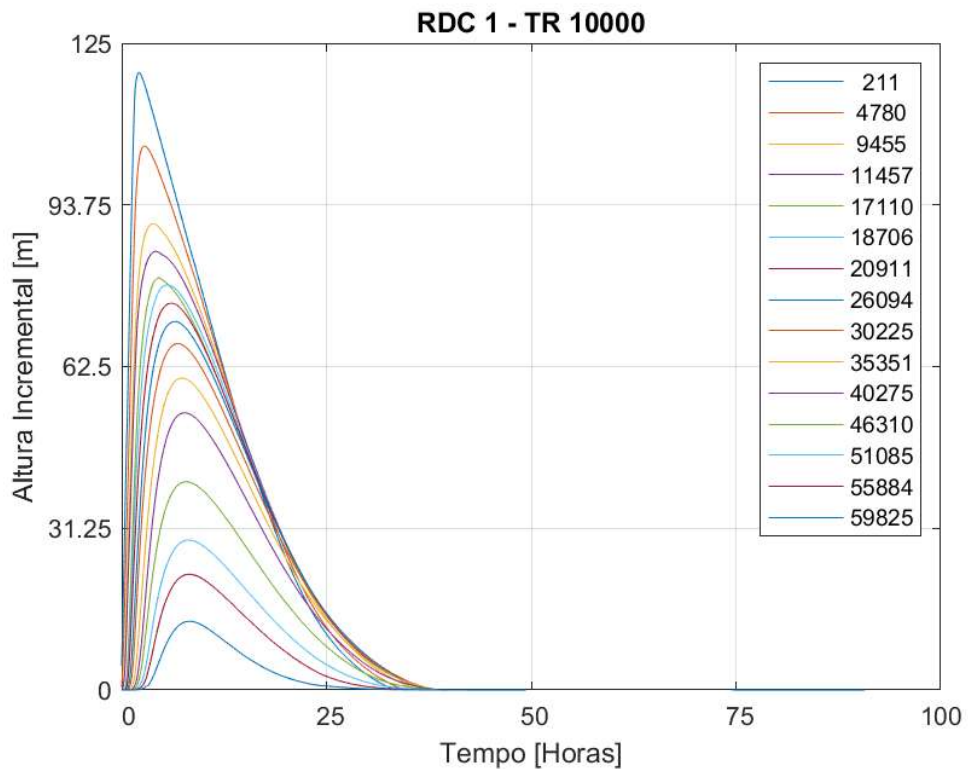
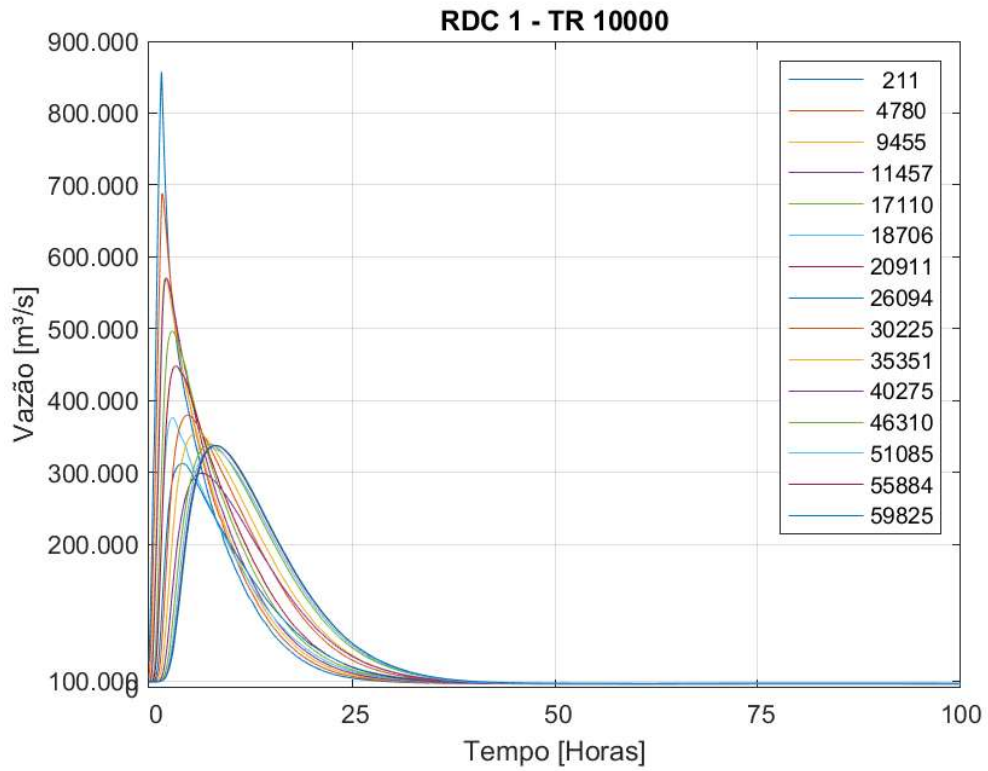
Resultados:

- Modo RDC 1: Rompimento por *piping* na seção central durante evento de vazão decamilenar (8365 m³/s)

As figuras seguintes ilustram o comportamento das ondas de ruptura ao longo do vale a jusante da UHE Emborcação para o modo RDC 1 (Decamilenar), onde são apresentados um hidrograma e uma curva da altura incremental da onda de ruptura para cada seção de interesse. Neste caso, a ruptura ocorre por *piping*, iniciado no pé da seção de maior altura, durante o carregamento gerado pela sobrelevação máxima no barramento durante o evento de cheia Decamilenar (reservatório com N.A. El. 661,30 [m-IBGE]).

Considera-se como nível de referência aquele que fica 0,61 m acima do nível natural do rio correspondente à vazão em análise. Tal critério é uma forma de avaliar o tempo de submersão do vale a jusante durante a passagem da onda de cheia, contabilizando, apenas, o efeito incremental provocado pela ruptura hipotética da barragem.

