

UHE CAÇU

Plano de Segurança de Barragem - PSB

Volume IV - Plano de Ação de Emergência - PAE

Seção II - Situações de Emergência

Cliente



Produção



**FRACTAL
ENGENHARIA**

REVISÃO

3	Atendimento	MDM	AR/EM/CMA/ RC(Kinross)	AR/EM/CMA/ RC(Kinross)	Kinross	29/04/2019
2	Atendimento	MDM			Kinross	25/03/2019
1	Atendimento	JDL		MDM	Kinross	24/01/2019
0	Atualização	JDL	PGL	HLR	Gerdau	29/06/2017
A	Emissão	JDL	PGL/RJC	HLR	Gerdau	15/08/2016
Revisão	Descrição	Execução	Verificação	Aprovação	Cliente	Data

IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO

O presente documento é parte integrante do Plano de Ação de Emergência da UHE Caçu (Volume IV do Plano de Segurança de Barragens), juntamente com os seguintes materiais:

Seção I	Informações Gerais do PAE e da Barragem	286-CAC-RT-PAE-001
Seção II	Situações de Emergência	286-CAC-RT-PAE-002
Seção III	Procedimentos de Notificação e Sistema de Alerta	286-CAC-RT-PAE-003
Seção IV	Responsabilidades Gerais no PAE	286-CAC-RT-PAE-004
Seção V	Formulários e Treinamentos	286-CAC-RT-PAE-005



SUMÁRIO

1	SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA.....	4
1.1	CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA	5
1.1.1	Nível 0 (Verde) - Normal.....	6
1.1.2	Nível 1 (Amarelo) - Atenção.....	6
1.1.3	Nível 2 (Laranja) - Alerta.....	7
1.1.4	Nível 3 (Vermelho) - Emergência.....	7
1.2	ANÁLISE DE POTENCIAIS MODOS DE RUPTURA – APMR.....	8
1.2.1	Galgamento.....	10
1.2.2	Rompimento do bloco de concreto	10
1.2.3	Piping/ Erosão	11
1.3	ESTRUTURAS AVALIADAS.....	12
1.4	DETECÇÃO E AVALIAÇÃO DAS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA	12
1.4.1	Indicadores Qualitativos	14
1.4.2	Indicadores Quantitativos	17
2	ANÁLISE DA RUPTURA DA BARRAGEM.....	17
2.1	DADOS UTILIZADOS.....	17
2.2	DESCRIÇÃO DO MODELO NUMÉRICO HIDRODINÂMICA.....	18
2.3	FLUXOGRAMA	19
2.4	HIPÓTESES DE RUPTURA.....	20
2.5	CENÁRIOS DE SIMULAÇÃO	21
2.6	PROPAGAÇÃO HIDRODINÂMICA DA ONDA DE RUPTURA	22
2.7	CARTAS DE INUNDAÇÃO.....	23
2.7.1	Zona de Autossalvamento	24
2.7.2	Área atingida	25
2.8	RESTRICÇÕES LOCAIS	27
2.9	ESTRATÉGIA, RECURSOS E MEIO DE DIVULGAÇÃO E ALERTA	28
3	REFERÊNCIAS.....	29
4	APÊNDICE.....	30
5	ANEXO.....	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sistema de gestão de emergências.....	13
Figura 2. Esquema do estudo de rompimento da UHE Caçu.....	19
Figura 3. Representação esquemática de entrada e saída de dados no modelo HEC-RAS.....	20
Figura 4. Cenários de ruptura da barragem Caçu.....	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estimativa da população atingida e das estruturas afetadas.....	25
Tabela 2. Estimativa da população atingida e das estruturas afetadas (sem APP).....	26
Tabela 3. Coluna d'água esperada acima das pontes.	27

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Cores padrões dos níveis de segurança.....	5
Quadro 2. Galgamento.....	10
Quadro 3. Rompimento do bloco de concreto.	10
Quadro 4. Piping/ Erosão	11
Quadro 5. Locais prováveis para formação da brecha de ruptura.	12
Quadro 6. Situações de Emergência na barragem Caçu.....	15
Quadro 7. Base de dados empregada no presente estudo.....	18

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Perfil longitudinal do Arranjo Geral (Nº Engevix 8958/00-30-DE-0002).....	32
------------------------------------------------------------------------------------	----

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice 1. Fichas de Ação.....	30
Apêndice 2. Cartas de Inundação.	31
Apêndice 3. Coordenadas das benfeitorias atingidas.	31



1 SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA

Para a confecção do PAE da UHE Caçu, levou-se em consideração as principais situações de emergência passíveis de ocorrência na barragem. O presente documento apresenta meios de descrever, avaliar e classificar os níveis de segurança das situações de emergência.

Sabendo que estas situações podem variar de acordo com as características da barragem em estudo, segundo a Agência Nacional de Águas - ANA (2015)¹, devem ser consideradas, em geral, as seguintes ocorrências:

- Eventos anormais naturais, exteriores à barragem, como: tempestades, sismos, cheias provocadas por precipitações intensas ou por ruptura de barragens a montante, bem como por ondas induzidas pelo deslizamento de encostas no reservatório;
- Eventos excepcionais provocadas pelo homem, exteriores à barragem, como: atos de guerra ou sabotagem;
- Circunstâncias anômalas de comportamento que derivam de deteriorações no corpo da barragem e/ou sua fundação, nos órgãos extravasores e seu equipamento de operação (eventos internos); e que são consequência das características da estrutura e do seu estado de manutenção, podendo incluir valores excessivos de variáveis tais como as variações do volume do concreto ou as alterações de natureza físico-química das propriedades dos materiais;
- Outras situações internas à barragem relacionadas com a exploração e operação da barragem que derivam da operação dos respectivos órgãos extravasores, ou ainda situações que podem ocorrer nas instalações da barragem, tais como incêndios, inundações e atos de vandalismo.

De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), considera-se iniciada uma situação de emergência quando:

- For observada uma situação que possa comprometer a segurança da barragem a qualquer momento;
- For observado mau funcionamento de dispositivos de descarga que propicie inundações de área a jusante a qualquer momento;

¹ AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Manual do Empreendedor – Volume IV. Guia de Orientação e Formulários dos Planos de Ação de Emergência – PAE. Brasília: ANA, 2015.



- For constatada, a qualquer momento, anomalia que resulte na pontuação maior ou igual a 10 (dez) pontos na matriz de Estado de Conservação referente a Categoria de Risco da barragem de acumulação d'água².

O operador e o responsável da barragem devem estar atentos aos três pontos supracitados em relação ao início de uma situação de emergência.

1.1 CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA

A avaliação e classificação das situações de emergência baseiam-se em quatro níveis de alerta gradualmente crescente. Os níveis de segurança obedecem a um código de cores padrão (Quadro 1).

Quadro 1. Cores padrões dos níveis de segurança.

Nível 0 (Verde) Normal	Situações normais e/ou pequenas ocorrências anômalas ou eventos externos à barragem que não comprometem sua segurança, devendo ser controladas e monitoradas ao longo do tempo. Fazem parte do cotidiano da equipe de segurança de barragens da empresa, necessitando, apenas, de notificação interna adequada.
Nível 1 (Amarelo) Atenção	Situações anômalas ou eventos externos à barragem que não comprometem sua segurança no curto prazo, devendo ser controladas, monitoradas e reparadas ao longo do tempo. A equipe de segurança de barragens da empresa deve providenciar notificações internas e externas, conforme necessidade.
Nível 2 (Laranja) Alerta	Situações anômalas ou eventos externos à barragem que representam, no curto prazo, risco à sua segurança, devendo ser tomadas, de imediato, as devidas providências para sua extinção. A equipe de segurança de barragens da empresa deve providenciar notificações internas e externas, conforme necessidade.
Nível 3 (Vermelho) Emergência	Situações anômalas ou eventos externos à barragem que representam risco de ruptura iminente, devendo ser tomadas as devidas providências para reduzir danos humanos e materiais, decorrentes de seu colapso. Deve ser efetuado o alerta antecipado.

