

Barragem da UHE Rosal



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.ES.002553-4.01

Documento nº PAE - UHE Rosal - revE

Responsável pela elaboração: Cemig GT

Municípios relacionados:

Zona de Autossalvamento (ZAS): Bom Jesus do Itabapoana – RJ, São José do Calçado – ES,
Guaçuí – ES

Zona de Segurança Secundária (ZSS): Bom Jesus do Norte – ES

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



Sumário

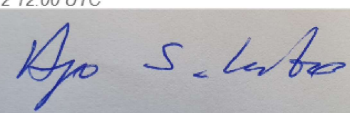
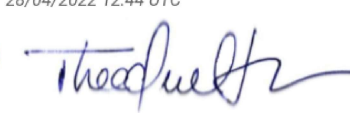
| | | |
|-------|--|----|
| I. | Controle de revisões e assinaturas dos responsáveis | 4 |
| II. | Informações gerais da barragem..... | 5 |
| A. | Apresentação..... | 5 |
| B. | Objetivo do PAE..... | 5 |
| C. | Caracterização da barragem..... | 5 |
| III. | Responsabilidades gerais no PAE..... | 8 |
| 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..... | 20 |
| 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 galgamento ou colapso estrutural da barragem com vazão decamilenar (890 m ³ /s)..... | 25 |
| 2. | Cenário RDC 2: Rompimento por galgamento ou colapso estrutural da barragem em dia seco, vertendo a vazão média de longo termo (33 m ³ /s)..... | 27 |
| 3. | Cenário RDC 3: Rompimento por galgamento ou colapso estrutural da barragem, vertendo a vazão de restrição (140 m ³ /s)..... | 28 |
| 4. | Cenário RDC 4: Rompimento por galgamento ou colapso estrutural de dois blocos do vertedouro, vertendo a vazão de restrição (140 m ³ /s)..... | 30 |
| D. | Principais pontos de inundação | 32 |
| E. | Tempos de chegada e pico de onda para cenários de ruptura..... | 35 |
| F. | Lista de mapas temáticos e manchas de inundação | 40 |
| IX. | Apêndices Externos | 42 |
| G. | Controle de distribuição digital deste PAE | 43 |
| H. | Plano de chamadas para notificação deste PAE | 44 |

I. Controle de revisões e assinaturas dos responsáveis

| Revisão | Vigência | Motivo da revisão |
|---------|------------|---|
| A | 21/12/2017 | 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>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 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>Aprovado por: Henrique Siqueira de Castro Superintendência de Operação de Ativos da Geração e Transmissão</p> | <p>Responsável Legal: Thadeu Carneiro da Silva 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 Rosal, 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 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 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 Usina Hidrelétrica - UHE Rosal está localizada no município de São José do Calçado, Espírito Santo, 20°55'02" 41°43'20". UHE Rosal, propriedade da Rosal Energia S.A., iniciou sua operação em 1999, tendo sido construída entre os municípios de Guaçuí, ES e Bom Jesus do Itabapoana, RJ. Localizada no rio Itabapoana, esta usina conta com 2 (duas) unidades geradoras, totalizando 55 MW de potência instalada.

O barramento (Figura 1) é constituído em concreto gravidade, com altura máxima de 40 m e 214,50 m de comprimento de crista. Seu reservatório possui cerca de 1,70 km² de área inundada no N.A. Máximo Normal e capacidade máxima de acumulação 17 hm³.



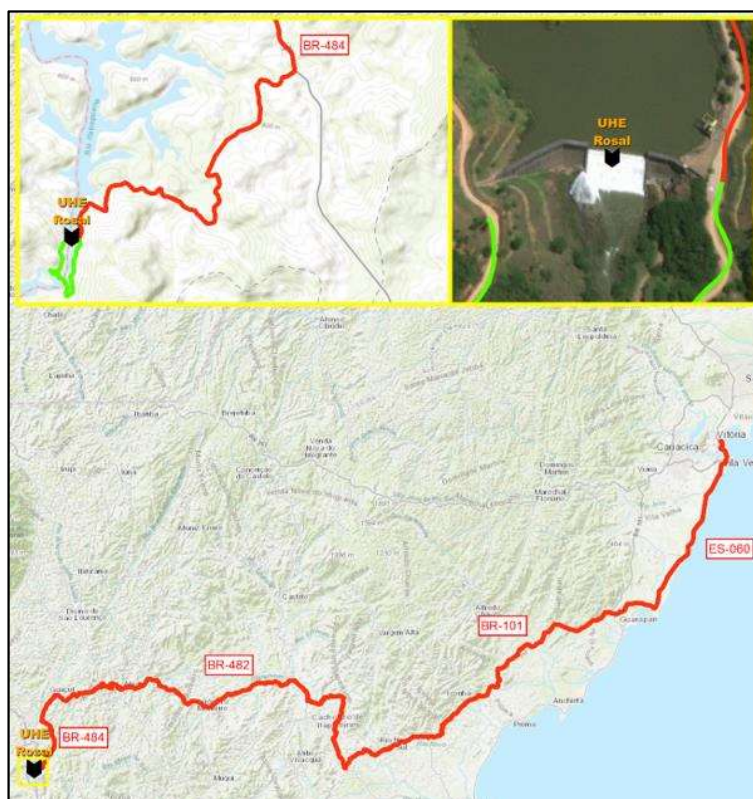
Figura 1 - Vista lateral a jusante da barragem

O sistema extravasor da UHE Rosal é composto por um **Vertedouro de Crista Livre (VL)** com soleira em degraus. Situado na região central do barramento, esta estrutura conta com 55 m de comprimento e capacidade de descarga máxima de 890 m³/s. Com o intuito de manter uma vazão mínima no trecho de vazão reduzida, tem-se, também, uma válvula dispersora localizada a direita hidráulica do vertedouro da UHE Rosal.

A água do reservatório captada na tomada d' água é dirigida para o conduto. A força da água faz girar as pás das turbinas que estão ligadas ao gerador na casa de força. No gerador, a energia proveniente da rotação das pás pelas águas é convertida em energia elétrica. O conduto forçado ou túnel de adução é o local por onde a água será conduzida do reservatório até a casa de força (Figura 2). Na UHE Rosal, foi escavado em rocha, com 4689 m de extensão.

**Figura 2 - Casa de força**

Partindo de Vitória, ES, o acesso à barragem (Figura 3) se faz pela ES-060, sentido sul. Percorre-se esta rodovia até o acesso à BR-101 em Guarapari, ES. A partir deste ponto, deve-se seguir pela BR-101 até Cachoeiro de Itapemirim, ES. Nesta cidade, toma-se a BR-482, percorrendo-a por cerca de 102 km. Em Guaçuí, ES, toma-se a BR-484, sentido São José do Calçado, por 14 km até a placa indicativa de acesso à UHE Rosal. O acesso a margem esquerda do barramento é realizado seguindo a sinalização da usina, por cerca de 5 km em estrada de chão. Por sua vez, o acesso pela margem direita se dá após travessia da ponte sobre o rio Itabapoana.

**Figura 3 - 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.

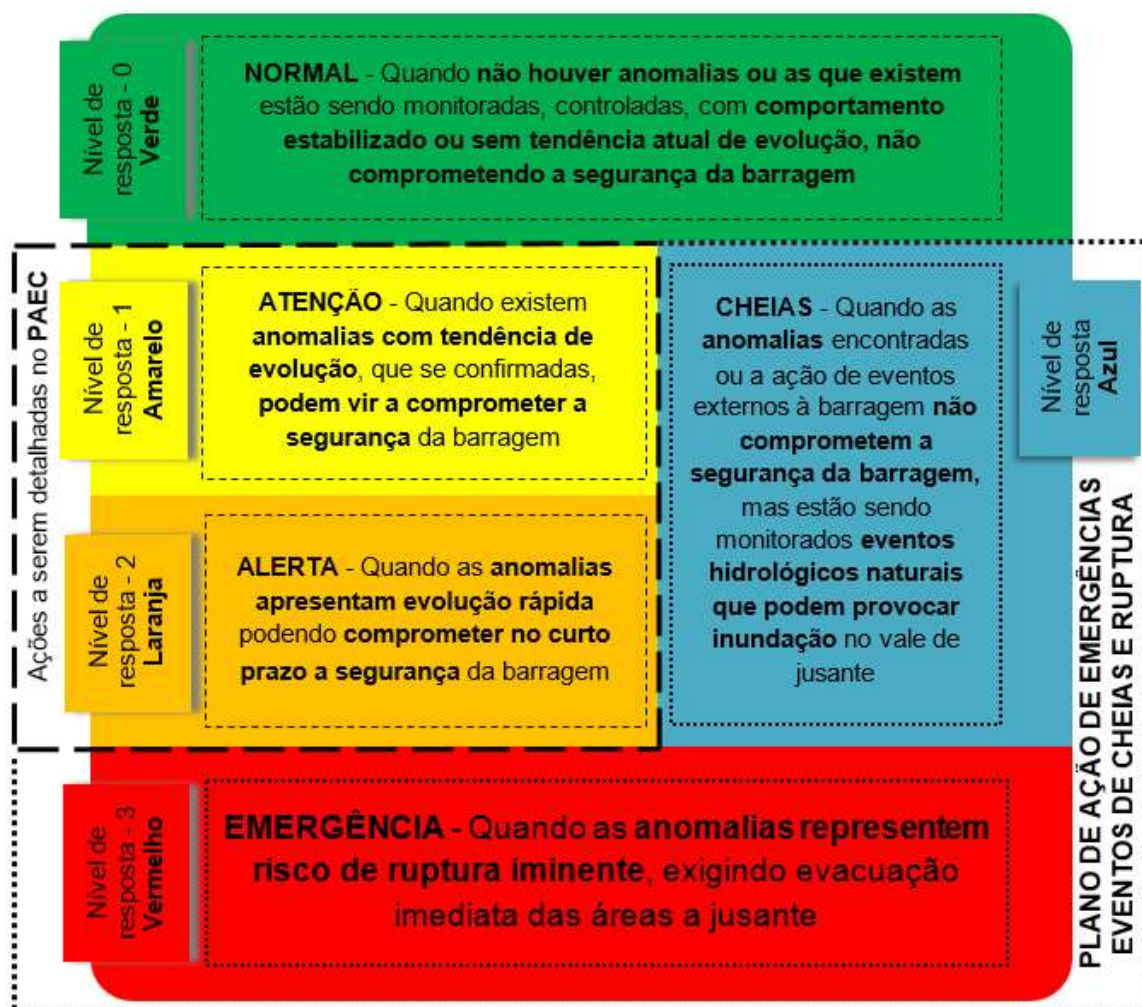
Além disso é importante que os órgãos locais informem o empreendedor no caso de alteração de risco associado às vazões mapeadas.

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 | Ausência de monitoramento, análise ou manutenção | Executar monitoramento, análise e manutenção da conforme indicado pelo responsável pela Segurança de Barragem. Responsável: equipe técnica de segurança de barragem e equipe local | Normal (Verde) | |
| | Resultados anômalos da instrumentação de auscultação da barragem | Avaliar os resultados anômalos da instrumentação de auscultação da barragem e prover soluções. Responsável: equipe técnica de segurança de barragem e equipe local | | |
| | Equipamentos | Indisponibilidade total do sistema de monitoramento de níveis e afluência de cheias (previsão) | Executar manutenção com urgência. Responsável: equipe técnica de segurança de barragem e equipe local | Atenção (Amarelo) |
| Anomalias na barragem, ombreiras e área a jusante | Trincas superficiais | Monitorar visualmente ou através de instrumento. Fazer registro de todas as medidas. Responsável: equipe técnica de segurança de barragem e equipe local | Normal (Verde) | |
| | Trincas | Trincas profundas estáveis, documentadas e monitoradas. | Monitorar visualmente ou através de instrumento Fazer registro de todas as medidas Projetar e executar tratamento Responsável: equipe técnica de segurança de barragem e equipe local | Atenção (Amarelo) |
| | | 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 | | |
| | | 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"> Não documentada e/ou não monitorada Com carreamento de materiais de origem desconhecida Aumento das infiltrações com o tempo Água saindo com pressão | Projetar e executar tratamento em caráter emergencial Responsável: equipe técnica de segurança de barragem e equipe local | Alerta (Laranja) |
| | | 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 Responsável: equipe técnica de segurança de barragem e equipe local | 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 | Corrigir sistema Responsável: equipe técnica de segurança de barragem | Normal (Verde) | |
| | Período chuvoso | Corrigir sistema com urgência Responsável: equipe técnica de segurança de barragem e equipe local | 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 evacuação 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 aciona 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 é acionado a medida que está sendo **verificado um evento de cheia** que coloque pessoas sujeitas a situação de inundação. O **primeiro contato de comunicação** é realizado visando que sejam tomadas medidas para prevenção e redução dos danos materiais e humanos para cada escala de evento identificado.