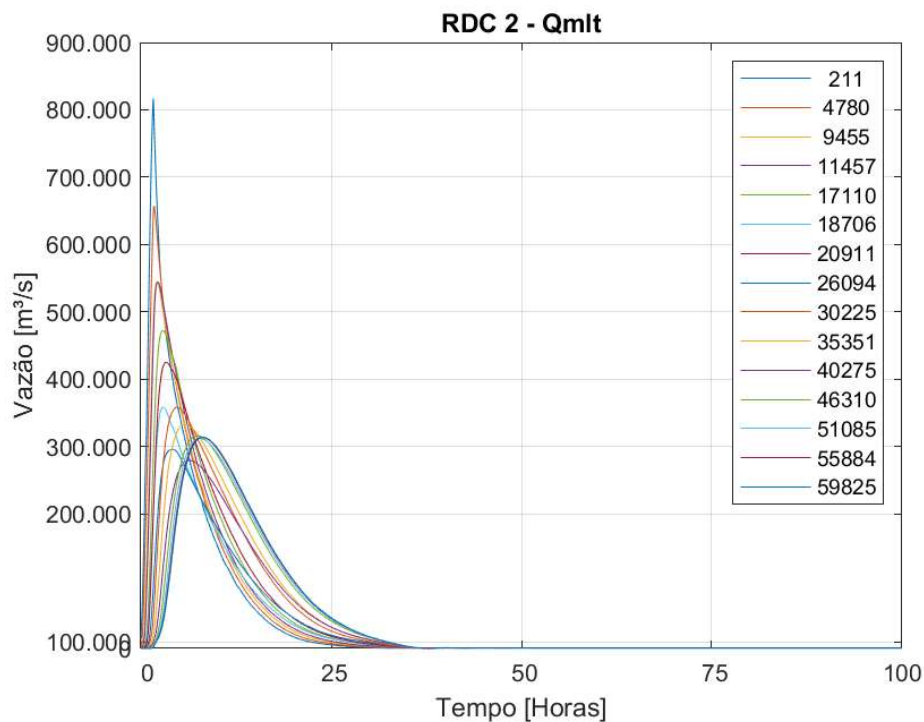
A altura incremental da onda de cheia chega a cerca de 120 m nas seções mais próximas ao barramento. Ao longo do trecho simulado ocorre um abatimento de cerca de 90% da energia liberada. Na última seção do modelo, início do reservatório da UHE Itumbiara, é esperada que a onda atinja a El. 533,30 [m-IBGE], sobre-elevando os níveis em cerca de 13 m.

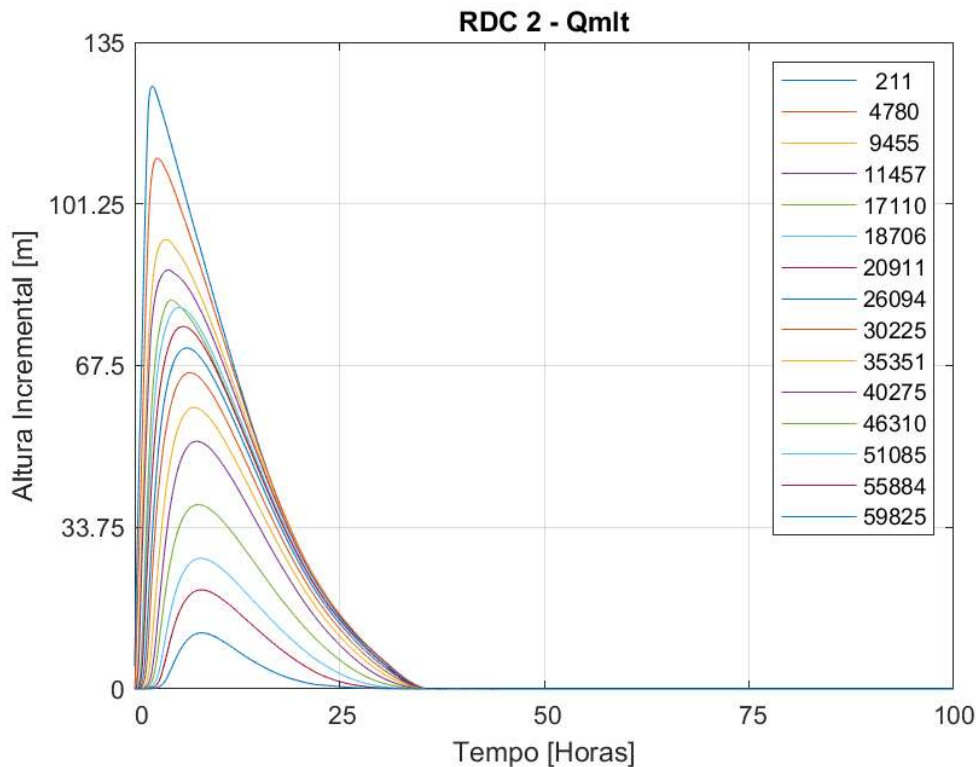


- Modo RDC 2: Rompimento por piping na seção central em dia seco, durante evento de vazão média de longo termo (480 m³/s)

A figuras seguintes ilustram o comportamento da onda de ruptura ao longo do vale a jusante da UHE Emborcação para o modo RDC 2 (*Sunny Day*), onde são apresentados um hidrograma e uma curva da altura incremental da onda de ruptura para cada seção de interesse. Neste caso, a ruptura ocorre por *piping*, iniciado no pé da seção de maior altura do barramento, em Condição de Carregamento Normal (CCN), durante a passagem da Q_{MLT} (*Sunny Day*), com o reservatório na El. 661,0 [m-IBGE].

A altura incremental da onda de cheia, em relação à vazão média de longo termo, chega a cerca de 126 m nas seções mais próximas ao barramento. Ao longo do trecho simulado ocorre um abatimento de cerca de 90% da energia liberada. Na última seção do modelo é esperada que a onda atinja a El. 531,70 [m-IBGE], sobre-elevando em 12 m os níveis no reservatório da UHE Itumbiara.