Fonte: adaptado de ANA (2015).

² De acordo com Anexo I da Resolução MMA/CNRH nº143, de 10 de julho de 2012.



A classificação quanto aos níveis de segurança baseia-se na análise de eventos e irregularidades passíveis de ocorrência no empreendimento. Em geral, esta classificação não implica em uma ocorrência sequencial, podendo existir uma situação de nível de emergência sem que o mesmo implique na passagem por níveis de segurança inferiores.

Estabelecidos critérios de apoio à decisão e realizada a classificação quanto aos níveis de segurança e risco de ruptura, o Coordenador do PAE deve declarar, para os níveis superiores a zero, Estado de Atenção, Alerta ou Emergência, bem como executar as ações previamente descritas no presente PAE para cada nível.

O coordenador do PAE deverá ser um profissional treinado e capacitado para o desempenho da função, designado pelo empreendedor da barragem, com conhecimento total sobre as estruturas da barragem e autonomia e autoridade para mobilização de equipamentos, materiais e mão-de-obra e suprimentos diversos.

Com o presente documento, o coordenador do PAE tem subsídio para identificar as situações de emergência, para então, na Seção III (286-CAC-RT-PAE-003) buscar o procedimento de notificação adequado, bem como a definição dos responsáveis.

1.1.1 Nível 0 (Verde) - Normal

O nível mínimo de alerta (Nível 0) configura uma situação normal de rotina, onde a probabilidade de acidente grave é desprezível. Isto é, os eventos diversos e as irregularidades operacionais e gerenciais detectadas no aproveitamento não afetam a segurança da barragem, somente sua funcionalidade.

Enquadram-se neste nível, os eventos e irregularidades estáveis, sem consequências nocivas ao vale à jusante ou com lenta evolução temporal, bem como as anomalias passíveis de controle pelo empreendedor.

Neste caso, as notificações devem ser internas, uma vez que a situação pode ser resolvida internamente, cabendo a responsabilidade ao proprietário do empreendimento. Normalmente, são monitoradas pela equipe de segurança de barragens da empresa, até que, em curto ou médio prazo, seja efetuada a manutenção e reparo.

1.1.2 Nível 1 (Amarelo) - Atenção

O nível de atenção (Nível 1) corresponde a primeira escala de situações não normais, sendo caracterizado pela existência de uma situação adversa com possibilidade de comprometimento da segurança estrutural da barragem e ocorrência de danos ao vale a jusante.



Neste nível, as notificações devem ser internas, uma vez que a situação pode ser controlada internamente pelos próprios funcionários. Com exceção da Agência Fiscalizadora e/ou ANEEL e dos aproveitamentos a montante (PCH Jataí) e a jusante (UHE Barra dos Coqueiros), que deverão ser notificados.

Deve-se estabelecer, com declaração por escrito, mediante formulário adequado, a mudança de nível para o ESTADO DE ATENÇÃO na barragem. Para mais informações, consultar as fichas de emergência Nível 1.

1.1.3 Nível 2 (Laranja) - Alerta

O nível de alerta (Nível 2) configura uma situação adversa identificada no Nível 1, mas não extinta ou controlada, continuando a afetar a segurança da barragem. Neste caso, pode ocorrer um acidente a qualquer momento, uma vez que a integridade e operacionalidade da estrutura é afetada.

Enquadram-se neste nível, os eventos ou irregularidades com rápida evolução temporal, onde a tomada de decisão é realizada de forma imediata, não havendo tempo hábil para um estudo aprofundado da situação. Ressaltam-se, também, situação anormais onde não há possibilidade de controle, tornando-se indispensável a intervenção de entidades externas, bem como anomalias passíveis de agravamento, com ocorrência de graves consequências ao vale a jusante.

Devido ao risco iminente, as notificações devem ser internas e externas. Os principais agentes e órgãos a serem alertados são: (i) a população na ZAS; (ii) as entidades fiscalizadoras (ANEEL e SEMAD); (iii) os órgãos integrantes do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SNPDC) no âmbito municipal, estadual e federal; e (iv) os aproveitamentos a montante (PCH Jataí) e a jusante (UHE Barra dos Coqueiros). Seção III (286-CAC-RT-PAE-003).

Deve-se estabelecer, com declaração por escrito, mediante formulário adequado, ESTADO DE ALERTA na barragem, na Zona de Autossalvamento (ZAS) e em possíveis áreas impactadas a jusante. Para mais informações, consultar as fichas de emergência Nível 2.

1.1.4 Nível 3 (Vermelho) - Emergência

O nível de emergência (Nível 3) configura uma situação adversa de ruptura iminente. Neste caso, um acidente é inevitável, fugindo do controle dos responsáveis e afetando de maneira severa e irreversível a segurança da barragem.

Sabendo que a barragem se encontra em iminência de ruptura, enquadram-se neste nível, as situações de catástrofe inevitável, tais como:

- Cheias que promovem o galgamento da barragem;



- Sismos que originam acelerações elevadas no local da barragem; e
- Surgências com elevadas vazões e carreamento de material provocando a formação de brecha de ruptura, entre outros.

Caracterizando uma catástrofe inevitável, as notificações devem ser internas e externas. Os principais agentes e órgãos a serem alertados são: (i) a população na ZAS; (ii) as entidades fiscalizadoras (ANEEL e SEMAD); (iii) os órgãos integrantes do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SNPDC) no âmbito municipal, estadual e federal; e (iv) os aproveitamentos a montante (PCH Jataí) e a jusante (UHE Barra dos Coqueiros). Seção III (286-CAC-RT-PAE-003).

Deve-se estabelecer, com declaração por escrito, mediante formulário adequado, ESTADO DE EMERGÊNCIA na barragem, na Zona de Autossalvamento (ZAS) e em possíveis áreas impactadas a jusante. Para mais informações, consultar as fichas de emergência Nível 3.

1.2 ANÁLISE DE POTENCIAIS MODOS DE RUPTURA – APMR

De acordo com a *Federal Energy Regulatory Commission - FERC (2005)*³, a Análise dos Potenciais Modos de Ruptura (APMR) subsidia a identificação das estruturas susceptíveis a falhas estruturais da barragem. É um procedimento informal que pode ser feito a qualquer momento pelo proprietário, em conjunto ou não com terceiros, a fim de discutir maneiras de como a barragem poderia romper.

A APMR elaborada em 2016 consistiu, basicamente, no levantamento de todas as informações possíveis disponíveis sobre a barragem Caçu. Tal levantamento de informações buscou documentos e projetos sobre:

- Análise dos projetos básico e executivo das estruturas da barragem;
- Banco de dados da auscultação;
- DATUM vertical e horizontal georreferenciado do projeto;
- Estudos hidrológicos;
- Séries temporais de monitoramento pluviométricos e fluviométrico da área de drenagem da barragem, bem como da própria barragem;
- Imagens aéreas ao longo do vale à jusante da barragem;
- Histórico operacional ou séries temporais da operação do reservatório e dispositivos de descarga;

³ FEDERAL ENERGY REGULATORY COMMISSION. Dam Safety Performance Monitoring Program. FERC, USA, 2005.



- Registros de atividade sísmica recente;
- Relatório de acidentes; e,
- Caracterização demográfica ao longo do vale à jusante da barragem.

Com o desenvolvimento da APMR, a identificação das estruturas da barragem susceptíveis a falha foi subsidiada por inspeção visual e reunião entre consultora e proprietário da barragem. As seguintes questões fundamentam a APMR:

- Como e onde a barragem poderia romper?
- O que acontece se a barragem romper?
- Estão identificados os potenciais modos de ruptura e estão sendo apropriadamente monitorados por inspeções visuais e auscultação?
- Quais ações poderiam ser tomadas para reduzir áreas atingidas pelo rompimento da barragem ou mitigar as consequências desse evento catastrófico?