A UHE Rosal possui um reservatório de pequeno porte sem capacidade de regularização para controle de cheias. Sua principal estrutura extravasora é um vertedouro de crista livre sobre o barramento de concreto, por onde **toda a afluência que chega é repassada para o vale de jusante**, sem possibilidade de controle de vazões. Dessa forma, o presente PAE é acionado de forma a apenas alertar sob as condições naturais que o rio Itabapoana sofre durante um evento de cheia.

É verificado que mesmo para vazões abaixo da vazão de projeto do vertedouro da barragem, existem impactos significativos para a população de jusante. Isto posto, 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 documento seja um instrumento que formaliza a disponibilidade de comunicação entre empreendedor e agentes locais.

Sinteticamente:

- a barragem **não apresenta** uma anomalia que comprometem 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 a 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, 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 o nível que aciona este Plano de Ações de Emergência devido a alguma fragilidade estrutural da barragem, ou seja, quando as anomalias encontradas ou a ação de eventos externos à barragem representem **elevada probabilidade de ruptura**. Neste nível de resposta, haverá ações que podem ser executadas para evitar a ruptura, mas a situação pode sair do controle em curto prazo.

Em suma:

- A evolução rápida de anomalias pode comprometer a segurança da barragem no curto prazo;
- São demandadas ações internas imediatas visando a evitar a ruptura da barragem;
- Pode haver a necessidade de acionamento do PAE Externo com ações de comunicação para evacuar áreas preventivamente;
- A previsão meteorológica e a as condições do reservatório e da bacia hidrográfica deverão ser criteriosamente monitoradas pois podem agravar repentinamente a situação de alerta e potencializar o risco de ruptura no curto prazo.

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 elaborado abrange os municípios de Bom Jesus do Itabapoana, RJ e São José do Calçado, ES, totalizando cerca de 10 km de extensão ao longo do rio Itabapoana.

Dada a incerteza de como uma barragem pode se romper e seus reais efeitos, foi realizado um estudo de ruptura hipotética, considerando então um método de falha mais conservador que é o rompimento por galgamento ou colapso estrutural da barragem, durante evento de vazão Decamilenar, com o reservatório na El. 558,80 m.

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 4 abaixo sintetiza as ações a serem tomadas quando da ocorrência de situação de **CHEIAS**.

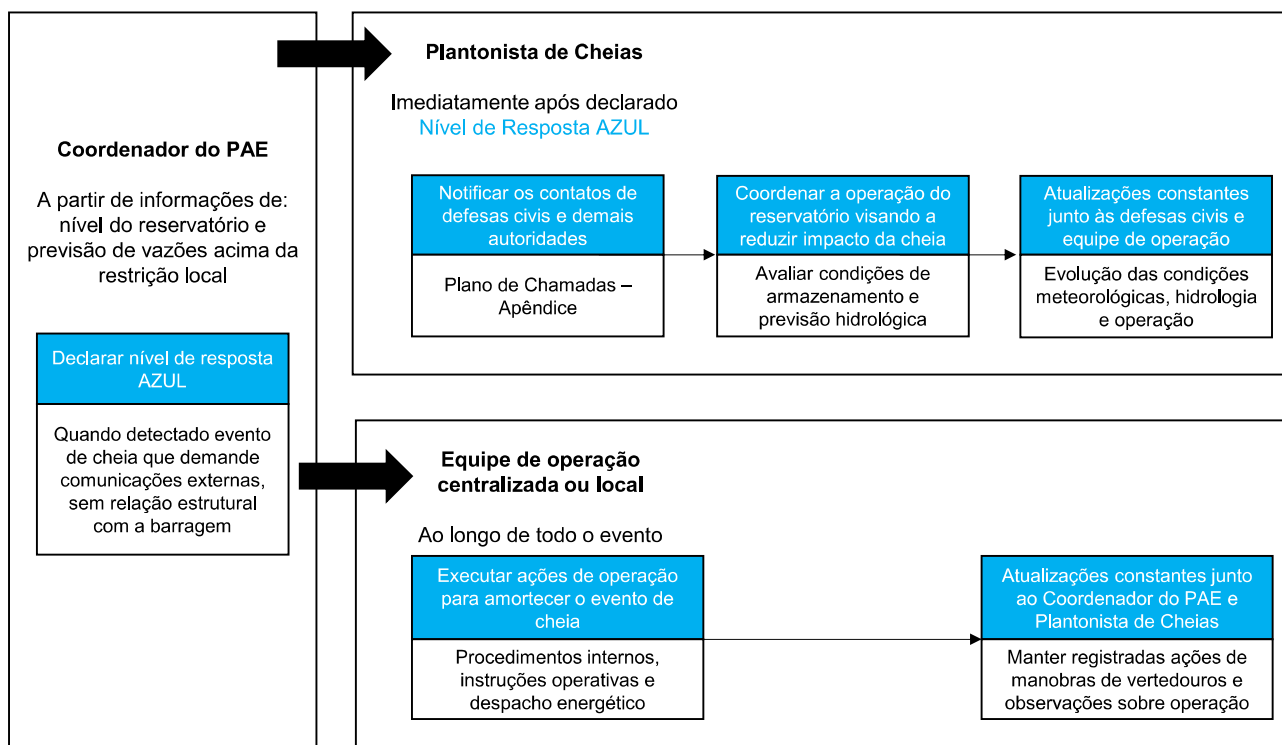


Figura 4 - Fluxograma em situação de CHEIAS

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 5 abaixo sintetiza as ações a serem tomadas quando da ocorrência de situação de **ALERTA**.

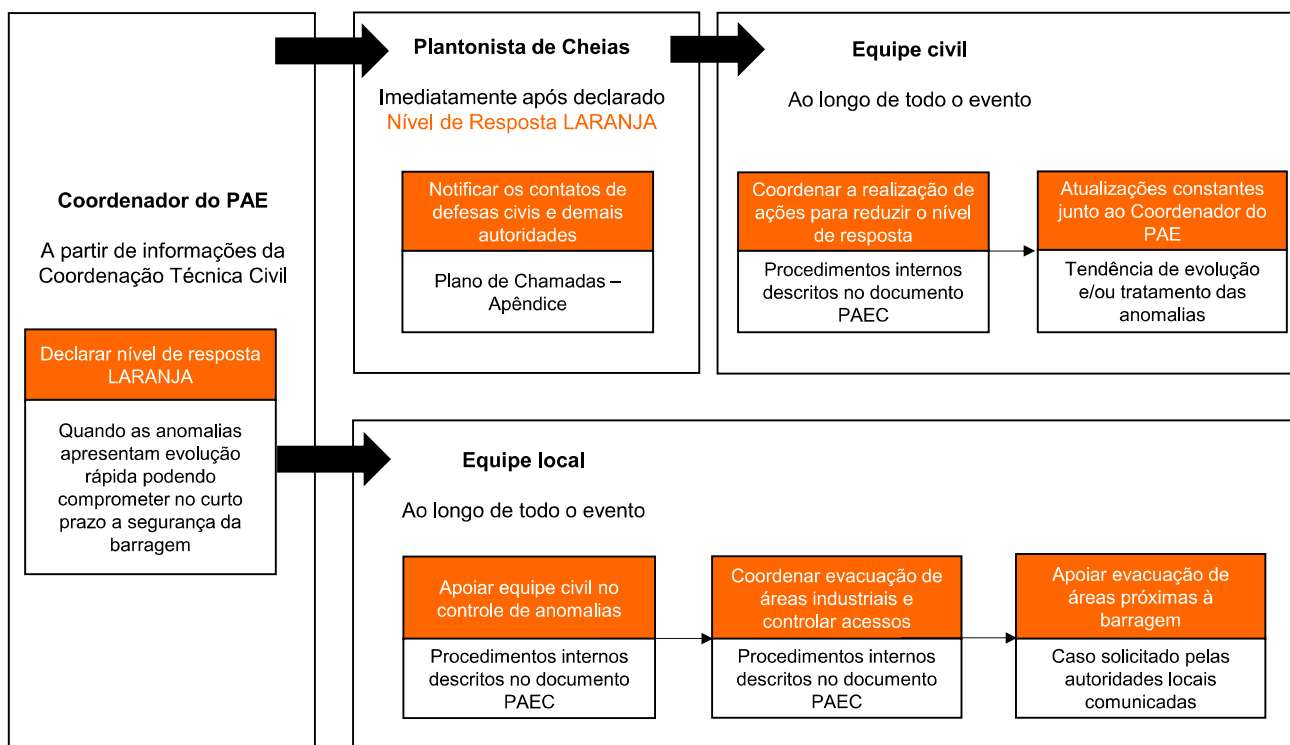


Figura 5 - Fluxograma em situação ALERTA

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 6 abaixo sintetiza as ações a serem tomadas quando da ocorrência de situação de **EMERGÊNCIA**.

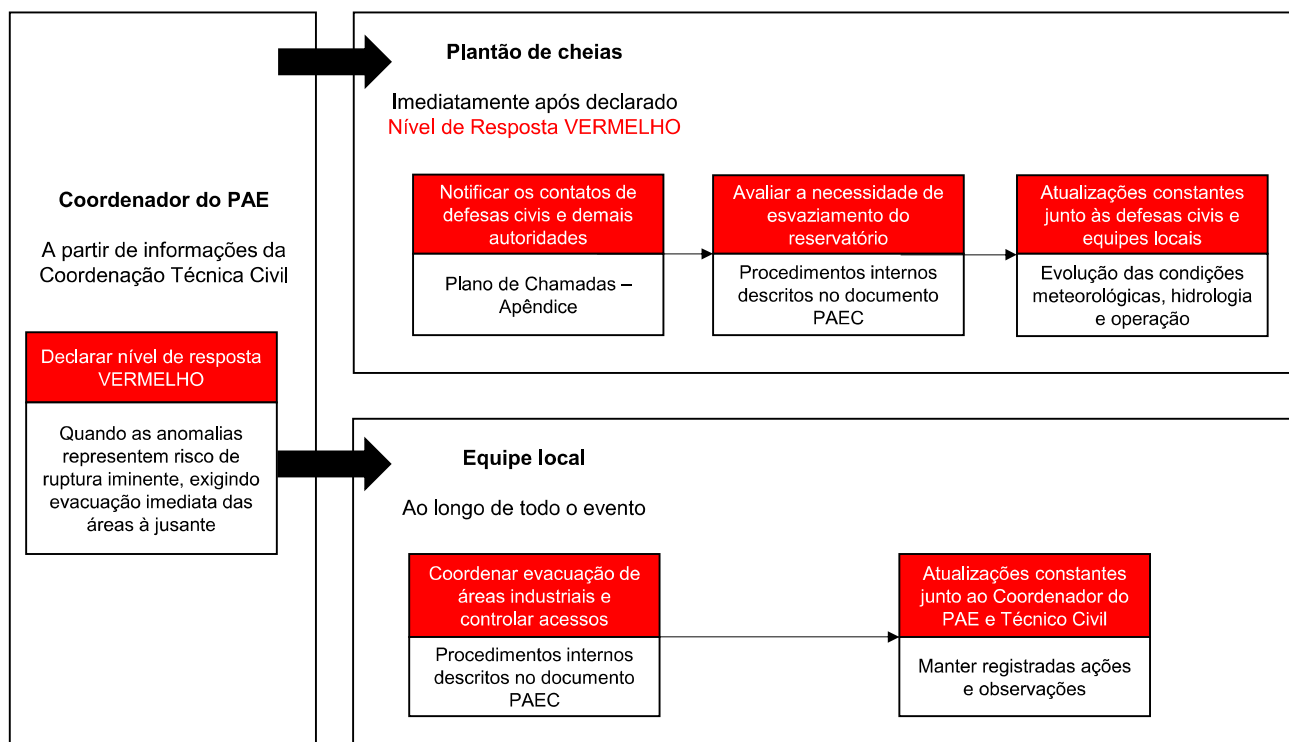


Figura 6 - Fluxograma em situação EMERGÊNCIA

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

A. Zona de Autossalvamento (ZAS)

O reservatório da Barragem de Rosal possui dimensões consideráveis, com capacidade de armazenamento de 17 hm³, que, em caso de ruptura, seriam em grande parte liberados, provocando significativo aumento da vazão e severas inundações no vale a jusante. Dessa forma, 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.