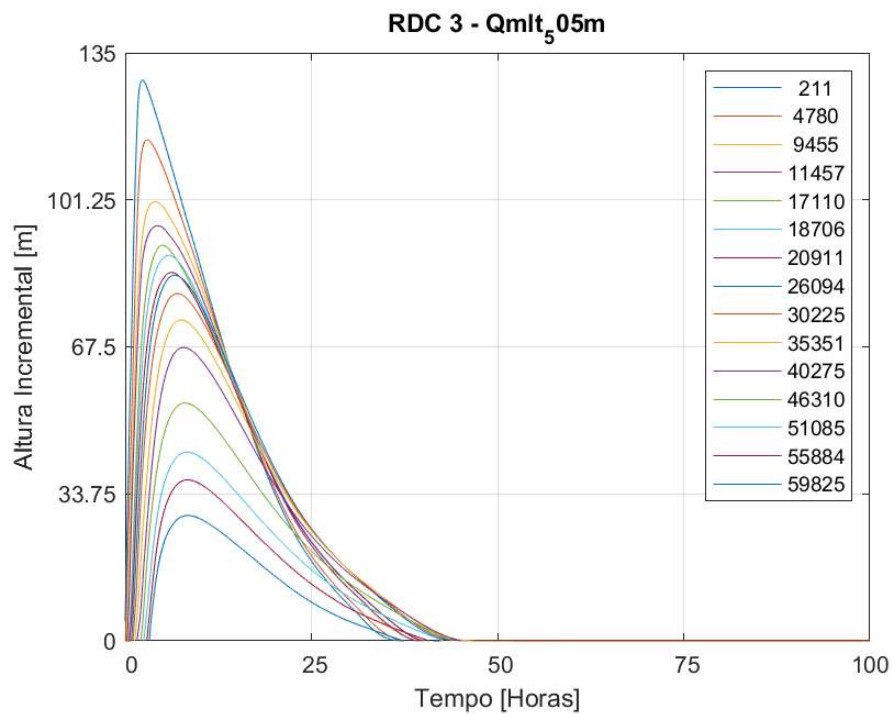
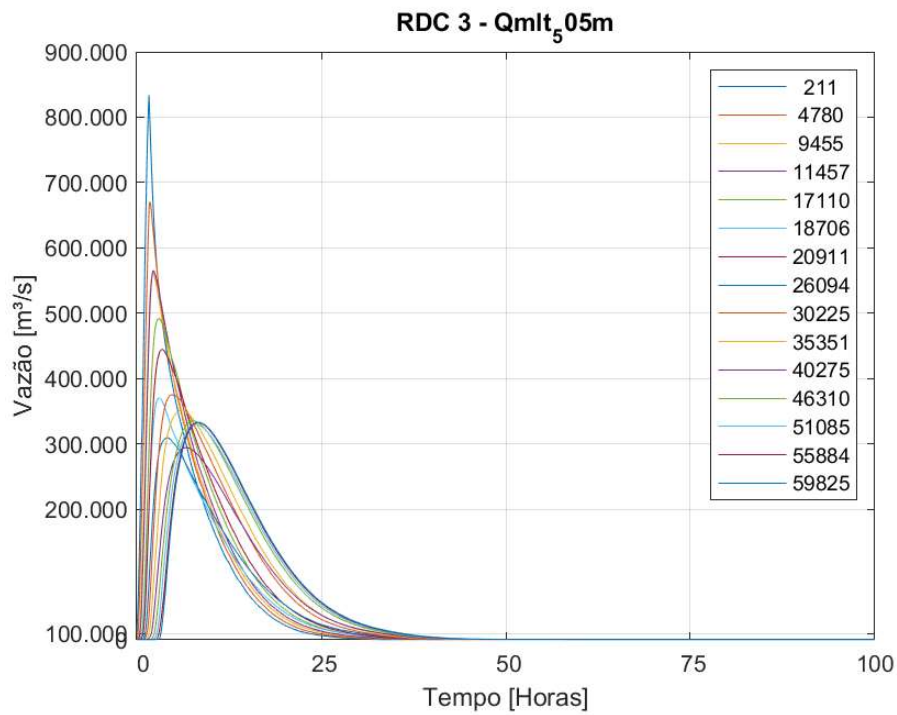




- Modo RDC 3: Rompimento por piping na seção central em dia seco, durante evento de vazão média de longo termo (480 m³/s), com alterações nas condições de jusante

As figuras seguintes ilustram o comportamento das ondas de ruptura ao longo do vale a jusante da UHE Emborcação para o modo RDC 3 (Sunny Day com condição de jusante como declividade média de 0,006 m/m), onde são apresentados um hidrograma e uma curva da altura incremental da onda de ruptura para cada seção de interesse.

A altura incremental da onda de cheia sobre o vale a jusante chega à, aproximadamente, 129,00 m na seção próxima à barragem. Na última seção do modelo a sobre-elevação, em relação à elevação do NA obtido na calibração, é de 28,80 m.



D. Quantificação de atingidos e pontos de inundação

As tabelas abaixo expõem o número de benfeitorias potencialmente afetadas pelos cenários de ruptura hipotética, e também classificam os atingidos de acordo com o setor censitário ao qual pertencem.

Essas informações deverão subsidiar a confecção do Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil dos municípios potencialmente atingidos, cuja responsabilidade compete à Defesa Civil, conforme Lei nº 12.608/2012.

Cenário de Ruptura	Número Aprox. de atingidos (Economias)		
	Dentro da ZAS	Fora da ZAS	Total
RDC 1	384	1431	1815
RDC 2	376	1413	1789
RDC 3	382	1428	1810

Setor Censitário	Número Aprox. de atingidos (Economias)					
	RDC 1		RDC2		RDC3	
	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS
310350415000002	124	0	119	0	124	0
310350415000001	5	0	4	0	4	0
520660205000006	109	0	107	0	108	0
520510905000104	7	0	7	0	7	0
520660205000005	129	59	129	59	129	59
310350410000005	10	0	10	0	10	0
310350410000003	0	399	0	389	0	400
310350410000004	0	115	0	108	0	111
520120705000003	0	77	0	77	0	77
520120705000001	0	374	0	374	0	374
520120705000002	0	291	0	291	0	291
520660205000009	0	80	0	80	0	80
310350420000004	0	33	0	33	0	33
520590105000009	0	3	0	2	0	3
Total	384	1431	376	1413	382	1428