Em relação à UHE Caçu, foram desenvolvidas reuniões de alinhamento e discussão quanto aos potenciais modos de ruptura, envolvendo as partes interessadas. A reunião teve como intuito, analisar as características da barragem, através dos registros da inspeção visual e da revisão documental do empreendimento, em busca de regiões críticas das estruturas de terra, enrocamento e concreto. Identificando pontos estruturalmente vulneráveis, os potenciais modos de ruptura são padronizados e compõem os cenários para obtenção das manchas de inundação.

Conforme as diretrizes de FERC (2005), as perguntas “Como a barragem poderia romper?” e/ou “Como a barragem pode chegar a uma situação de emergência?” balizaram a composição dos modos de ruptura e emergência da UHE Caçu.

Desta forma, seis modos de ruptura foram identificados e justificados durante a reunião entre a consultora e o proprietário. Esses modos de ruptura determinaram as formas que a barragem poderá romper segundo situações de emergência, as quais estão detalhadas nas fichas de ação. Os seis modos de ruptura estão subdivididos em: Galgamento, Rompimento do Bloco de Concreto e Formação de *piping* (erosão interna do corpo da barragem de terra e de enrocamento).

Cabe salientar que, para todos os casos de rompimento da UHE Caçu, será considerada a possibilidade do desenvolvimento de um rompimento em cascata, segundo as características da onda induzida pela ruptura.



1.2.1 Galgamento

Quadro 2. Galgamento.

Modo de ruptura	Causa	Evidência/consequência
Modo 1 (G1) – Problemas no sistema de comportas devido à obstrução com galgamento da barragem e erosão superficial, com formação de brecha, da barragem de terra e enrocamento.	Obstrução de comportas por perda de comando, falta de energia, sabotagem, colapso do sistema de acionamento das comportas, reação álcali agregado, etc.	<ul style="list-style-type: none"> Ausência de fonte de energia; Impedimento do movimento da comporta; Desalinhamento ou emperramento de comportas; Galgamento e ruptura de aterro.
Modo 2 (G2) – Problemas em comportas devido à obstrução com galgamento, escorregamento e/ou tombamento da barragem de concreto.	Evento de magnitude excepcional.	Ocorrência de eventos naturais de chuvas intensas.
	<ul style="list-style-type: none"> Obstrução dos vãos do vertedouro; Comporta inoperante. 	Presença de detritos e troncos de madeira flutuantes.
	<ul style="list-style-type: none"> Erosão no pé jusante da estrutura de concreto, por galgamento; Ocorrência de combinação de carregamentos que favoreçam o tombamento da estrutura. 	Galgamento de ruptura de fundação no pé do bloco de concreto.

1.2.2 Rompimento do bloco de concreto

Quadro 3. Rompimento do bloco de concreto.

Modo de ruptura	Causa	Evidência/consequência
Modo 3 (RB1) – Rompimento do bloco de concreto entre as estacas 13+00 e 16+00, ao longo do do C.C.R do perfil vertente, conforme projeto básico consolidado e inspeção visual.	Falha de tratamento da fundação com surgimento de plano de deslizamento no maciço.	<ul style="list-style-type: none"> Surgimento de pontos de ruptura do concreto; Reação álcali agregado; Deslizamento diferencial entre blocos; Aparecimento ou intensificação de infiltrações de água nas estruturas; Ruptura do bloco de concreto.
Modo 4 (RB2) – Rompimento da viga munhão nos pilares do vertedor.	Falha de concretagem por erro de dosagem, controle de temperatura, oxidação e/ou falha de armadura e de tendões protendidos, entre outros.	<ul style="list-style-type: none"> Reação álcali agregado; Fissuramento, trincas e rachaduras; Desalinhamento ou emperramento de comportas; Ruptura da viga munhão.

Modo de ruptura	Causa	Evidência/consequência
	Ocorrência de combinação de carregamentos que favoreçam o arrancamento da estrutura.	<ul style="list-style-type: none"> • Movimentação da estrutura; • Desalinhamento ou emperramento de comportas; • Ruptura da viga munhão, arrancamento de comportas e/ou destruição de parte do pilar e escoamento controlado de água.

1.2.3 Piping/ Erosão

Quadro 4. Piping/ Erosão

Modo de ruptura	Causa	Evidência/consequência
Modo 5 (P1) – Rompimento por erosão interna em condição normal de operação.	Falha do sistema de drenagem interna.	<ul style="list-style-type: none"> • Surgência de água; • Carreamento de partículas; • Aumento de poropressão (leitura dos piezômetros); • Redução de vazão (leitura dos medidores de vazão); • Subsidência; • Vazão descontrolada e ruptura do aterro e/ou fundação.
Modo 6 (P2) – Rompimento por erosão interna em condição de vertimento da cheia de projeto.	<ul style="list-style-type: none"> • Gradientes hidráulicos elevados; • Falha do sistema de drenagem interna. 	<ul style="list-style-type: none"> • Surgência de água; • Carreamento de partículas; • Aumento ou redução de poropressão (leitura dos piezômetros); • Aumento ou redução de vazões. • Subsidência; • Vazão descontrolada do aterro e/ou fundação.
	<ul style="list-style-type: none"> • Fluxo concentrado no contato/interface com estrutura de concreto. • Fluxo preferencial criado por vegetação e/ou animais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Surgência de água; • Carreamento de partículas; • Aumento de poropressão (leitura dos piezômetros); • Formação de trincas no contato entre estruturas; • Subsidência; • Vazão descontrolada e ruptura do aterro e/ou fundação.

1.3 ESTRUTURAS AVALIADAS

O desenvolvimento da APMR determina a identificação das estruturas sensíveis da barragem UHE Caçu, conforme inspeção visual regular:

- Ombreira Direita (OD);
- Barragem de Terra da Margem Direita (BTMD);
- Barragem de Enrocamento da Margem Direita (BEMD) – Abraço Direito;
- Muro de Ligação ou Barragem de Gravidade Direita (MLD);
- Tomada d'Água (TA) e Casa de Força (CF);
- Muro de Ligação Central (MLC) e Estrutura de Desvio;
- Vertedouro de Superfície (VS) – Soleira Controlada;
- Barragem de Enrocamento e de Transição da Margem Esquerda (BEME);
- Barragem de Terra da Margem Esquerda (BTME); e,
- Ombreira Esquerda (OE).

Detalhes destas estruturas encontram-se ilustrados na Seção I (286-CAC-RT-PAE-001).

Os possíveis locais de formação da brecha de ruptura da UHE Caçu estão resumidos no Quadro 5. A identificação destes pontos foi realizada mediante informações da planta de corte longitudinal do arranjo geral do projeto básico consolidado (Anexo 1 - 8958/00-30-DE-0002).

Quadro 5. Locais prováveis para formação da brecha de ruptura.

Estrutura	Local da estaca
Barragem de Enrocamento e de Transição da Margem Esquerda (BEME) e Barragem de Terra da Margem Esquerda (BTME)	20+00 até 41+00
Munhão do vertedor	14+00 até 16+00
Muro de Ligação Central (MLC) e Estrutura de Desvio e Vertedouro de Superfície (VS) – Soleira Controlada	13+00 até 19+00

1.4 DETECÇÃO E AVALIAÇÃO DAS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA

Com a apresentação dos níveis de segurança e da APMR, a operacionalização do PAE inicia-se pela detecção das potenciais situações de risco passíveis de ocorrência na barragem em estudo. Para tanto, faz-se uso de monitoramentos periódicos, devendo ser realizadas inspeções de segurança regular aos diferentes componentes do empreendimento, bem como a análise dos resultados da instrumentação da barragem e seu reservatório. Somadas as inspeções de segurança regular, deve-

se manter todo o procedimento de inspeção visual rotineira, bem como leitura dos equipamentos de auscultação com periodicidade adequada.