Para a UHE Rosal, foi considerado pior cenário de ruptura (ruptura durante evento chuvoso com vazão decamilenar), adotando-se uma ZAS de 10 km a jusante, 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 Itabapoana, 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

Além dos dados operativos da UHE Rosal, para a emissão de alertas para o vale do rio Itabapoana serão monitorados os pontos de controle constantes da tabela abaixo:

Tabela 5 - Postos de monitoramento da CEMIG

| Bacias | Sub-bacias | Operador | Estações |
|-----------------------------|----------------------------------|----------------------|--|
| 5 – ATLÂNTICO, TRECHO LESTE | 57 – RIOS ITAPEMIRIM, ITABAPOANA | BRASIL PCH | 57730000 - PCH Fumaça IV Jusante |
| 5 – ATLÂNTICO, TRECHO LESTE | 57 – RIOS ITAPEMIRIM, ITABAPOANA | CEMIG ROSAL | 57739000 - Guaçuí Ponte (UHE Rosal Rio Veado) |
| 5 – ATLÂNTICO, TRECHO LESTE | 57 – RIOS ITAPEMIRIM, ITABAPOANA | CEMIG ROSAL | 57735000 - Fazenda Maó (UHE Rosal Montante 2) |
| 5 – ATLÂNTICO, TRECHO LESTE | 57 – RIOS ITAPEMIRIM, ITABAPOANA | CEMIG ROSAL | 57750100 - Fazenda Volta Grande (UHE Rosal Montante 1) |
| 5 – ATLÂNTICO, TRECHO LESTE | 57 – RIOS ITAPEMIRIM, ITABAPOANA | BRASIL PCH | 57765000 - PCH Calheiro Montante |
| 5 – ATLÂNTICO, TRECHO LESTE | 57 – RIOS ITAPEMIRIM, ITABAPOANA | BRASIL PCH | 57769000 - PCH Calheiros Jusante |
| 5 – ATLÂNTICO, TRECHO LESTE | 57 – RIOS ITAPEMIRIM, ITABAPOANA | QUANTA GERAÇÃO | PCH Franca Amaral Jusante |
| 5 – ATLÂNTICO, TRECHO LESTE | 57 – RIOS ITAPEMIRIM, ITABAPOANA | RIO PCH - NEOENERGIA | PCH Pirapetinga Jusante |

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: 5 – Atlântico, Trecho Leste, Sub-bacia: 57 – Rios Itapemirim e Itabapoana, 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. Para visualização dos dados, selecionar os postos de interesse.

A Figura 7 mostra um exemplo de visualização de dados no portal da ANA.

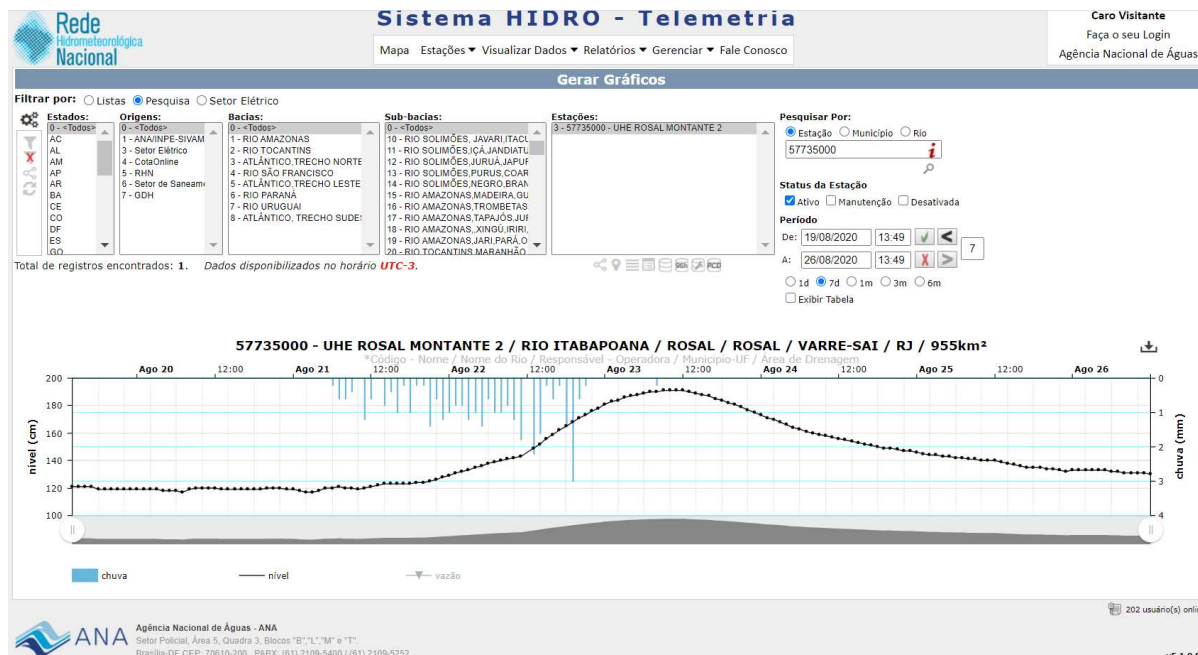


Figura 7 - Visualização do Gestor PCD de dados em tempo real

A Figura 8 apresenta a posição dos postos de montante à UHE Rosal que permitem o monitoramento de vazões, antecipar eventos de cheias e acompanhar o avanço de onda de ruptura. É possível acessar a versão online do mapa via endereço: http://bit.ly/ROSAL_PAEEXTERNO

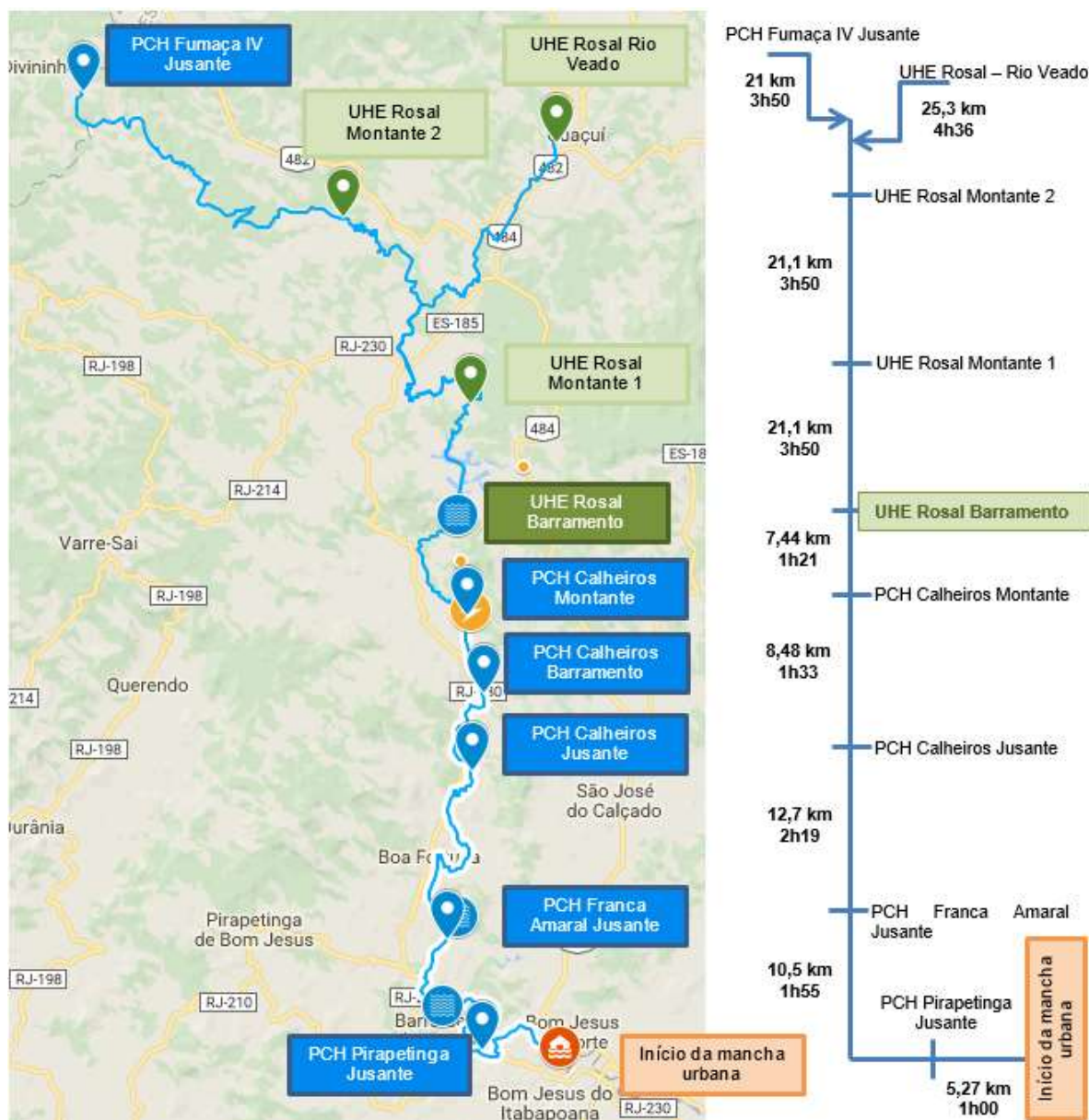


Figura 8 - Mapa de localização de estações de monitoramento da CEMIG

C. Parâmetros para comunicação do plantonista de cheia

Por tratar-se de uma usina com vertedouro de crista livre, não há controle sobre a vazão defluente, dessa forma a previsibilidade da vazão afluente e a agilidade na comunicação são imprescindíveis. O monitoramento de vazões ordinárias da UHE Rosal será realizado através dos quatro postos hidrométricos operados pela empresa. O primeiro acionamento de comunicação será realizado assim que haja a possibilidade de ultrapassagem da vazão de restrição (Q_r):

Qr = 140 m³/s

Os primeiros problemas nas cidades a jusante (Bom Jesus do Norte e do Itabapoana) iniciam-se com **140 m³/s**, conforme relato da Defesa Civil. A partir de **400 m³/s** de defluência, a estrada de acesso da usina ficará impedida dificultando o acesso à Casa de Força. As propriedades instaladas no trecho de vazão reduzida também podem ser impactadas com vazões dessa magnitude.

Vazões defluentes da ordem de Qr a partir da UHE Rosal, somadas a uma pequena contribuição incremental, trazem grandes danos a partir de **600 m³/s**. A UHE Rosal encontra-se distante de Bom Jesus do Itabapoana e Bom Jesus do Norte, cerca de 48 km, estimando-se um tempo de viagem entre 8 a 10 horas.