Setor Censitário	Número Aprox. de atingidos (Habitantes)					
	RDC 1		RDC2		RDC3	
	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS
310350415000002	312	0	300	0	312	0
310350415000001	17	0	14	0	14	0
520660205000006	269	0	264	0	266	0
520510905000104	17	0	17	0	17	0
520660205000005	384	176	384	176	384	176
310350410000005	29	0	29	0	29	0
310350410000003	0	1028	0	1002	0	1030
310350410000004	0	315	0	296	0	304
520120705000003	0	257	0	257	0	257
520120705000001	0	1088	0	1088	0	1088
520120705000002	0	816	0	816	0	816
520660205000009	0	268	0	268	0	268
310350420000004	0	96	0	96	0	96
520590105000009	0	10	0	7	0	10
Total	1028	4054	1008	4006	1022	4045

Tempos de recorrência	Número Aprox. de atingidos (Economias)		
	Dentro da ZAS	Fora da ZAS	Total
TR 10.000 anos	120	61	181
TR 100 anos	68	34	102
TR 50 anos	60	31	91
TR 10 anos	23	24	47
TR 2 anos	2	22	24

Algumas restrições de acesso em momentos de crise podem ser descritas. 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. Elas 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.

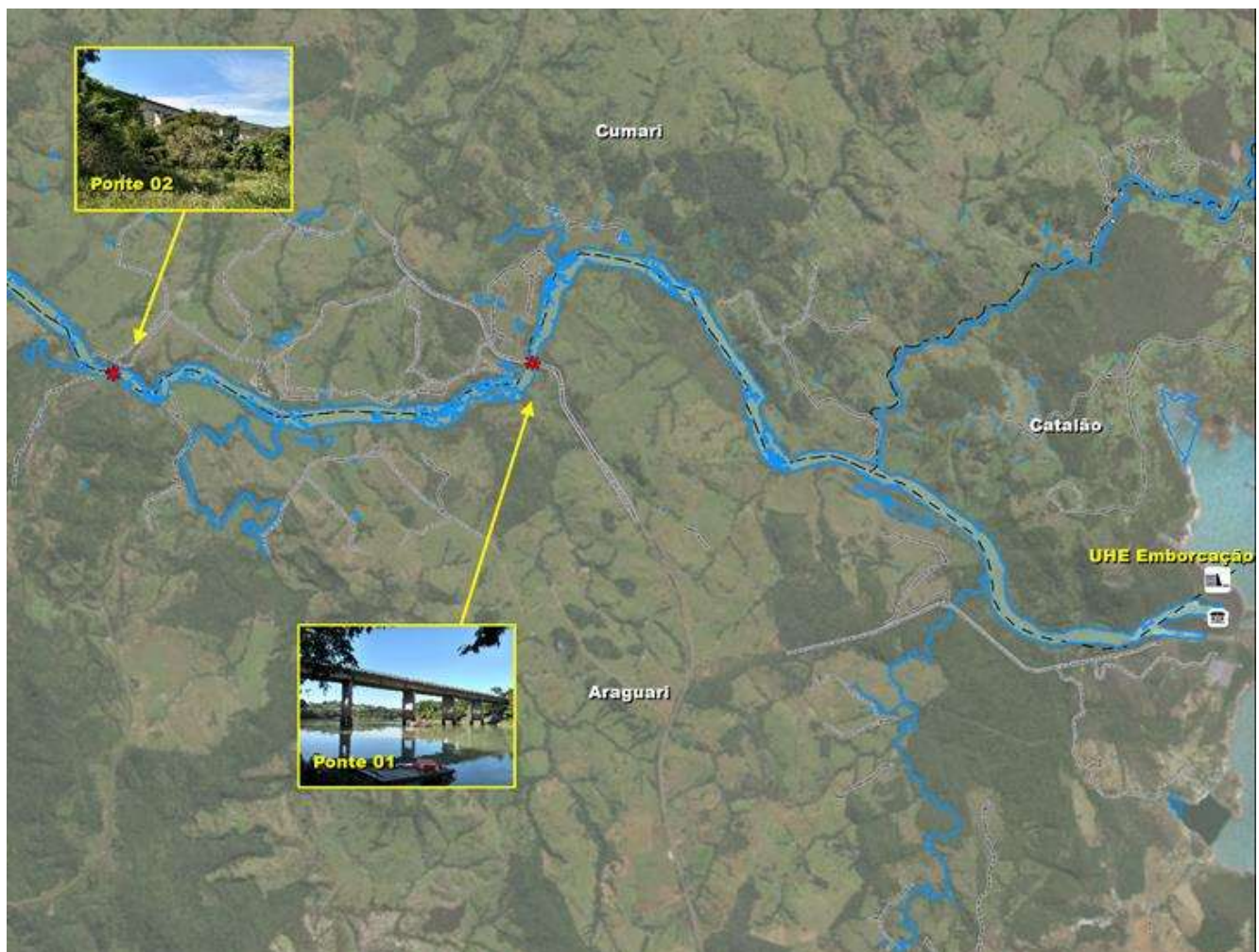
Com base nestas informações, avaliou-se, para cada cenário simulado, a possibilidade de galgamento das pontes, bem como o atendimento à recomendação de 1 m de borda livre abaixo da estrutura.

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 a ocorrência de galgamento da estrutura ou o não atendimento da recomendação de DNIT (2005).

As pontes presentes ao longo do trecho estudado estão resumidas abaixo, e, em seguida, é apresentada a espacialização dessas estruturas.

Estrutura	Elevação do tabuleiro		Elevação máxima do nível de água					
	[m-IBGE]		[m-IBGE]					
	Superior	Inferior	RDC 1	RDC 2	RDC 3	TR10.000	TR100	TR50
Ponte 1	530,52	528,02	611,00	607,60	611,00	524,96	522,85	522,50
Ponte 2	555,50	553,00	604,70	601,30	604,90	524,47	522,47	522,16

Em vermelho estão situações de risco ou inconformidade.



E. Tempos de chegada e pico de onda

A seguir são apresentados os resultados tabelados dos hidrogramas de propagação das ondas de ruptura provenientes cenários estudados.