A Figura 1 sumariza os níveis apresentados anteriormente, inserindo-os dentro de um sistema de Gestão de Segurança, desde o procedimento de inspeção e detecção com classificação dos níveis de emergência até as ações de resposta.

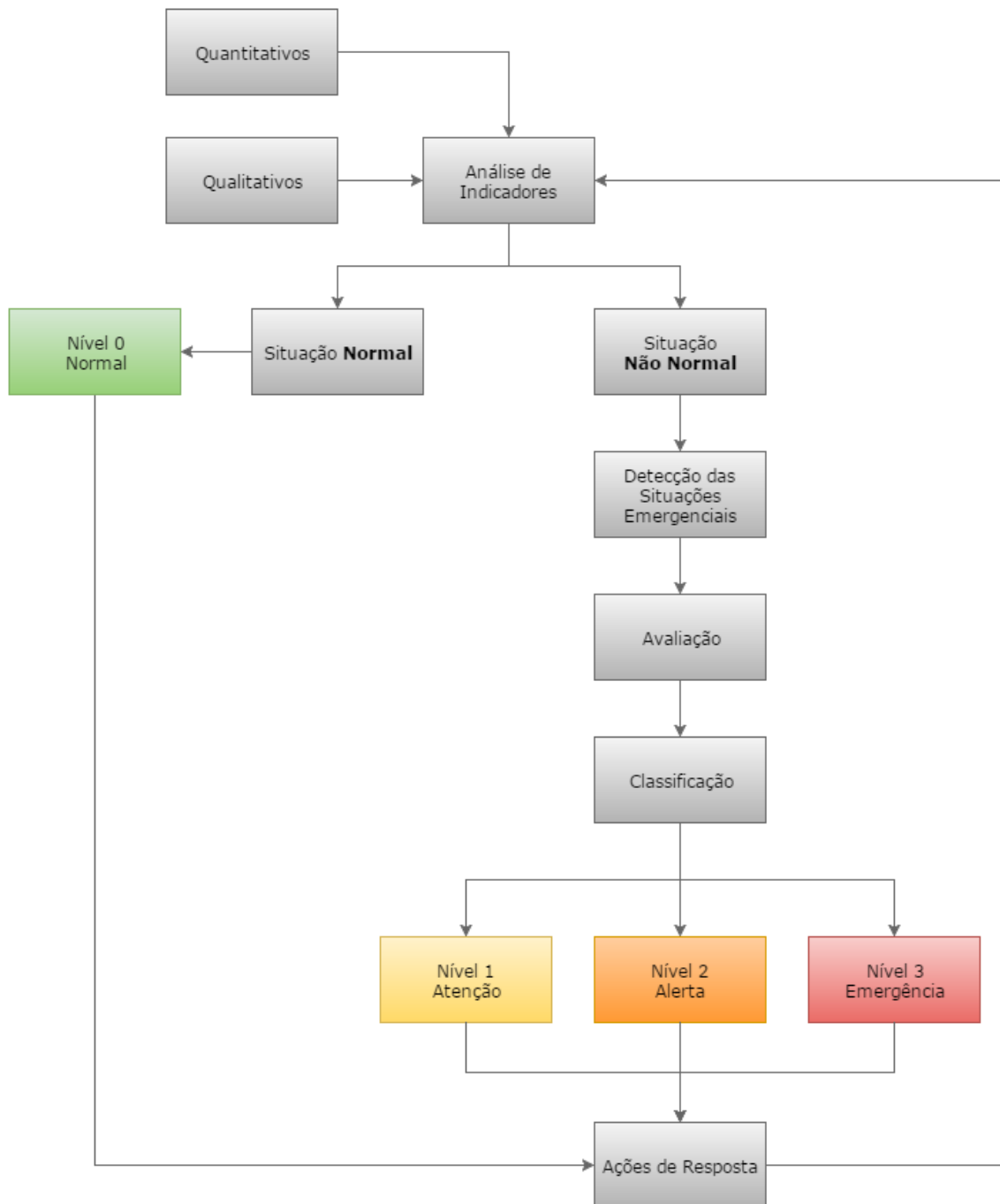


Figura 1. Sistema de gestão de emergências.



De forma a facilitar a avaliação das situações de emergência e classificação quanto ao seu nível, são definidos indicadores qualitativos e quantitativos baseados nas características da UHE Caçu. Dessa forma, considera-se indicadores qualitativos ou evidências, todos os eventos naturais e anomalias na usina que possam vir a contribuir para o prejuízo da segurança das estruturas da obra, bem como do vale a jusante. Por sua vez, os indicadores quantitativos são definidos com base na variação numérica das grandezas consideradas essenciais para a boa operacionalidade do empreendimento.

Sabendo que o monitoramento, análise e classificação das situações de emergência são de suma importância para o bom desenvolvimento do Plano de Ações Emergenciais da UHE Caçu, os formulários das inspeções de segurança da barragem devem sempre estar disponíveis junto ao PAE, facilitando a consulta aos critérios de caracterização dos níveis de emergência.

Os principais modos de falha com potencial para geração de situações de emergência, os indicadores qualitativos e quantitativos para cada uma dessas situações, assim como a classificação quanto aos níveis de emergência, estão sintetizados nos itens a seguir. Cabe salientar que, eventualmente, possam vir a ocorrer situações diferentes das apresentadas, por dificuldade de previsão antecipada de sua ocorrência. Estes cenários podem ser identificados durante as atividades de rotina dos operadores da usina e/ou por meio das inspeções periódicas.

1.4.1 Indicadores Qualitativos

O Quadro 6 expõe as situações de emergência detectáveis para a UHE Caçu, caracterizando-as quanto ao seu modo de falha, suas classificações quanto ao nível de segurança e respectiva ficha de ação da emergência. Estas podem ser consultadas no Apêndice 1.

Os potenciais modos de ruptura das estruturas de terra e enrocamento estão condicionados aos modos da APMR: Modo 1, Modo 5 e Modo 6. Os potenciais modos de ruptura das estruturas de concreto estão condicionados aos modos da APMR: Modo 2, Modo 3 e Modo 4.

Tanto para a estrutura de terra e enrocamento, quanto para a estrutura de concreto, a ruptura da barragem é representada por um dos modos de ruptura e está associada à detecção da situação de emergência (situação em cor vermelha).



Quadro 6. Situações de Emergência na barragem Caçu.

TERRA ENROCAMENTO			
Ocorrência	Situação	Nível	Ficha
Sismos	Na ocorrência de sismos deve-se percorrer toda a barragem, inspecionando suas estruturas e identificando possíveis anomalias, tais como: ocorrência de cheias, trincas, depressões ou abatimentos, surgência, vazamento e umidade. Identificada a anomalias, deve-se avaliar sua magnitude e adotar as ações propostas na respectiva ficha.		
Cheia	Evento de cheia associado à dispositivos de descarga operativos e cota controlada, abaixo do NA <i>Maximo Maximorum</i> .	0	3
	Evento de cheia associado à dispositivos de descarga inoperantes e/ou operantes e nível do reservatório subindo, mas ainda abaixo do NA <i>Maximo Maximorum</i> .	1	9
	Evento de cheia associado à dispositivos de descarga inoperantes e/ou operantes, mas com galgamento da barragem iminente.	2	15
	O processo evoluiu causando formação de brecha de ruptura. A ruptura está em avanço ou já ocorreu.	3	19
Trincas, depressões ou abatimentos	Trincas/depressões/abatimentos, monitoradas ou não, documentados ou não, mas somente superficiais.	0	2
	Trincas/depressões/abatimentos, profundos e/ou que não se estabilizam; com percolação de água; com identificação de surgências a jusante nos locais das trincas; transversais atravessando todo o corpo da barragem de montante para jusante	1	8
	Trincas/depressões/abatimentos, profundos e/ou que não se estabilizam apresentando percolação e transporte de material e/ou possibilidade de galgamento e/ou erosão interna	2	14
	O processo evoluiu causando formação de brecha de ruptura. A ruptura está em avanço ou já ocorreu.	3	19
Surgência/Vazamento/Umidade	Surgência/vazamento/umidade nos taludes ou ombreiras, não documentadas, mas sem pressão de água e/ou transporte de material	0	1
	Surgência/vazamento/umidade nos taludes ou ombreiras, documentadas ou não, com alteração de coloração do fluido, aumento de área e/ou vazão	1	7
	Surgência/vazamento/umidade nos taludes ou ombreiras com vazão elevada e grande quantidade de transporte de material evidenciando processo de erosão interna em andamento	2	13