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

| | |
|---|---|
| (1) Geral | |
| Nome do barramento | UHE Rosal |
| Empreendedor | Rosal Energia S.A. |
| Entidade Fiscalizadora | ANEEL |
| Localização | |
| - Curso de água barrado | Rio Itabapoana |
| - Município | Guaçuí e Bom Jesus do Itabapoana |
| - Unidade da Federação | Espirito Santo (ES) e Rio de Janeiro (RJ) |
| - Coordenadas do Empreendimento | Lat. 20°55'1,50"S Long. 41°43'19,20" O |
| (2) Reservatório | |
| NA Montante – Reservatório: | |
| - Máximo Maximorum [m-IBGE] | 558,75 |
| - Máximo Normal [m-IBGE] | 555,00 |
| - Mínimo Operativo [m-IBGE] | 550,00 |
| NA Jusante | |
| - Máximo Normal [m-IBGE] | 363,42 |
| Áreas Inundadas: | |
| - No NA Máximo Maximorum [km ²] | 1,91 |
| - No NA Máximo Normal [km ²] | 1,70 |
| - No NA Mínimo Normal [km ²] | 1,21 |
| Volume do Reservatório: | |
| - No N.A. Máximo Maximorum [hm ³] | 21,59 |
| - No N.A. Máximo Normal [hm ³] | 17,00 |
| - No N.A. Mínimo Normal [hm ³] | 10,00 |
| (3) Barragem | |
| Material | Concreto |
| Comprimento da Crista [m] | 214,50 |
| Altura máxima em relação à fundação [m] | 40,00 |
| Cota da Crista [m-IBGE] | 560,00 |
| (4) Sistema de descarga | |
| Tipo | Vertedouro de Soleira Livre (VL) |
| Vazão de Projeto [m ³ /s] – TR 10.000 anos | 890,00 |
| Cota da soleira vertente [m-IBGE] | 555,00 |
| (5) Tomada d'Água | |
| Tipo | Gravidade |
| Número de vãos | 1 |
| Conduto Forçado | |
| - Número de Condutos | 2 |
| - Comprimento [m] | |
| Conduto 01 | 30,70 |
| Conduto 02 | 27,93 |
| (6) Casa de Força | |
| Tipo | Abrigada |
| Número de Unidades Geradoras | 2 |
| Turbinas Hidráulicas | |
| - Tipo | Francis |
| - Potência Instalada Total [MW] | 55,00 |

B. Mensagem de notificação Padrão**URGENTE**

Esta é uma mensagem de (declaração / alteração) do Nível de Segurança, feita por _____, Coordenador do PAE Plano de Ação de Emergência – PAE da Barragem da UHE Rosal.

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

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 devam se precaver e por em ação as recomendações e atividades delineadas em sua cópia do Plano de Ação de Emergência - PAE da Barragem UHE Rosal.

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

A UHE Rosal possui uma barragem em concreto, localizadas no rio Itabapoana. O volume máximo de armazenamento é de 17 hm³. A Zona de Autossalvamento (ZAS) adotada corresponde a 10 km a partir do barramento, e engloba pequenos aglomerados rurais.

FIM DA MENSAGEM

C. Premissas e resultados dos estudos de ruptura hipotética

Premissas:

Para o **Nível de Resposta 3 – Emergência**, foram simulados quatro cenários hidrológicos de ruptura, os quais são apresentados abaixo:

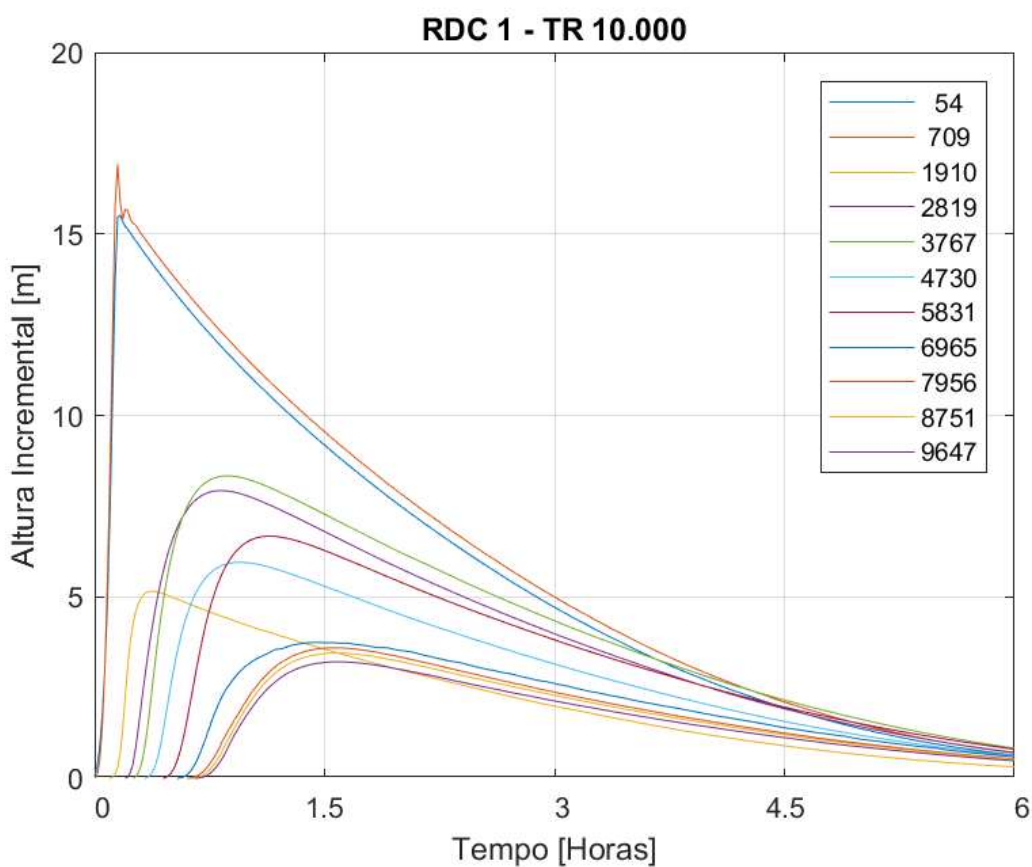
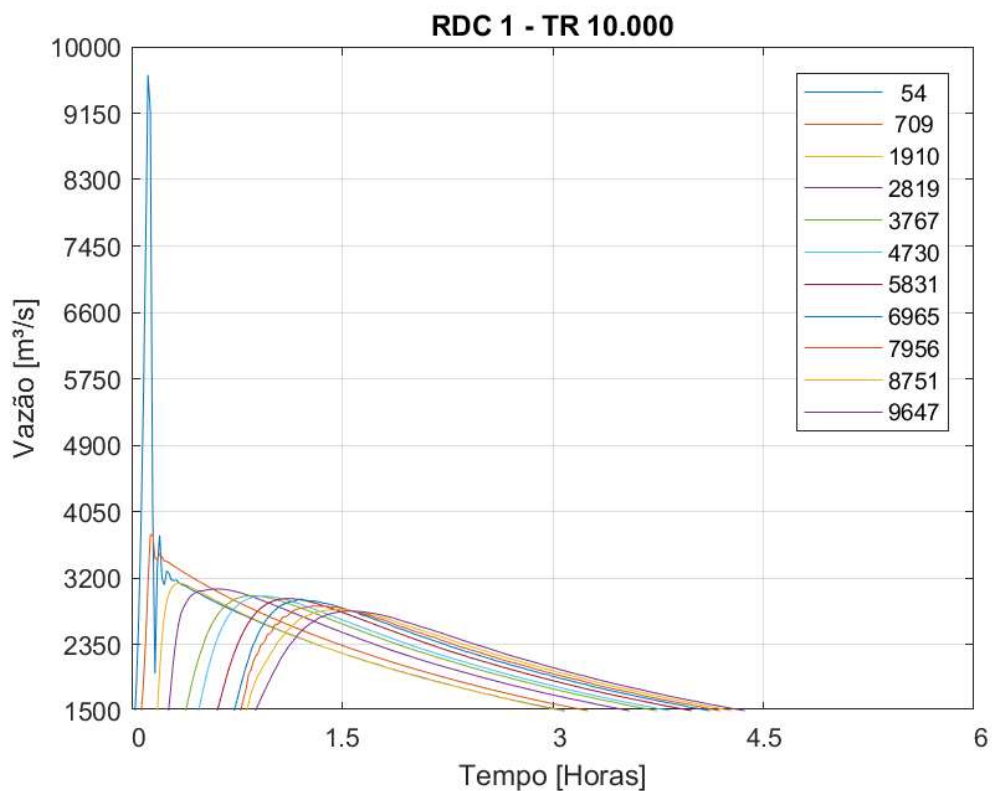
- **Cenário RDC 1:** Rompimento por galgamento ou colapso estrutural da barragem, durante evento de vazão Decamilenar, com o reservatório na El. 558,80 m;
- **Cenário RDC 2:** Rompimento por galgamento ou colapso estrutural da barragem em Condição de Carregamento Normal (CCN) ou Limite, vertendo a vazão de referência Q_{MLT} (Sunny Day) e reservatório na El. 555,00 m;
- **Cenário RDC 3:** Rompimento por galgamento ou colapso estrutural da barragem, vertendo a vazão de restrição e reservatório na El. 556,10 m;
- **Cenário RDC 4:** Rompimento por galgamento ou colapso estrutural de dois blocos do vertedouro, vertendo a vazão de restrição e reservatório na El. 556,10 m.

Resultados:

1. Cenário RDC 1: Rompimento por galgamento ou colapso estrutural da barragem com vazão decamilenar (890 m³/s)

As figuras a seguir ilustram o comportamento das ondas de ruptura ao longo do vale a jusante da UHE Rosal 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 inicia durante o carregamento gerado pela sobrelevação máxima no barramento durante o evento de cheia Decamilenar (reservatório com N.A. El. 558,80 [m-IBGE]).

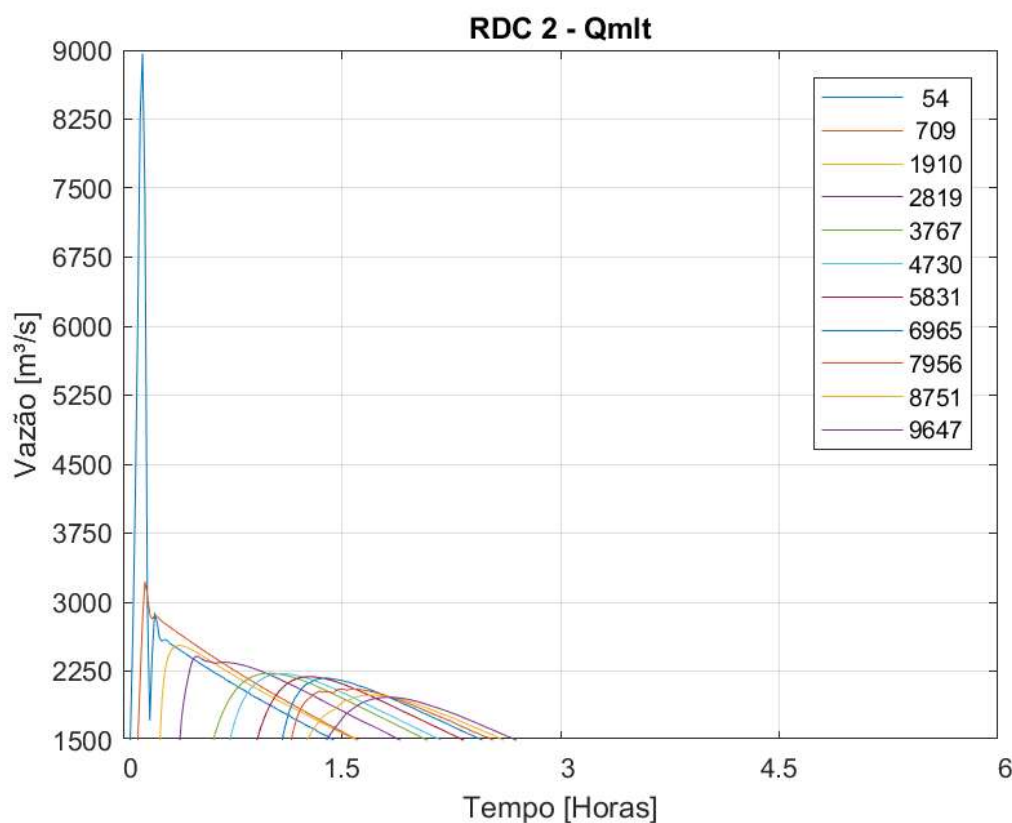
Ao longo do modelo verificou-se que, juntamente com as vazões elevadas, há um volume de grande magnitude sendo propagado, podendo ocasionar grandes impactos às edificações e aos demais empreendimentos localizados a jusante da estrutura. A altura incremental da onda de cheia chega a 16,90 m nas seções mais próximas ao barramento. Ao longo do trecho simulado ocorre um abatimento de cerca de 80% da energia liberada. Na última seção do modelo a altura incremental é de 3,21 m, resultando na cota aproximada de El. 365,95 [m-IBGE], podendo ocasionar o galgamento da estrutura da PCH Calheiros (crista na El. 364,00 [m-IBGE]).