- Resultados RDC 1:

SC	d*[m]	Z _p *	Z _{ref} *	Z _{Qmlt} *	H [m]*	H _{incr} [m]*	Q _p [m ³ /s]*	T _p *	T _{inun} *	T _{ch}	V [km/h]*
60649	211	651,2	531,9	521,4	129,8	119,307	857,561	2H6M	32H38M	0H0M	-
56080	4.780	635,1	530,0	520,6	114,5	105,125	688,157	2H47M	33H38M	0H0M	6,69
51405	9.455	617,5	527,4	520,2	97,3	90,109	570,388	3H55M	35H2M	0H10M	5,09
49403	11.457	611,0	526,2	520,1	90,9	84,789	570,439	4H8M	35H59M	0H10M	5,53
43750	17.110	604,7	525,0	520,1	84,6	79,690	496,600	4H38M	35H53M	0H27M	6,67
42154	18.706	603,2	525,0	520,1	83,2	78,289	375,722	5H35M	35H41M	0H31M	5,31
39949	20.911	599,2	524,5	520,1	79,1	74,737	448,256	6H3M	35H47M	0H37M	5,24
34766	26.094	594,6	523,4	520,0	74,6	71,209	312,289	6H29M	35H54M	0H49M	5,90
30635	30.225	589,4	522,4	520,0	69,3	66,935	379,628	6H51M	35H53M	0H59M	6,32
25509	35.351	581,8	521,5	520,0	61,8	60,283	354,980	7H21M	35H32M	1H16M	6,69
20585	40.275	574,5	520,9	520,0	54,5	53,564	298,676	7H41M	34H47M	1H31M	7,18
14550	46.310	560,7	520,5	520,0	40,7	40,246	338,678	7H53M	33H13M	1H46M	7,97
9775	51.085	549,2	520,2	520,0	29,2	28,970	333,571	8H10M	30H39M	2H4M	8,39
4976	55.884	542,4	520,1	520,0	22,4	22,355	337,500	8H15M	27H48M	2H24M	9,05
1035	59.825	533,3	520,0	520,0	13,3	13,262	337,432	8H17M	23H19M	2H56M	9,64

*d é a distância entre a seção de controle e o eixo do barramento [m]; Z_p é a cota de pico [m-IBGE]; Z_{ref} é a cota de pico para o evento natural Decamilenar [m-IBGE]; Z_{Qmlt} é a cota para a condição de escoamento da vazão de referência Q_{MLT} [m-IBGE]; H é a altura do pico da onda induzida em relação à condição de vazão Q_{MLT} [m]; H_{incr} é a altura incremental do pico em relação ao evento Decamilenar [m]; Q_p é a vazão de pico [m³/s]; T_p é o tempo de pico da onda induzida [DD:HH:MM]; T_{inun} é o tempo de submersão da seção (para H_{incr} > 1,00) [DD:HH:MM]; T_{ch} 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/h], **NDA – Não atinge a condição de inundação incremental.

• Resultados RDC 2:

SC	d*[m]	Z _p [*]	Z _{ref} [*]	H [m] [*]	Q _p [m ³ /s] [*]	T _p [*]	T _{inun} [*]	T _{ch}	V [km/h] [*]
60649	211	647,2	521,4	125,8	816,748	2H11M	33H56M	0H0M	-
56080	4.780	631,4	520,6	110,8	656,928	2H46M	34H28M	0H2M	7,83
51405	9.455	614,0	520,2	93,8	544,707	3H49M	34H30M	0H10M	5,66
49403	11.457	607,6	520,1	87,5	544,193	4H6M	34H24M	0H14M	5,87
43750	17.110	601,3	520,1	81,2	471,955	4H40M	34H6M	0H25M	6,80
42154	18.706	599,7	520,1	79,6	358,328	5H27M	34H2M	0H29M	5,66
39949	20.911	595,7	520,1	75,7	424,911	5H54M	33H53M	0H34M	5,57
34766	26.094	591,2	520,0	71,2	295,629	6H22M	33H28M	0H46M	6,19
30635	30.225	586,1	520,0	66,0	358,417	6H44M	33H3M	0H55M	6,60
25509	35.351	578,8	520,0	58,8	332,858	7H15M	32H22M	1H13M	6,94
20585	40.275	571,7	520,0	51,7	279,228	7H35M	31H31M	1H27M	7,42
14550	46.310	558,5	520,0	38,5	316,017	7H46M	30H4M	1H43M	8,26
9775	51.085	547,3	520,0	27,3	311,900	8H3M	27H47M	2H3M	8,67
4976	55.884	540,7	520,0	20,7	313,667	8H8M	25H10M	2H31M	9,36
1035	59.825	531,7	520,0	11,7	313,602	8H10M	21H14M	3H5M	9,96

*d é a distância entre a seção de controle e o eixo do barramento [m]; Z_p é a cota de pico [m-IBGE]; Z_{ref} é a cota de pico para o evento natural da Q_{mlt} [m-IBGE]; H é a altura do pico da onda induzida em relação à condição de vazão Q_{MLT} [m]; Q_p é a vazão de pico [m³/s]; T_p é o tempo de pico da onda induzida [DD:HH:MM]; T_{inun} é o tempo de submersão da seção (para H > 1,00) [DD:HH:MM]; T_{ch} 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/h], **NDA – Não atinge a condição de inundação incremental.