TERRA ENROCAMENTO			
Ocorrência	Situação	Nível	Ficha
	O processo evoluiu causando formação de brecha de ruptura. A ruptura está em avanço ou já ocorreu.	3	19
Escorregamento de taludes	Escorregamentos em forma de cunha e/ou plano superficial de pequena profundidade ou extensão.	0	4
	Escorregamentos em forma de cunha/plano/circular chegando próximo ao núcleo ou afetando menor parte do talude.	1	10
	Escorregamentos em forma de cunha/plano/circular instabilizando núcleo e/ou maior parte do talude	2	16
	O processo evoluiu causando formação de brecha de ruptura. A ruptura está em avanço ou já ocorreu.	3	19
CONCRETO			
Ocorrência	Situação	Nível	Ficha
Sismos	Na ocorrência de sismos deve-se percorrer a barragem, inspecionando suas estruturas e identificando possíveis ocorrências de movimentação da barragem de concreto, fissuras, trincas e rachaduras. Identificada a anomalias, deve-se avaliar sua magnitude e adotar as ações propostas na respectiva ficha.		
Movimentação Barragem de Concreto	Deslizamento e/ou tombamento e/ou abertura e/ou afundamento dentro dos limites de projeto	0	5
	deslizamento e/ou tombamento e/ou abertura e/ou afundamento próximo aos limites de projeto	1	11
	Deslizamento e/ou tombamento e/ou abertura e/ou afundamento ultrapassaram os limites de projeto e a estrutura se apresenta aumento constante de movimentação.	2	17
	O processo evoluiu causando deslizamento e/ou tombamento e/ou ruptura de um ou mais blocos, ou de estruturas de extravasamento	3	20
Fissuras, Trincas e Rachaduras	Fissuras/Trincas/Rachaduras estáveis e/ou superficiais.	0	6
	Fissuras/Trincas/Rachaduras profundas que não se estabilizam; com a percolação de água com baixa vazão ou pressão.	1	12
	Fissuras/Trincas/Rachaduras profundas que não se estabilizam; com a percolação de água com elevada pressão e/ou lixiviação de material. Expansão do concreto trazendo problemas à operação de equipamentos mecânicos.	2	18
	O processo evoluiu causando deslizamento e/ou tombamento e/ou ruptura de um ou mais blocos, ou de estruturas de extravasamento	3	20



1.4.2 Indicadores Quantitativos

Os procedimentos operacionais de controle do reservatório da UHE Caçu estão sumarizados no documento “Procedimento Operacional do Reservatório – UHE Caçu (CAC-US-3H-RL-0005-0A)”, somente para o nível operacional $NA_{\text{reservatório}} = 477,00$ manm. Não existindo procedimentos operacionais para outros níveis d’água do reservatório, bem como para operacionais excepcionais associados a situações de atenção, alerta e emergência.

O manual de operação do empreendimento deve ser atualizado, prevendo regras operativas a níveis de segurança para operação Normal, Normal de Atenção e Emergência, com a identificação das variáveis de estado para operação hidráulica do barramento e do reservatório. As variáveis de estado podem ser definidas como: Cota NA no Reservatório; Cota NA no canal de fuga; Cota do NA na cidade de Caçu; Número de grupos geradores em operação; Potência gerada pela usina; Configuração das comportas do vertedouro; Vazão afluente ao reservatório; Vazão vertida; Vazão turbinada; e, Vazão defluente do reservatório.

2 ANÁLISE DA RUPTURA DA BARRAGEM

A análise computacional da ruptura hipotética de barragem é um procedimento necessário em estudos de segurança de barragens. A delimitação da mancha de inundação passa a ser um elemento importante na quantificação das áreas possivelmente atingidas ao longo do vale a jusante do barramento.

O estudo elaborado em 2016 aplicou um modelo numérico unidirecional para representar a propagação da onda de cheia proveniente da ruptura da UHE Caçu, localizada no rio Claro a montante da UHE Barra dos Coqueiros. O vale a jusante da UHE Caçu é encaixado, com declividades acentuadas, da ordem de 0,10%, e presença de corredeiras. O emprego de um modelo numérico hidrodinâmico unidirecional é adequado e confiável na representação dos processos de escoamento, conforme discussões apresentadas por USACE (2014) sobre estudos de ruptura de barragens.

A parametrização da ruptura da UHE Caçu, para cada modo de ruptura, está de acordo com recomendações de Schaeffer (1992), guia de estudos de ruptura de barragens do Estado de Washington no EUA, e USACE (2014).

2.1 DADOS UTILIZADOS

O presente estudo de ruptura de barragens empregou diferentes fontes de dados no desenvolvimento do modelo numérico, para representação da onda de cheia pela ruptura do



barramento Caçu. Deve-se ressaltar que todo o estudo de ruptura foi realizado de forma integrada com a UHE Barra dos Coqueiros, devido a possibilidade de ruptura em cascata.

Os aproveitamentos a montante da UHE Caçu não apresentam informações sobre estudos similares. Desta forma, cabe salientar que não foi possível considerar o cenário de ruptura iniciado por aproveitamentos de montante, onde o ato desencadeador seria a onda de cheia de ruptura na cascata.

O Quadro 7 resume as fontes dos dados e os tipos de informações empregados no presente estudo.

Quadro 7. Base de dados empregada no presente estudo.

Tipo de base dados	Variável
Hidrológico – Oficial (ANA)	Séries temporais de vazão das estações fluviométricas Fazenda Rondinha - 60907000 e Canhoeira Alta – 60905000.
Especificações técnicas do vertedouro	Dimensões dos vãos e características técnicas do sistema de comportas das UHE Caçu e UHE Barra dos Coqueiros.
Curva cota-área-volume dos reservatórios	Curvas cota-área-volume dos reservatórios das UHE Caçu e UHE Barra dos Coqueiros.
Topobatimetria	<ul style="list-style-type: none">Levantamento topográfico de 50 seções transversais ao longo de 90 km a jusante da UHE Caçu. A UHE Barra dos Coqueiros está inclusa neste trecho.Modelo digital de superfície SRTM-NASA, com resolução planimétrica de amostragem igual a 30 m.
Base cadastral georreferenciada	Identificação de benfeitorias existentes no trecho em estudo (área urbana e rural), por reconhecimento de imagens de satélite.

2.2 DESCRIÇÃO DO MODELO NUMÉRICO HIDRODINÂMICA

A análise desenvolvida em 2016 empregou o modelo numérico HEC-RAS, versão 4.1. O HEC-RAS 4.1 (HEC, 2010) é um modelo numérico hidrodinâmico com solução unidirecional contemplando o cálculo dos perfis de superfície d'água em escoamento permanente e não permanente para canais com superfície livre.

Este é um modelo difundido mundialmente com diversas aplicações em diferentes condições, sendo recomendado pela FEMA (*Federal Emergency Management Agency*) dos EUA. Sua formulação é baseada nas equações da conservação do momento de St. Venant.