2. Cenário RDC 2: Rompimento por galgamento ou colapso estrutural da barragem em dia seco, vertendo a vazão média de longo termo (33 m³/s)

As figuras seguintes ilustram o comportamento das ondas de ruptura ao longo do vale a jusante da UHE Rosal 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 galgamento ou colapso estrutural do barramento em Condição de Carregamento Normal (CCN), durante evento de vazão média de longo termo (*Sunny Day*), com o reservatório na El. 555,00 [m-IBGE].

A altura incremental da onda de cheia chega a 22,80 m nas seções mais próximas ao barramento. Ao longo do trecho simulado ocorre um abatimento de cerca de 80% da energia liberada. Na última seção do modelo a altura incremental é de 4,47 m, resultando na cota aproximada de El. 364,71 [m-IBGE], podendo ocasionar o galgamento da estrutura da PCH Calheiros (crista na El. 364,00 [m-IBGE]).



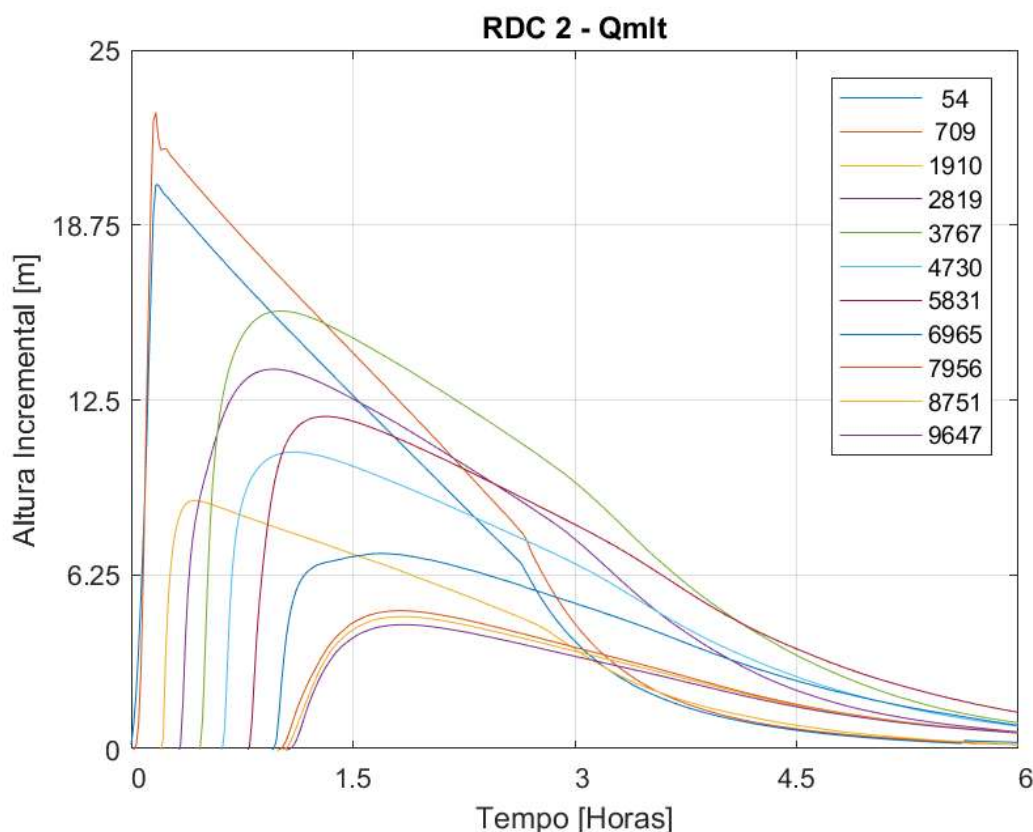
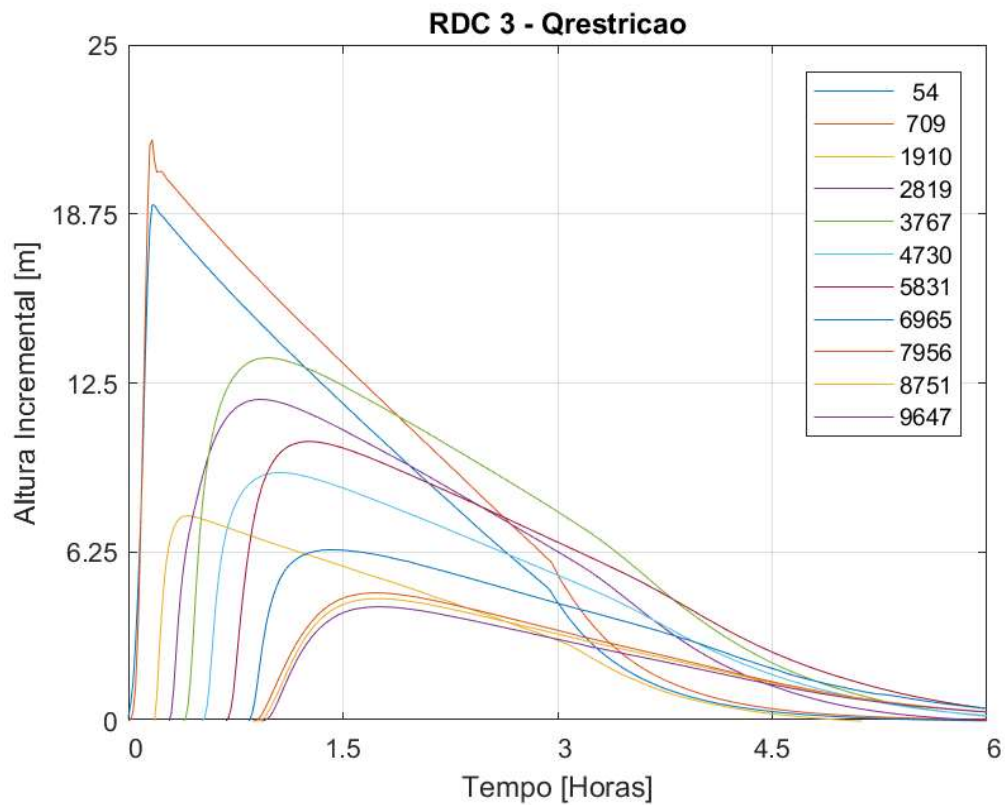
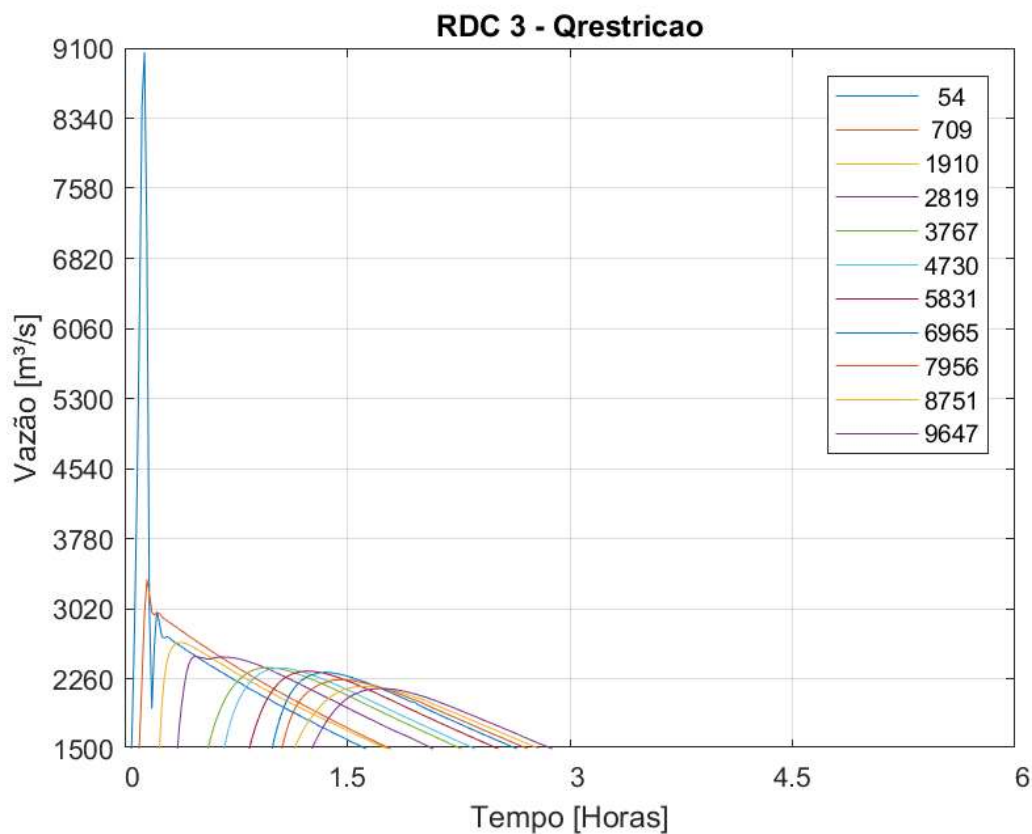


Figura E. 1 - Altura incremental da onda propagada nas seções de controle. RDC 2

3. Cenário RDC 3: Rompimento por galgamento ou colapso estrutural da barragem, vertendo a vazão de restrição (140 m³/s)

As figuras a seguir ilustram o comportamento das ondas de ruptura ao longo do vale a jusante da UHE Rosal para o modo RDC 3 (Vazão de Restrição – 140 m³/s, reservatório com N.A. El. 556,10 [m-IBGE]), onde são apresentados um hidrograma e uma curva da altura incremental da onda de ruptura para cada seção de interesse.