• Resultados RDC 3:

SC	d*[m]	Z _p *	Z _{ref} *	Z _{Qmlt} *	H _{INCR} [m]*	Q _p [m ³ /s]*	T _p *	T _{inun} *	T _{ch}	V [km/h]*
60649	211	649,2	520,5	521,4	128,75	833,877	2H18M	35H15M	0H0M	-
56080	4.780	634,0	519,0	520,6	115,07	670,435	2H58M	36H1M	0H3M	6,85
51405	9.455	617,0	516,1	520,2	100,84	561,367	4H0M	37H49M	0H13M	5,44
49403	11.457	611,0	515,7	520,1	95,29	565,520	4H23M	37H51M	0H17M	5,40
43750	17.110	604,9	514,1	520,1	90,85	491,865	4H55M	38H38M	0H29M	6,46
42154	18.706	602,5	514,0	520,1	88,54	370,250	5H47M	38H33M	0H32M	5,31
39949	20.911	598,5	513,9	520,1	84,57	444,595	6H12M	38H20M	0H37M	5,31
34766	26.094	593,9	509,9	520,0	83,94	309,438	6H38M	41H23M	0H52M	5,97
30635	30.225	588,7	508,9	520,0	79,73	375,036	7H0M	41H52M	1H3M	6,39
25509	35.351	581,1	507,4	520,0	73,69	351,564	7H30M	42H34M	1H20M	6,76
20585	40.275	573,8	506,5	520,0	67,36	294,209	7H50M	42H12M	1H38M	7,24
14550	46.310	560,7	506,1	520,0	54,61	334,979	8H1M	40H59M	2H8M	8,06
9775	51.085	549,3	506,0	520,0	43,33	329,806	8H18M	39H22M	2H32M	8,48
4976	55.884	542,9	505,9	520,0	36,96	332,710	8H23M	36H51M	2H57M	9,15
1035	59.825	534,7	505,9	520,0	28,79	332,644	8H25M	33H1M	3H17M	9,75

*d é a distância entre a seção de controle e o eixo do barramento [m]; Z_p é a cota de pico [m-IBGE]; Z_{ref} é a cota de pico para o evento natural da Q_{mlt} com as condições de jusante de calibração do modelo [m-IBGE]; Z_{Qmlt} é a cota para a condição de escoamento da vazão de referência Q_{MLT} [m-IBGE]; H_{INCR} é a altura do pico da onda induzida em relação à condição de vazão Q_{MLT} com as condições de jusante de calibração do modelo [m]; Q_p é a vazão de pico [m³/s]; T_p é o tempo de pico da onda induzida [DD:HH:MM]; T_{inun} é o tempo de submersão da seção (para H > 1,00) [DD:HH:MM]; T_{ch} 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/h], **NDA – Não atinge a condição de inundação incremental.

- Resultados cheias naturais:

• SC	d*[m]	Cota [m-IBGE]					Qmlt	Qmlt*
		TR 2	TR 10	TR 50	TR 100	TR 10.000		
60649	211	525,7	528,3	530,3	530,7	531,9	521,4	520,5
56080	4.780	523,9	526,1	527,9	528,3	530,0	520,6	519,0
51405	9.455	521,7	523,3	524,8	525,2	527,4	520,2	516,1
49403	11.457	521,2	522,5	523,7	524,1	526,2	520,1	515,7
43750	17.110	520,7	521,6	522,6	522,9	525,0	520,1	514,1
42154	18.706	520,7	521,6	522,5	522,8	525,0	520,1	514,0
39949	20.911	520,6	521,3	522,2	522,5	524,5	520,1	513,9
34766	26.094	520,4	520,9	521,5	521,7	523,4	520,0	509,9
30635	30.225	520,2	520,5	521,0	521,1	522,4	520,0	508,9
25509	35.351	520,1	520,3	520,6	520,7	521,5	520,0	507,4
20585	40.275	520,1	520,2	520,4	520,4	520,9	520,0	506,5
14550	46.310	520,1	520,1	520,2	520,2	520,5	520,0	506,1
9775	51.085	520,0	520,1	520,1	520,1	520,2	520,0	506,0
4976	55.884	520,0	520,0	520,0	520,0	520,1	520,0	505,9
1035	59.825	520,0	520,0	520,0	520,0	520,0	520,0	505,9

d é a distância entre a seção de controle e o eixo do barramento [m]; Z cotas de referência [m-IBGE]; Qmlt corresponde ao evento de calibração do modelo.

F. Lista de mapas temáticos e manchas de inundação

Na lista de cartas 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. 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 sumarizam 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
RDC 1 - Rompimento por piping na seção central durante evento de vazão decamilenar (8365 m^3/s)	PAE-EMB-MAP01-RDC01_revB
RDC 2 - Rompimento por piping na seção central em dia seco, durante evento de vazão média de longo termo (480 m^3/s)	PAE-EMB-MAP02-RDC02_revB
RDC 3 - Rompimento por piping na seção central em dia seco, durante evento de vazão média de longo termo (480 m^3/s), com alterações nas condições de jusante	PAE-EMB-MAP03-RDC03_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 a seguir 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 ² /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
RDC 1 - Rompimento por piping na seção central durante evento de vazão decamilenar (8365 m³/s)	PAE-EMB-MAP04-PER01_revB
RDC 2 - Rompimento por piping na seção central em dia seco, durante evento de vazão média de longo termo (480 m³/s)	PAE-EMB-MAP05-PER02_revB
RDC 3 - Rompimento por piping na seção central em dia seco, durante evento de vazão média de longo termo (480 m³/s), com alterações nas condições de jusante	PAE-EMB-MAP06-PER03_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	Número do Mapa
TR 2 anos (2075 m³/s)	PAE-EMB-MAP07-TR2_revB
TR 10 anos (3415 m³/s)	PAE-EMB-MAP08-TR10_revB
TR 50 anos (4590 m³/s)	PAE-EMB-MAP09-TR50_revB
TR 100 anos (5086 m³/s)	PAE-EMB-MAP10-TR100_revB
TR 10.000 anos (8365 m³/s)	PAE-EMB-MAP11-TR1000_revB