O modelo HEC-RAS permite simular a formação da brecha de ruptura, a qual é parametrizada geometricamente e temporalmente. O processo de ruptura é acoplado ao modelo hidrodinâmico, desta forma, ao longo da formação da brecha, o modelo HEC-RAS já inicia a propagação da onda



ao longo do vale à jusante em regime não permanente e não uniforme. A simulação passa a ser dinâmica empregando as equações de momento de St. Venant, segundo o estado da arte na engenharia hidráulica.

2.3 FLUXOGRAMA

O presente estudo contemplou uma extensão de rio de, aproximadamente, 90 km, desde o eixo da barragem da UHE Caçu, incluindo o empreendimento da UHE Barra dos Coqueiros, até o reservatório da UHE Eng. José Luiz Muller de Godoy, antiga Foz do rio Claro.

A Figura 2 ilustra o esquema da direção do escoamento ao longo da rede de drenagem fluvial para o estudo de ruptura da barragem. Melhor entendimento visual da área estudo pode ser alcançado analisando nas cartas de inundação no Apêndice 2.

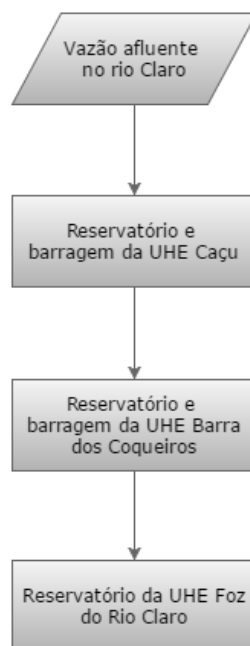


Figura 2. Esquema do estudo de rompimento da UHE Caçu.

O modelo HEC-RAS foi desenvolvido empregando dados topográficos, fluviométricos e informações do projeto básico consolidado e executivo das barragens Caçu e Barra dos Coqueiros (Figura 3).

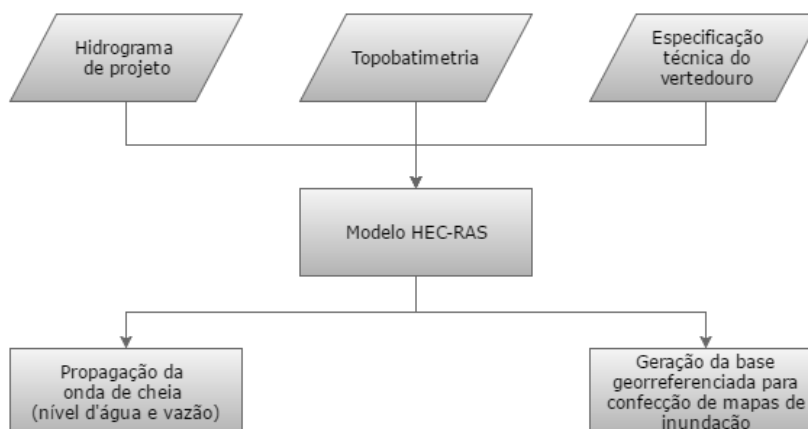


Figura 3. Representação esquemática de entrada e saída de dados no modelo HEC-RAS.

O modelo HEC-RAS foi desenvolvido com 50 seções transversais georreferenciadas, espaçadas, em média, a cada 1800 m. A condição de contorno a montante é definida por vazão de referência e hidrograma de projeto, defluentes da barragem Caçu. Já a condição de contorno a jusante é definida pelo nível operacional do reservatório da UHE Eng. José Luiz Muller de Godoy Pereira, antiga Foz do Rio Claro.

2.4 HIPÓTESES DE RUPTURA

No caso do galgamento de uma barragem de terra, o processo de erosão do talude iniciará no talude jusante da barragem. A passagem da água fará com que o talude eroda regressivamente, afundado em direção ao centro de seu corpo. Segundo USACE (2014), este processo erosivo desagrega a crista da barragem, progressivamente, passando de um escoamento tipo vertedor soleira espessa para vertedor soleira delgada. Este processo, conceitualmente, é representado numericamente pela variação do valor adotado no coeficiente de descarga associado ao barramento.

A evolução do processo erosivo do talude progredirá em direção ao talude montante do barramento até atingir o nível do leito do rio, alargando a brecha de ruptura. Assim, o coeficiente de descarga associado ao barramento volta a se aproximar da faixa para escoamento tipo vertedor soleira espessa.

Para o caso de ruptura por formação de erosão hídrica interna na barragem de terra, levando ao *piping*, a fuga d'água pelo macroporo formado pelo escoamento preferencial erode o interior do corpo da barragem, transporta o material presente em seu núcleo no sentido de jusante. Este processo gera uma progressão do tamanho da abertura formada pelo *piping*, aumentando a vazão e o transporte de material do interior da barragem. Inicialmente, tal processo pode ser representado numericamente por um orifício pressurizado.

Com o aumento da erosão em seu interior, evoluindo no talude jusante e progredindo em direção ao talude montante, num determinado momento, a massa remanescente do corpo da barragem na parte superior do *piping* colapsará, mudando o escoamento pressurizado para escoamento livre. A partir deste momento, a brecha passa a evoluir lateralmente ganhando largura, em especial pelo golpe súbito de obstrução parcial do fluxo devido à queda de material, se comportando como descrito no parágrafo anterior.

Para uma barragem de concreto é costumeiramente adotada a hipótese da ocorrência de colapso da estrutura, por completo ou de blocos de concretagem (ou monólitos), formando uma brecha, praticamente, instantânea.

Para a UHE Caçu, através da Análise de Potenciais Modos de Ruptura (APMR), foram definidos 6 (seis) modos de ruptura, que abrangem as principais formas de rompimento da barragem. Tais modos de ruptura contemplam a ocorrência de:

- Galgamento,
- *Piping*; e
- Colapso das estruturas de concreto.

Desta forma, 6 (seis) simulações de ruptura foram desenvolvidas para a confecção das cartas de inundação da UHE Caçu. As brechas foram calculadas para o pior caso, respeitando a proporcionalizada $1,6 < ER/H_w < 21$, preconizada por VON THUN & GILLETTE (1990).

2.5 CENÁRIOS DE SIMULAÇÃO

Os seguintes cenários de rompimento foram definidos, segundo os modos de ruptura elencados na APMR:

- **Modo 1** – Problemas no sistema de comportas devido à obstrução com galgamento da barragem e erosão superficial, com formação de brecha, da barragem de terra e/ou enrocamento;
- **Modo 2** – Problemas em comportas devido à obstrução com galgamento e tombamento da barragem de concreto;
- **Modo 3** – Rompimento do bloco de concreto entre as estacas 13+00 e 16+00, ao longo do CCR do perfil vertente, conforme projeto básico consolidado e inspeção visual;
- **Modo 4** – Rompimento do munhão nos pilares do vertedor;
- **Modo 5** – Rompimento por erosão interna (*piping*) em condição normal de operação; e,
- **Modo 6** – Rompimento por erosão interna (*piping*) em condição normal de vertimento da cheia de projeto.