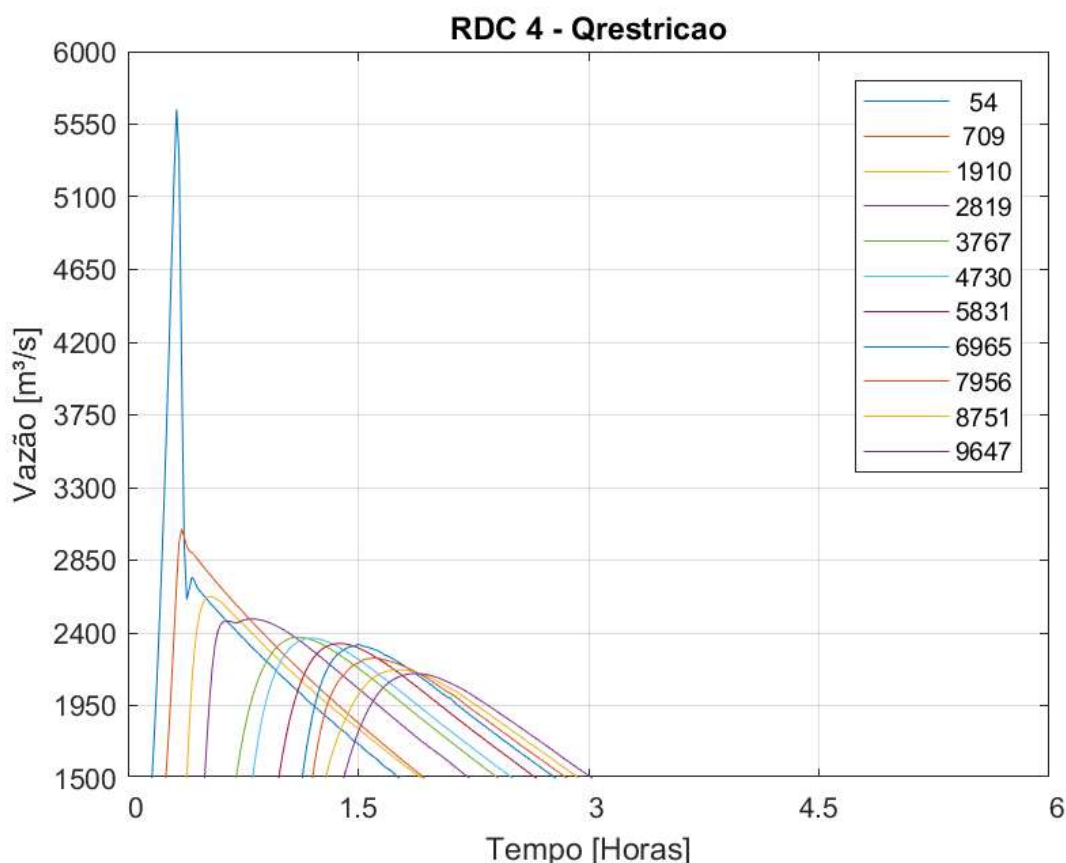
A altura incremental da onda de cheia chega a 21,50 m nas seções mais próximas ao barramento. Ao longo do trecho simulado ocorre um abatimento de cerca de 80% da energia liberada. Na última seção do modelo a altura incremental é de 4,22 m, resultando na cota aproximada de El. 365,00 [m-IBGE], podendo ocasionar o galgamento da estrutura da PCH Calheiros (crista na El. 364,00 [m-IBGE]).

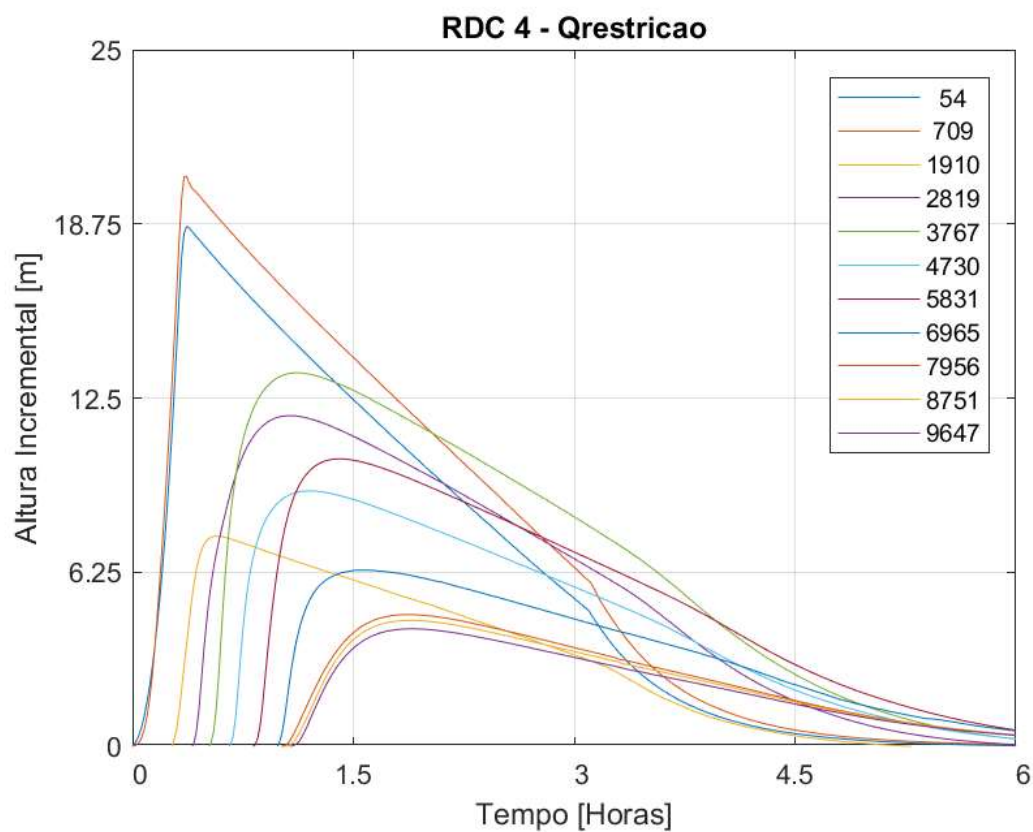


4. Cenário RDC 4: Rompimento por galgamento ou colapso estrutural de dois blocos do vertedouro, vertendo a vazão de restrição (140 m³/s)

As figuras seguintes ilustram o comportamento das ondas de ruptura ao longo do vale a jusante da UHE Rosal para o modo RDC 4 (Vazão de Restrição – 140 m³/s, reservatório com N.A. El. 556,10 [m-IBGE] e brecha com largura final de 40,0 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 chega a 20,50 m nas seções mais próximas ao barramento. Ao longo do trecho simulado ocorre um abatimento de cerca de 80% da energia liberada. Na última seção do modelo a altura incremental é de 4,22 m, resultando na cota aproximada de El. 365,00 [m-IBGE], podendo ocasionar o galgamento da estrutura da PCH Calheiros (crista na El. 364,00 [m-IBGE]).





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 (Economias) | | |
|--------------------|--|-------------|-------|
| | Dentro da ZAS | Fora da ZAS | Total |
| RDC 1 | 21 | 0 | 21 |
| RDC 2 | 19 | 0 | 19 |
| RDC 3 | 20 | 0 | 20 |
| RDC 4 | 19 | 0 | 19 |

| Setor Censitário | Número Aprox. de atingidos (Economias) | | | |
|------------------|--|-------------|-----------|-------------|
| | RDC 1 | | RDC 2 | |
| | Na ZAS | Fora da ZAS | Na ZAS | Fora da ZAS |
| 320480710000002 | 7 | 0 | 7 | 0 |
| 320230605000027 | 12 | 0 | 10 | 0 |
| 330060525000002 | 2 | 0 | 2 | 0 |
| Total | 21 | 0 | 19 | 0 |

| Setor Censitário | Número Aprox. de atingidos (Economias) | | | |
|------------------|--|-------------|-----------|-------------|
| | RDC 3 | | RDC 4 | |
| | Na ZAS | Fora da ZAS | Na ZAS | Fora da ZAS |
| 320480710000002 | 7 | 0 | 7 | 0 |
| 320230605000027 | 11 | 0 | 10 | 0 |
| 330060525000002 | 2 | 0 | 2 | 0 |
| Total | 20 | 0 | 19 | 0 |

| Setor Censitário | Número Aprox. de atingidos (Habitantes) | | | |
|------------------|---|-------------|-----------|-------------|
| | RDC 1 | | RDC 2 | |
| | Na ZAS | Fora da ZAS | Na ZAS | Fora da ZAS |
| 320480710000002 | 23 | 0 | 23 | 0 |
| 320230605000027 | 44 | 0 | 37 | 0 |
| 330060525000002 | 7 | 0 | 7 | 0 |
| Total | 74 | 0 | 67 | 0 |

| Setor Censitário | Número Aprox. de atingidos (Habitantes) | | | |
|------------------|---|-------------|-----------|-------------|
| | RDC 3 | | RDC 4 | |
| | Na ZAS | Fora da ZAS | Na ZAS | Fora da ZAS |
| 320480710000002 | 23 | 0 | 23 | 0 |
| 320230605000027 | 40 | 0 | 37 | 0 |
| 330060525000002 | 7 | 0 | 7 | 0 |
| Total | 70 | 0 | 67 | 0 |

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

| Tempos de recorrência | Número Aprox. de atingidos (Economias) | | |
|-----------------------|--|-------------|-------|
| | Dentro da ZAS | Fora da ZAS | Total |
| TR 10.000 anos | 12 | 0 | 12 |
| TR 100 anos | 9 | 0 | 9 |
| TR 50 anos | 9 | 0 | 9 |
| TR 10 anos | 7 | 0 | 7 |
| TR 2 anos | 5 | 0 | 5 |

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 seus resultados resumidos abaixo, e, em seguida, é apresentada a espacialização dessa estrutura.

| Estrutura | Elevação do tabuleiro [m-IBGE] | | Elevação máxima do nível de água [m-IBGE] | | | |
|-----------|--------------------------------|----------|---|---------------|---------------|---------------|
| | Superior | Inferior | RDC 1 | RDC 2 | RDC 3 | RDC 4 |
| Ponte 01 | 536,11 | 534,71 | 557,12 | 553,83 | 554,38 | 553,34 |



E. Tempos de chegada e pico de onda para cenários de ruptura

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 _p * | Z _{ref} * | Z _{Qmlt} * | H [m]* | H _{incr} [m]* | Q _p [m ³ /s]* | T _p * | T _{inun} * | T _{ch} * | V [km/h]* |
|-------|-------|------------------|--------------------|---------------------|--------|------------------------|-------------------------------------|------------------|---------------------|-------------------|-----------|
| 10071 | 54 | 556,72 | 541,21 | 533,31 | 23,42 | 15,51 | 9,638 | 00H10M | 06H02M | 00H02M | - |
| 9416 | 709 | 557,12 | 540,20 | 531,06 | 26,06 | 16,92 | 3,754 | 00H09M | 06H08M | 00H03M | - |
| 8215 | 1910 | 481,95 | 476,79 | 471,95 | 10,00 | 5,15 | 3,130 | 00H22M | 4H57M | 00H10M | 9,28 |
| 7306 | 2819 | 459,71 | 451,78 | 443,84 | 15,87 | 7,93 | 3,058 | 00H49M | 5H58M | 00H16M | 4,25 |
| 6358 | 3767 | 450,20 | 441,87 | 432,20 | 18,01 | 8,33 | 2,972 | 00H52M | 06H08M | 00H19M | 5,30 |
| 5395 | 4730 | 417,03 | 411,08 | 404,65 | 12,38 | 5,95 | 2,967 | 00H57M | 05H37M | 00H25M | 5,97 |
| 4294 | 5831 | 391,13 | 384,45 | 377,22 | 13,91 | 6,67 | 2,935 | 01H08M | 05H52M | 00H33M | 5,98 |
| 3160 | 6965 | 368,48 | 364,73 | 360,31 | 8,16 | 3,74 | 2,926 | 01H26M | 05H18M | 00H41M | 5,46 |
| 2169 | 7956 | 366,59 | 363,00 | 360,24 | 6,35 | 3,60 | 2,842 | 01H33M | 05H02M | 00H47M | 5,71 |
| 1374 | 8751 | 366,33 | 362,88 | 360,24 | 6,09 | 3,45 | 2,795 | 01H34M | 04H57M | 00H49M | 6,21 |
| 478 | 9647 | 365,95 | 362,74 | 360,24 | 5,71 | 3,21 | 2,775 | 01H35M | 04H48M | 00H51M | 6,77 |