IX. Apêndices Externos

Documento nº PAE-EMB-DOC02_Apêndices-G-H

G. Controle de distribuição digital deste PAE¹

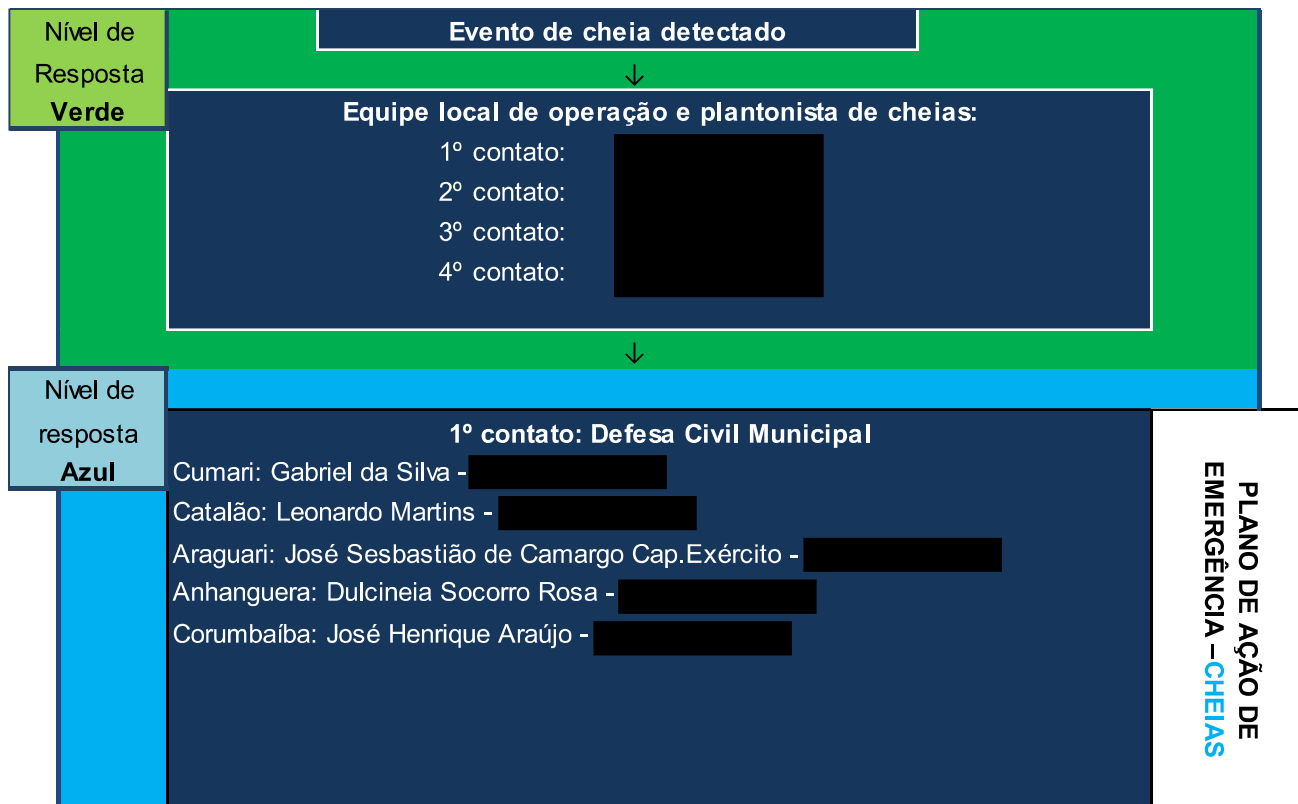
Nome do Responsável	Função/Entidade
Ivan Sérgio Carneiro	Coordenador do PAE – Cemig GT
Diego Antônio F. Balbi	Coordenador Técnico Civil – Cemig GT
Fabiano de Sousa Botelho	Gerente de Gestão de Ativos da Regional – Cemig GT
José Sebastião de Camargo	Coordenador – Defesa Civil Municipal Prefeitura Municipal de Araguari
Leonardo Martins	Coordenador – Defesa Civil Municipal Prefeitura Municipal de Catalão
Gabriel da Silva	Coordenador – Defesa Civil Municipal Prefeitura Municipal de Cumari
Dulcineia Socorro Rosa	Coordenador – Defesa Civil Municipal Prefeitura Municipal de Anhanguera
José Henrique Araújo	Coordenador – Defesa Civil Municipal Prefeitura Municipal de Corumbaíba

¹ Apêndice revisado em 20/04/2022. 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

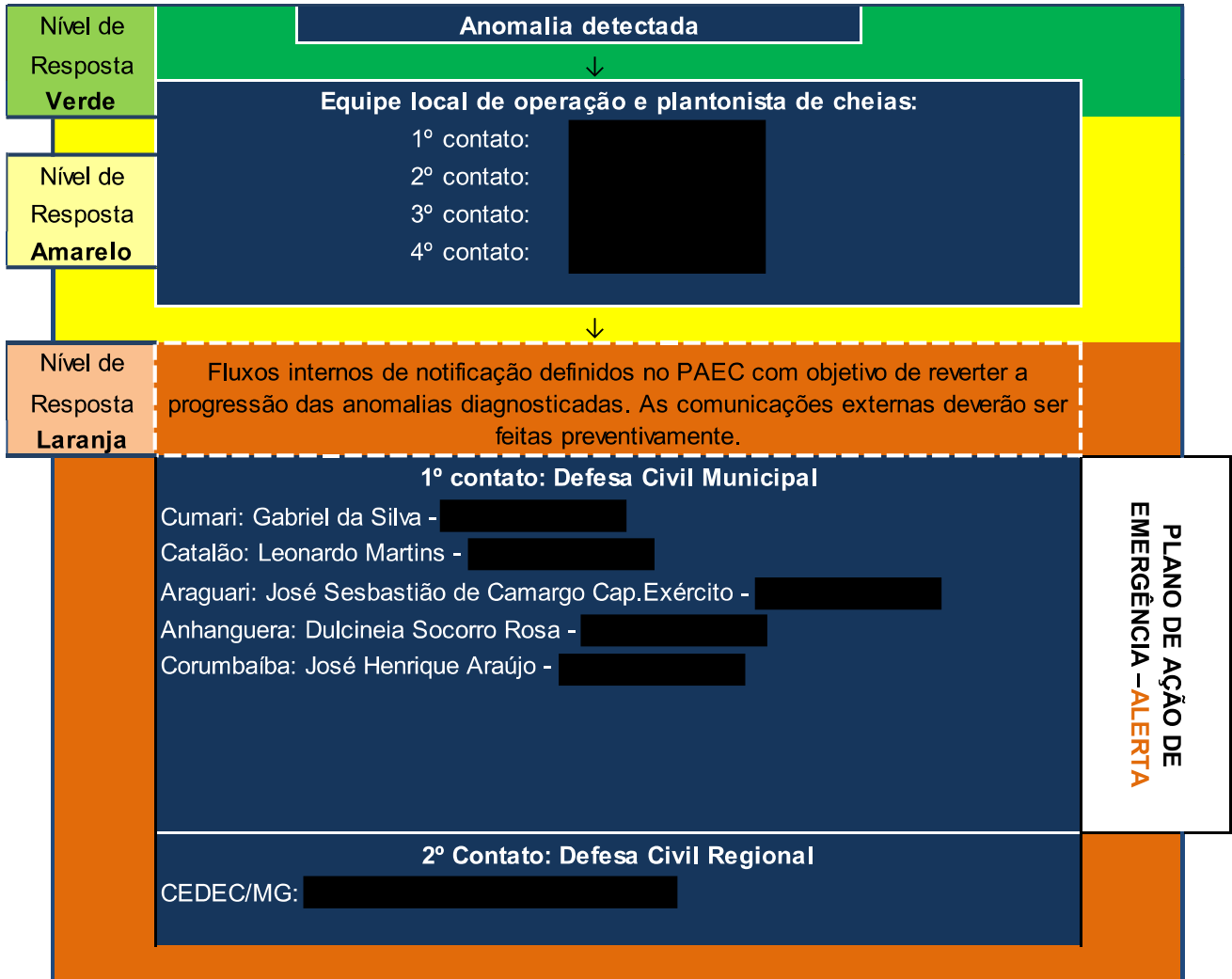
Seguem abaixo os fluxogramas de notificação com os contatos a serem realizados.