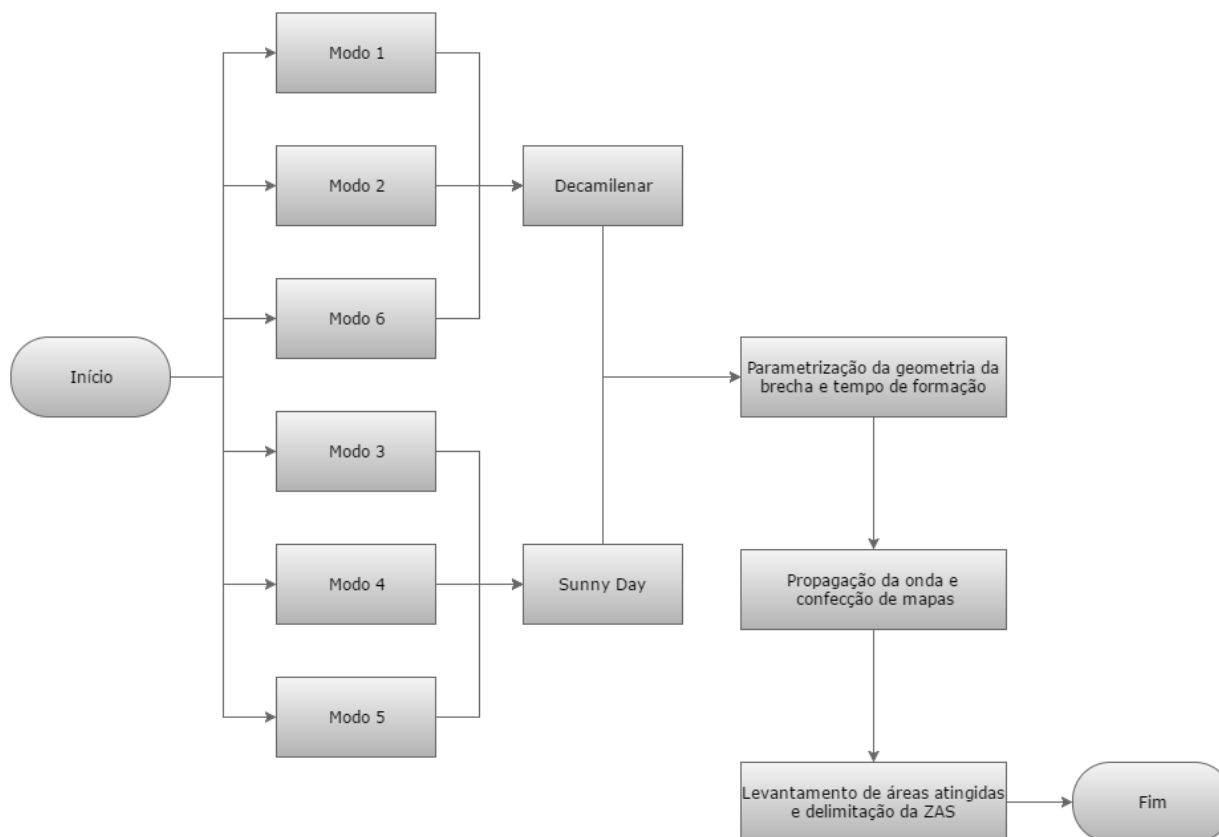


Figura 4. Cenários de ruptura da barragem Caçu.

Os 6 (seis) modos de ruptura hipotética identificados poderão se concretizar caso o nível 3 de segurança (emergência) seja atingido. Este é identificado em cor vermelha nos quadros de situações de emergência.

2.6 PROPAGAÇÃO HIDRODINÂMICA DA ONDA DE RUPTURA

A análise hidrodinâmica da onda de ruptura hipotética da barragem Caçu foi desenvolvida com a simulação de 6 (seis) cenários, variando o modo de ruptura segundo duas condições hidrológicas distintas (Figura 4), *sunny-day* e *decamilenar*. *Sunny-day* representa o rompimento numa condição normal de operação, sem ocorrência de evento hidrológico anormal.

As características hidrodinâmicas da onda induzida pela ruptura da barragem Caçu são de magnitude catastrófica. O padrão de velocidades e a coluna d'água na área atingida apresentam alto potencial destrutivo. A inundação hidrodinâmica (HxV), também chamada de risco ou perigo hidrodinâmico, indica velocidades maiores do que 2 m/s e profundidades maiores que 2 m. Neste contexto, são esperados, com a ruptura do barramento Caçu, danos estruturais nas benfeitorias atingidas e erosão da calha principal do rio Claro.

O perigo hidrodinâmico é maior do que $5 \text{ m}^2/\text{s}$ ao longo da Zona de Autossalvamento (ZAS) da barragem Caçu, bem como na de Barra dos Coqueiros, na ocorrência de ruptura em cascata. Esta situação implica alta capacidade destrutiva da onda. Nesse nível de perigo carros são carregados e infraestrutura destruídas. O risco à vida humana é alto.

2.7 CARTAS DE INUNDAÇÃO

Mediante os resultados obtidos com os cenários de ruptura, fez-se a identificação da Zona de Autossalvamento (ZAS), bem como a fotointerpretação do trecho de, aproximadamente, 90 km a jusante do barramento. Os mapas de inundação, por estarem georreferenciados e plotados em pranchas padronizadas, segundo ABNT, são chamados de cartas de inundação.

Toda a informação estratégica, para fins de subsidiar ações em momentos de crise, está sumarizada nas pranchas das cartas de inundação. São apresentados os resultados hidráulicos de:

- Vazão de pico;
- Cota máxima da inundação induzida;
- Tempos de chegada da frente de onda; e
- Risco ou Perigo hidrodinâmico na Zona de Autossalvamento (ZAS) e em regiões críticas das manchas de inundação.

Em cada prancha das cartas de inundação, há tabelas com coordenadas das benfeitorias atingidas.

Segundo recomendação da FEMA – *Federal Emergency Management Agency* (2013) dos EUA, a incerteza altimétrica deve ser apresentada nas cartas de inundação. Esta é uma constante em estudos de ruptura de barragens, sendo diversas as fontes desta incerteza.

A incerteza altimétrica da ruptura na representação espacial das manchas de inundação da ruptura de UHE Caçu é, em média, de 6 m, em relação a uma cota de referência. Tal incerteza é decorrente do produto SRTM 30 da NASA.

Hidraulicamente a cota de inundação calculada na modelagem numérica apresenta uma incerteza menor do que 0,50 m (MAPGEO, 2015), pois o modelo numérico hidráulico foi subsidiado com dados topobatimétricos levantados em campo. Tais incertezas, do produto SRTM 30 da NASA, não prejudicam as conclusões do estudo e ainda garantem margem de segurança na delimitação das áreas atingidas. Futuramente recomenda-se investimentos em modelo digitais de terreno de melhor precisão, a fim de melhorar a representação espacial da mancha de inundação.



As cotas de inundação calculadas pelo modelo numérico HEC-RAS não incorporam a incerteza de 6 m, pois não foram simuladas com base no produto SRTM 30 da NASA. Este produto da NASA serviu para representação gráfica e a modelagem foi elaborada com base em levantamento de campo. Tal informação garante a confiabilidade do presente estudo, bem como a aplicabilidade dos resultados da simulação hidráulicas para fins de planejamento e gerenciamento de risco.

Todas as informações hidráulicas da ruptura hipotética da UHE Caçu encontram-se resumidas e georreferenciadas nas cartas de inundação para os seis modos de ruptura identificados na APMR (Apêndice 2).

2.7.1 Zona de Autossalvamento

De acordo com recomendações de FEMA (2013) e FERC (2014), bem como documentação da ANA, 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. Seu tamanho é definido pela maior das seguintes distâncias: 10 km ou a extensão que corresponda ao tempo de chegada da onda de inundação igual a trinta minutos.

Tendo em vista que a distância percorrida pela onda no intervalo de 30 min é inferior a 10 km, definiu-se a Zona de Autossalvamento (ZAS) da barragem Caçu como a distância de 10 km a jusante de seu barramento. Da mesma forma, considerando o rompimento em cascada, definiu-se a Zona de Autossalvamento (ZAS) da barragem de Caçu como a distância de 10 km a jusante de seu barramento.

O alerta antecipado para as pessoas na Zona de Autossalvamento (ZAS) é de responsabilidade da Kinross Brasil Mineração S/A, a qual deverá fornecer subsídios para a orientação de evacuação dos cidadãos potencialmente atingidos.