*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 de TR 10.000 anos [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 Tr 10.000 anos [m]; Q_p é a vazão de pico [m³/s]; T_p é o tempo de pico da onda induzida [HH:MM]; T_{inun} é o tempo de submersão da seção (para H > 1,00) [HH:MM]; T_{ch} é o tempo de chegada do início da onda na seção de controle, 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} * | Z _{Q_{mlt}} * | H [m]* | H _{incr} [m]* | Q _p [m ³ /s]* | T _p * | T _{inun} * | T _{ch} * | V [km/h]* |
|-------|-------|------------------|--------------------|--------------------------------|--------|------------------------|-------------------------------------|------------------|---------------------|-------------------|-----------|
| 10071 | 54 | 553,51 | 533,31 | 533,31 | 20,20 | 20,20 | 8.963 | 00H10M | 04H39M | 00H01M | - |
| 9416 | 709 | 553,83 | 531,06 | 531,06 | 22,77 | 22,77 | 3.225 | 00H10M | 04H42M | 00H03M | - |
| 8215 | 1910 | 480,85 | 471,95 | 471,95 | 8,90 | 8,90 | 2.530 | 00H26M | 04H40M | 00H14M | 6,96 |
| 7306 | 2819 | 457,44 | 443,84 | 443,84 | 13,60 | 13,60 | 2.411 | 00H58M | 05H44M | 00H21M | 3,46 |
| 6358 | 3767 | 447,87 | 432,20 | 432,20 | 15,68 | 15,68 | 2.227 | 01H01M | 06H07M | 00H29M | 4,37 |
| 5395 | 4730 | 415,29 | 404,65 | 404,65 | 10,64 | 10,64 | 2.221 | 01H06M | 05H51M | 00H38M | 5,01 |
| 4294 | 5831 | 389,13 | 377,22 | 377,22 | 11,91 | 11,91 | 2.189 | 01H19M | 06H24M | 00H49M | 5,02 |
| 3160 | 6965 | 367,33 | 360,31 | 360,31 | 7,01 | 7,01 | 2.176 | 01H41M | 05H31M | 01H00M | 4,56 |
| 2169 | 7956 | 365,21 | 360,24 | 360,24 | 4,97 | 4,97 | 2.057 | 01H49M | 04H58M | 01H05M | 4,79 |
| 1374 | 8751 | 365,00 | 360,24 | 360,24 | 4,76 | 4,76 | 1.989 | 01H50M | 04H55M | 01H07M | 5,22 |
| 478 | 9647 | 364,71 | 360,24 | 360,24 | 4,47 | 4,47 | 1.967 | 01H51M | 04H52M | 01H09M | 5,70 |

*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 de Tr 100 anos [m-IBGE]; Z_{Q_{mlt}} 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 Tr 100 anos [m]; Q_p é a vazão de pico [m³/s]; T_p é o tempo de pico da onda induzida [HH:MM]; T_{inun} é o tempo de submersão da seção (para H > 1,00) [HH:MM]; T_{ch} é o tempo de chegada do início da onda na seção de controle, 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 [m]* | H _{incr} [m]* | Q _p [m³/s]* | T _p * | T _{inun} * | T _{ch} * | V [km/h]* |
|-------|-------|------------------|--------------------|---------------------|--------|------------------------|------------------------|------------------|---------------------|-------------------|-----------|
| 10071 | 54 | 554,16 | 535,07 | 533,31 | 20,86 | 19,09 | 9.054 | 00H10M | 04H10M | 00H01M | - |
| 9416 | 709 | 554,38 | 532,88 | 531,06 | 23,31 | 21,50 | 3.335 | 00H10M | 04H17M | 00H03M | - |
| 8215 | 1910 | 481,08 | 473,49 | 471,95 | 9,14 | 7,59 | 2.652 | 00H25M | 03H55M | 00H12M | 7,42 |
| 7306 | 2819 | 457,94 | 446,05 | 443,84 | 14,10 | 11,89 | 2.501 | 00H56M | 04H39M | 00H19M | 3,61 |
| 6358 | 3767 | 448,39 | 434,96 | 432,20 | 16,19 | 13,43 | 2.380 | 00H58M | 04H58M | 00H26M | 4,64 |
| 5395 | 4730 | 415,67 | 406,49 | 404,65 | 11,02 | 9,18 | 2.374 | 01H04M | 04H47M | 00H34M | 5,20 |
| 4294 | 5831 | 389,56 | 379,23 | 377,22 | 12,34 | 10,33 | 2.341 | 01H16M | 05H05M | 00H44M | 5,25 |
| 3160 | 6965 | 367,74 | 361,41 | 360,31 | 7,42 | 6,33 | 2.333 | 01H26M | 04H54M | 00H53M | 5,46 |
| 2169 | 7956 | 365,55 | 360,81 | 360,24 | 5,31 | 4,74 | 2.249 | 01H44M | 04H30M | 00H59M | 5,04 |
| 1374 | 8751 | 365,32 | 360,80 | 360,24 | 5,08 | 4,52 | 2.174 | 01H45M | 04H27M | 01H01M | 5,49 |
| 478 | 9647 | 365,01 | 360,79 | 360,24 | 4,77 | 4,22 | 2.153 | 01H45M | 04H22M | 01H03M | 6,06 |

*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 Q_{restrição} [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 à Q_{restrição} [m]; Q_p é a vazão de pico [m³/s]; T_p é o tempo de pico da onda induzida [HH:MM]; T_{inun} é o tempo de submersão da seção (para H > 1,00) [HH:MM]; T_{ch} é o tempo de chegada do início da onda na seção de controle, 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 4:

| 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]* |
|-------|-------|------------------|--------------------|---------------------|--------|------------------------|-------------------------------------|------------------|---------------------|-------------------|-----------|
| 10071 | 54 | 553,73 | 535,07 | 533,31 | 20,42 | 18,66 | 5.642 | 00H22M | 04H16M | 00H04M | - |
| 9416 | 709 | 553,34 | 532,88 | 531,06 | 22,27 | 20,46 | 3.042 | 00H22M | 04H24M | 00H05M | - |
| 8215 | 1910 | 481,04 | 473,49 | 471,95 | 9,09 | 7,54 | 2.626 | 00H34M | 03H58M | 00H18M | 9,28 |
| 7306 | 2819 | 457,92 | 446,05 | 443,84 | 14,08 | 11,87 | 2.486 | 01H04M | 04H41M | 00H27M | 3,95 |
| 6358 | 3767 | 448,36 | 434,96 | 432,20 | 16,17 | 13,40 | 2.373 | 01H07M | 05H0M | 00H34M | 4,95 |
| 5395 | 4730 | 415,65 | 406,49 | 404,65 | 11,00 | 9,17 | 2.367 | 01H12M | 04H49M | 00H42M | 5,61 |
| 4294 | 5831 | 389,54 | 379,23 | 377,22 | 12,32 | 10,32 | 2.334 | 01H24M | 05H7M | 00H52M | 5,59 |
| 3160 | 6965 | 367,73 | 361,41 | 360,31 | 7,41 | 6,32 | 2.331 | 01H34M | 04H54M | 01H02M | 5,76 |
| 2169 | 7956 | 365,54 | 360,81 | 360,24 | 5,30 | 4,73 | 2.244 | 01H52M | 04H31M | 01H07M | 5,27 |
| 1374 | 8751 | 365,31 | 360,80 | 360,24 | 5,07 | 4,52 | 2.170 | 01H53M | 04H28M | 01H09M | 5,73 |
| 478 | 9647 | 365,00 | 360,79 | 360,24 | 4,76 | 4,22 | 2.148 | 01H54M | 04H24M | 01H11M | 6,26 |

*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 Q_{restrição} [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 à Q_{restrição} [m]; Q_p é a vazão de pico [m³/s]; T_p é o tempo de pico da onda induzida [HH:MM]; T_{inun} é o tempo de submersão da seção (para H > 1,00) [HH:MM]; T_{ch} é o tempo de chegada do início da onda na seção de controle, 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 | Qrestrição |
|-------|-------|---------------|--------|--------|--------|-----------|--------|------------|
| | | TR 2 | TR 10 | TR 50 | TR 100 | TR 10.000 | | |
| 10071 | 54 | 535,93 | 537,25 | 538,25 | 538,64 | 541,21 | 533,31 | 535,07 |
| 9416 | 709 | 533,92 | 535,53 | 536,77 | 537,25 | 540,20 | 531,06 | 532,88 |
| 8215 | 1910 | 473,94 | 474,75 | 475,34 | 475,55 | 476,79 | 471,95 | 473,49 |
| 7306 | 2819 | 446,89 | 448,27 | 449,27 | 449,64 | 451,78 | 443,84 | 446,05 |
| 6358 | 3767 | 436,10 | 437,80 | 439,00 | 439,43 | 441,87 | 432,20 | 434,96 |
| 5395 | 4730 | 407,24 | 408,36 | 409,15 | 409,43 | 411,08 | 404,65 | 406,49 |
| 4294 | 5831 | 380,09 | 381,35 | 382,24 | 382,57 | 384,45 | 377,22 | 379,23 |
| 3160 | 6965 | 361,96 | 362,75 | 363,32 | 363,54 | 364,73 | 360,31 | 361,41 |
| 2169 | 7956 | 361,11 | 361,59 | 361,96 | 362,10 | 363,00 | 360,24 | 360,81 |
| 1374 | 8751 | 361,09 | 361,55 | 361,89 | 362,03 | 362,88 | 360,24 | 360,80 |
| 478 | 9647 | 361,07 | 361,50 | 361,82 | 361,95 | 362,74 | 360,24 | 360,79 |

*d é a distância entre a seção de controle e o eixo do barramento [m];

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 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 galgamento ou colapso estrutural da barragem com vazão decamilenar (890 m^3/s) | PAE-ROS-MAP01-RDC01_revB |
| RDC 2 - Rompimento por galgamento ou colapso estrutural da barragem em dia seco, vertendo a vazão média de longo termo (33 m^3/s) | PAE-ROS-MAP02-RDC02_revB |
| RDC 3 - Rompimento por galgamento ou colapso estrutural da barragem, vertendo a vazão de restrição (140 m^3/s) | PAE-ROS-MAP03-RDC03_revB |
| RDC 4 - Rompimento por galgamento ou colapso estrutural de dois blocos do vertedouro, vertendo a vazão de restrição (140 m^3/s) | PAE-ROS-MAP04-RDC04_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 galgamento ou colapso estrutural da barragem com vazão decamilenar (890 m³/s) | PAE-ROS-MAP05-PER01_revB |
| RDC 2 - Rompimento por galgamento ou colapso estrutural da barragem em dia seco, vertendo a vazão média de longo termo (33 m³/s) | PAE-ROS-MAP06-PER02_revB |
| RDC 3 - Rompimento por galgamento ou colapso estrutural da barragem, vertendo a vazão de restrição (140 m³/s) | PAE-ROS-MAP07-PER03_revB |
| RDC 4 - Rompimento por galgamento ou colapso estrutural de dois blocos do vertedouro, vertendo a vazão de restrição (140 m³/s) | PAE-ROS-MAP08-PER04_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 (221 m³/s) | PAE-ROS-MAP09-TR2_revB |
| TR 10 anos (364 m³/s) | PAE-ROS-MAP10-TR10_revB |
| TR 50 anos (489 m³/s) | PAE-ROS-MAP11-TR50_revB |
| TR 100 anos (541 m³/s) | PAE-ROS-MAP12-TR100_revB |
| TR 10.000 anos (890 m³/s) | PAE-ROS-MAP13-TR10000_revB |