- Nível de Resposta: CHEIAS²



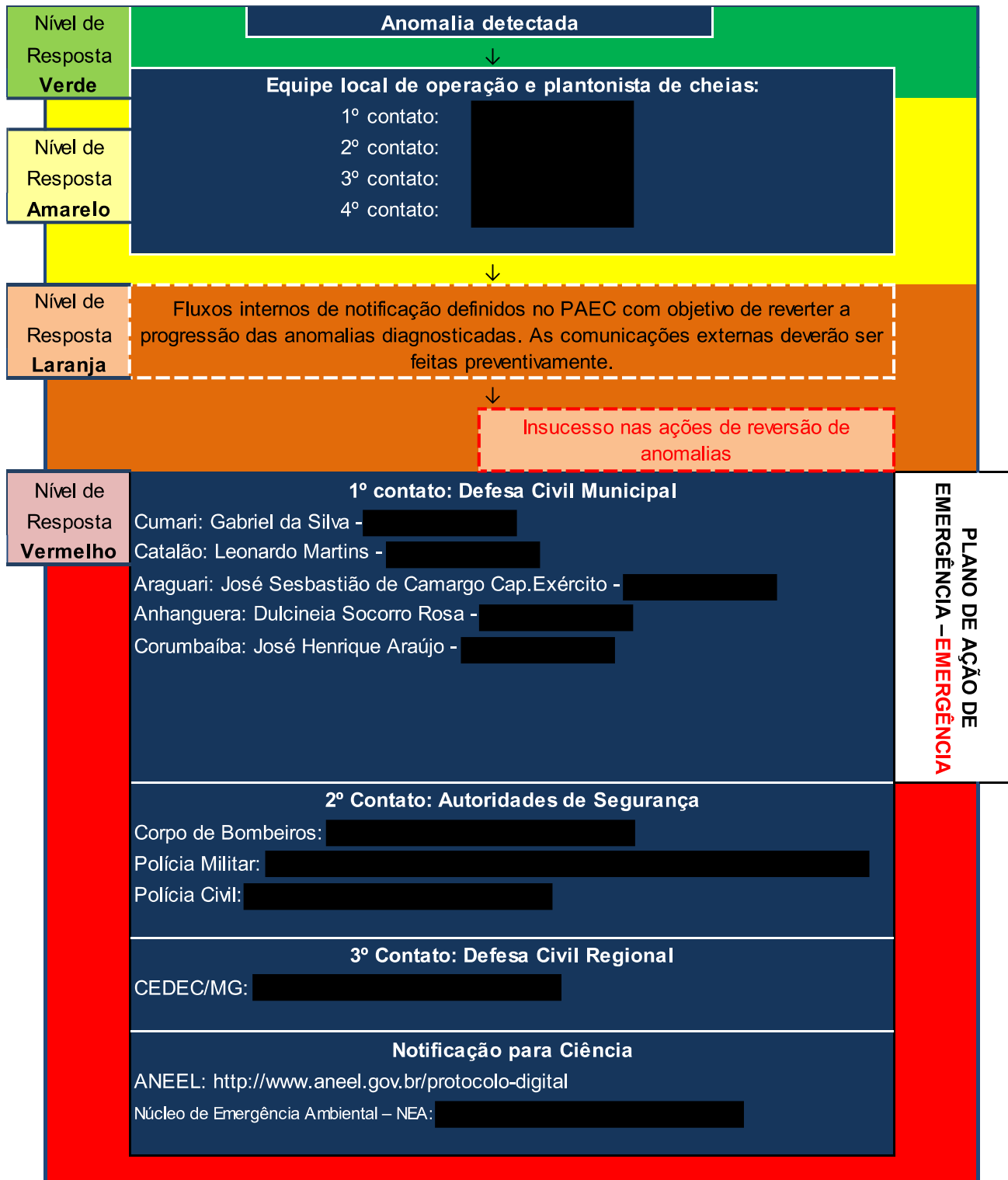
² Apêndice revisado em 20/04/2022. Este apêndice pode ter seus contatos alterados, sem que o documento do PAE Externo perca a vigência de sua revisão.

- Nível de Resposta 2: ALERTA³



³ Apêndice revisado em 20/04/2022. Este apêndice pode ter seus contatos alterados, sem que o documento do PAE Externo perca a vigência de sua revisão.

- Nível de Resposta 3: EMERGÊNCIA⁴



⁴ Apêndice revisado em 20/04/2022. Este apêndice pode ter seus contatos alterados, sem que o documento do PAE Externo perca a vigência de sua revisão.