IX. Apêndices Externos

Documento nº PAE-ROS-DOC02_Apêndices-G-H

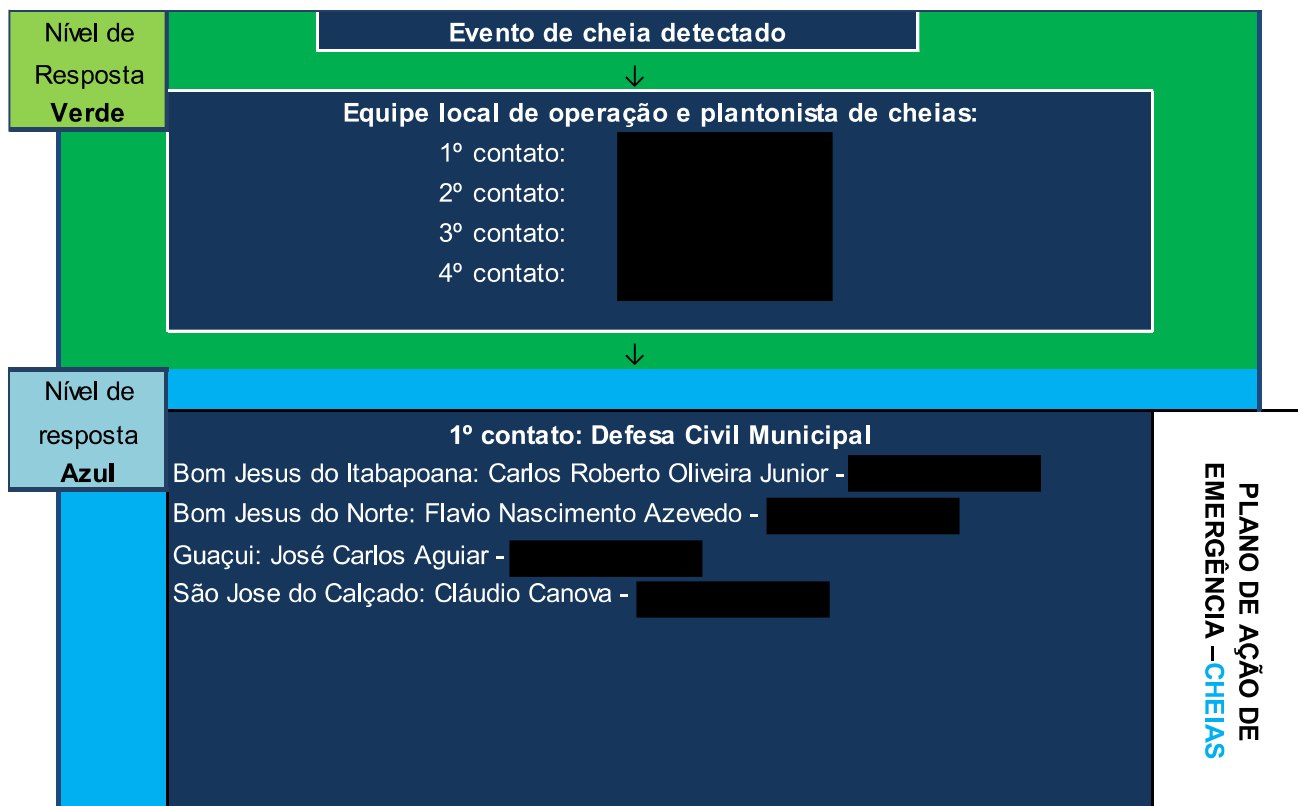
G. Controle de distribuição digital deste PAE¹

| Nome do Responsável | Função/Entidade |
|--------------------------------|---|
| Ivan Sérgio Carneiro | Coordenador do PAE – Cemig GT |
| Diego Antônio F. Balbi | Coordenador Técnico Civil – Cemig GT |
| Aloisio Ferreira Quadra | Gerente da Equipe Local – Cemig GT |
| Paulo Henrique Camargos Firme | Diretor – Defesa Civil Estadual Minas Gerais |
| Cláudio Canova | Coordenador – Defesa Civil Municipal Prefeitura Municipal de São José do Calçado |
| Carlos Roberto Oliveira Júnior | Coordenador – Defesa Civil Municipal Prefeitura Municipal de Bom Jesus do Itabapoana |
| Flavio Nascimento Azevedo | Coordenador – Defesa Civil Municipal Prefeitura Municipal de Bom Jesus do Norte |
| José Carlos Aguiar | Coordenador – Defesa Civil Municipal Prefeitura Municipal de Guaçuí |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

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.

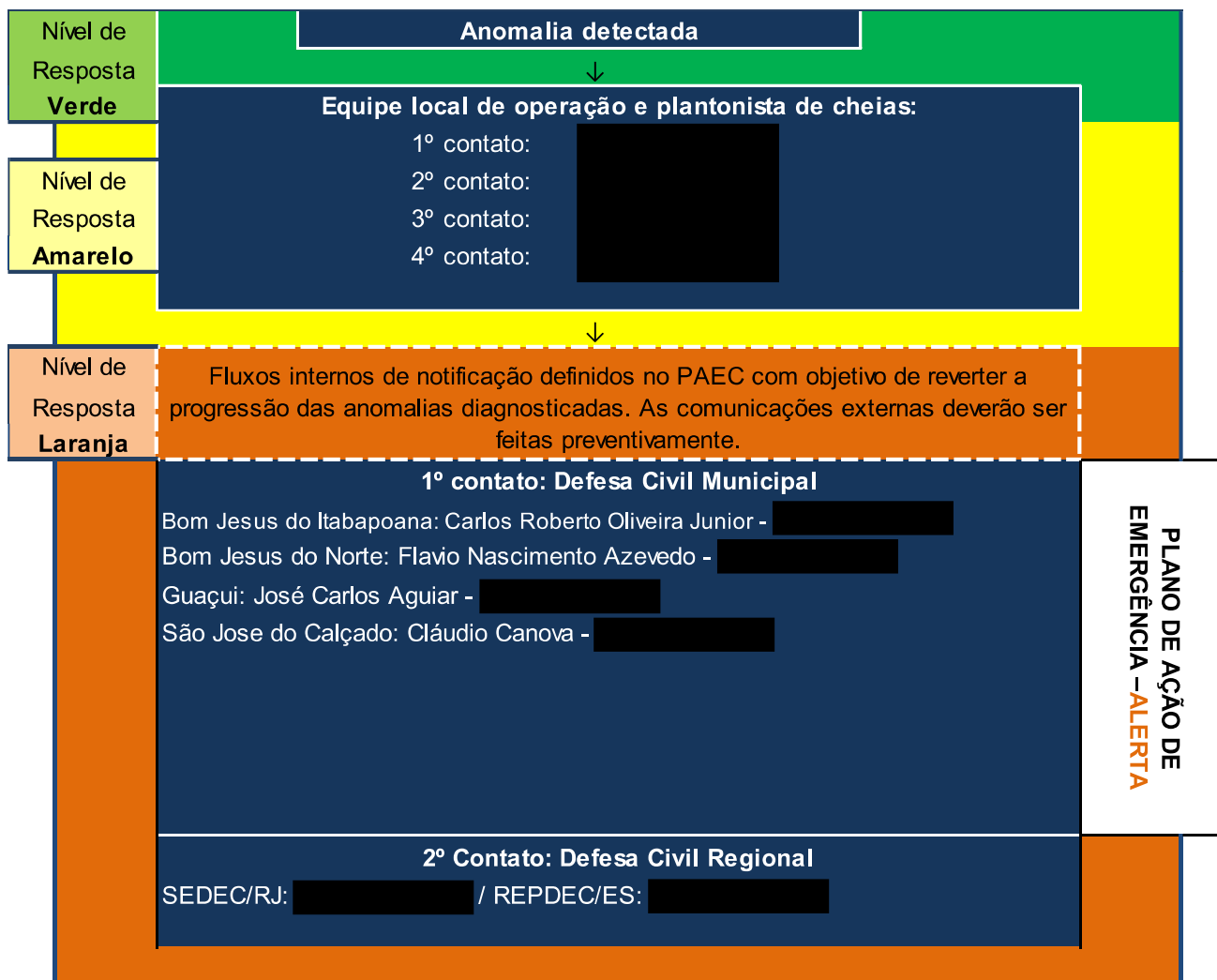
H. Plano de chamadas para notificação deste PAE

- Nível de Resposta: CHEIAS²



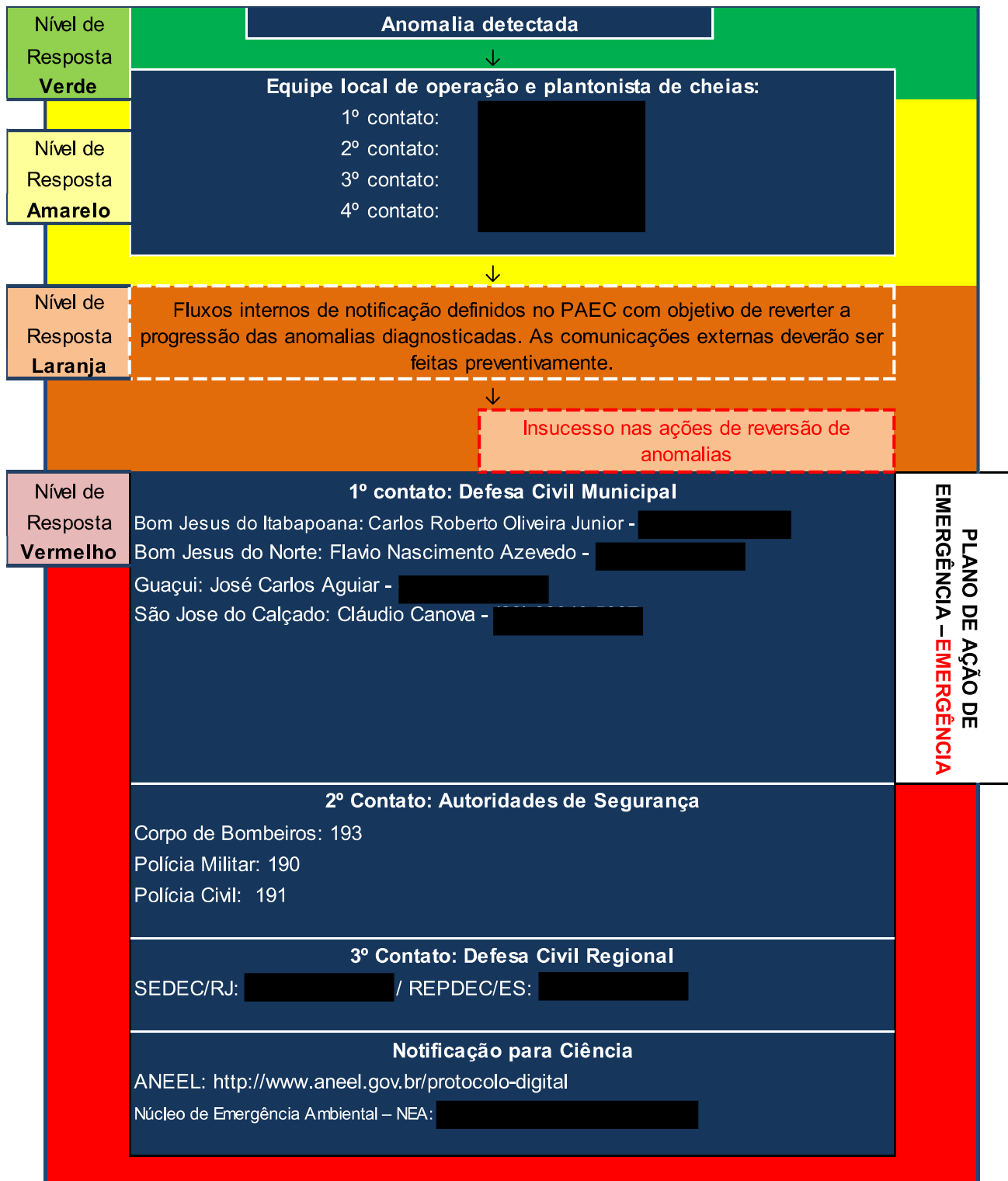
² Apêndice revisado em 19/04/2022. Este apêndice pode ter seus contatos alterados, sem que o documento do PAE Externo perca a vigência de sua revisão.

- Nível de Resposta 2: ALERTA³



³ 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: EMERGÊNCIA⁴



⁴ 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.