As cartas de inundação, nas pranchas de detalhes, indicam as rotas de fuga e pontos de encontro que suportam o procedimento de evacuação, e serão devidamente sinalizadas até julho/2019



2.7.2 Área atingida

O levantamento das estruturas e pontos vulneráveis foi realizado por fotointerpretação de imagens de satélite⁴, sendo identificadas benfeitorias, estruturas e pontes ao longo da Zona de Autossalvamento (ZAS) e de todo vale a jusante, atingidas pela onda induzida pela ruptura hipotética da barragem Caçu (Apêndice 3).

Nas pranchas das cartas de inundação (Apêndice 2) estão representadas as tabelas de identificação das benfeitorias atingidas, com as respectivas coordenadas em UTM, para cada modo de ruptura da barragem Caçu. Considerando uma média de 3,34 habitantes por economias, dado apresentado pelo IBGE no Censo 2010, a estimativa de economias afetadas encontra-se ilustrada na Tabela 1.

Tabela 1. Estimativa da população atingida e das estruturas afetadas.

Cenário de Ruptura	Número aproximado de atingidos (Benfeitorias)		Estruturas da barragem (Qtd)	
	ZAS	Total	UHE Caçu	UHE Barra dos Coqueiros
Modo 1	97	247	3	3
Modo 2	26	162	3	3
Modo 3	17	53	1	3
Modo 4	11	35	1	3
Modo 5	78	219	3	3
Modo 6	79	223	3	3

A população atingida, baseado na média de 3,34 habitantes por economia⁵, é estimada em:

- Modo 1: 825 pessoas;
- Modo 2: 541 pessoas;
- Modo 3: 177 pessoas;
- Modo 4: 117 pessoas;
- Modo 5: 732 pessoas; e,
- Modo 6: 745 pessoas.

⁴ Mosaico com imagens de satélite obtidas entre os anos de 2010 e 2013.

⁵ IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico de 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>> Acesso em 05 de maio de 2016.



A população na Zona de Autossalvamento (ZAS), onde a Kinross Brasil Mineração S/A, deverá providenciar apoio e suporte, segundo a média de 3,34 habitantes por economia, é estimada em:

- Modo 1: 324 pessoas;
- Modo 2: 87 pessoas;
- Modo 3: 57 pessoas;
- Modo 4: 37 pessoas;
- Modo 5: 261 pessoas; e,
- Modo 6: 264 pessoas.

De acordo com o Código Florestal (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012), são consideradas áreas de preservação permanente (APP) aquelas protegidas nos termos da lei, cobertas ou não por vegetação nativa, com as funções ambientais de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade e o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. A Tabela 2 apresenta uma estimativa da população atingida, suprimindo os residentes na APP da região.

Tabela 2. Estimativa da população atingida e das estruturas afetadas (sem APP).

Cenário de Ruptura	Número aproximado de atingidos (Economias)		Estruturas da barragem (Qtd)	
	ZAS	Total	UHE Caçu	UHE Barra dos Coqueiros
Modo 1	91	230	3	3
Modo 2	22	146	3	3
Modo 3	13	37	1	3
Modo 4	8	23	1	3
Modo 5	74	202	3	3
Modo 6	74	205	3	3

A população atingida, baseado na média de 3,34 habitantes por economia⁶, é estimada em:

- Modo 1: 769 pessoas;
- Modo 2: 488 pessoas;
- Modo 3: 124 pessoas;
- Modo 4: 77 pessoas;

⁶ IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico de 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>> Acesso em 05 de maio de 2016.



- Modo 5: 675 pessoas; e,
- Modo 6: 685 pessoas.

A população na Zona de Autossalvamento (ZAS), onde a Kinross Brasil Mineração S/A, deverá providenciar apoio e suporte, segundo a média de 3,34 habitantes por economia, é estimada em:

- Modo 1: 304 pessoas;
- Modo 2: 74 pessoas;
- Modo 3: 44 pessoas;
- Modo 4: 27 pessoas;
- Modo 5: 248 pessoas; e,
- Modo 6: 248 pessoas.

2.8 RESTRIÇÕES LOCAIS

Algumas restrições de mobilidade podem ser descritas. Dentre elas, o acesso aos municípios de Caçu e Cachoeira Alta, GO, realizados pelas pontes GO-206 e BR-174, respectivamente. A coluna d'água esperada em relação à cota superior do tabuleiro destas estruturas, para cada modo de ruptura, encontra-se exposta na Tabela 3. Da mesma forma, os valores esperados na ponte da BR-483, em Itaguaçu, GO, estão descritos abaixo.

Tabela 3. Coluna d'água esperada acima das pontes.

Modo de ruptura	Coluna d'água acima da geratriz superior do tabuleiro (m)		
	Ponte GO-206	Ponte BR-174	Ponte BR-483
Modo 1	10,61	16,80	11,99
Modo 2	Sem galgamento	16,21	11,55
Modo 3	Sem galgamento	Sem galgamento	3,23
Modo 4	Sem galgamento	Sem galgamento	2,63
Modo 5	10,00	16,93	11,80
Modo 6	9,93	16,83	12,23

As pontes da GO-206 e BR-174 estão dentro da Zona de Autossalvamento (ZAS). Em momento de crise os acessos são impossibilitados e as pontes devem ser interditadas.

No distrito de Itaguaçu, no município de São Simão, GO, a ponte da BR-483 deverá estar interditada. Assim como em Caçu e Cachoeira Alta, GO, algumas estradas rurais podem ser atingidas ao longo do vale a jusante.



2.9 ESTRATÉGIA, RECURSOS E MEIO DE DIVULGAÇÃO E ALERTA

O aviso, bem como divulgação, de situações de emergência deve ser realizado pelo uso de sinais visuais, sonoros e apoio logístico.

A Kinross Brasil Mineração S/A é responsável pelo suporte à população residente na Zona de Autossalvamento (ZAS), podendo divulgar informações para as áreas externas à ZAS sob responsabilidade de órgãos públicos e entidades civis.

As cartas de inundação são informações estratégicas no desenvolvimento do procedimento de evacuação da Zona de Autossalvamento (ZAS), e ilustram as manchas de inundação georreferenciadas, bem como as coordenadas das benfeitorias e estrutura atingidas. As cartas de inundação são documentos que subsidiam as ações de evacuação nas áreas fora da ZAS sob responsabilidades dos agentes públicos de defesa civil.

Informações de vazão de pico, cota máxima, tempo de chegada da frente de onda e perigo hidrodinâmico da onda, fornecem conhecimento sobre a criticidade do procedimento de evacuação das áreas atingidas, pois nenhum indivíduo deveria entrar em contato com a onda de ruptura, sob o risco de perder a vida.

Em relação à evacuação das instalações da UHE Caçu, a equipe de operação deve seguir as diretrizes do documento Plano de Atendimento à Emergência UHE Caçu (POE-SS-006).



3 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS Modelo de Plano de Ação de Emergência. Audiência Pública para coletar contribuições e subsídios para a Regulamentação do Plano de Ação de Emergência, conforme art. 8º da Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010 que trata da Política Nacional de Segurança de Barragens - PNSB. (15 de março de 2013). Brasília: ANA.

_____. Manual do Empreendedor – Volume IV. Guia de Orientação e Formulários dos Planos de Ação de Emergência – PAE. Brasília: ANA, 2015.

FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY, Federal Guidelines for Inundation Mapping of Flood Risks Associated with Dam Incidents and Failures - FEMA 946p. FEMA, USA, 2013.

FEDERAL ENERGY REGULATORY COMMISSION. Dam Safety Performance Monitoring Program. FERC, USA, 2005.

_____. Dam Breach Analysis – DRAFT. FERC, USA, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. MAPGEO 2015: O novo modelo de ondulação geoidal do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

SCHAEFER, M.G. Dam Safety Guidelines, Technical Note 1: Dam Breach Inundation Analysis and Downstream Hazard Classification, Washington State Department of Ecology Publication Nº. 92-55E, USA, July 1992.

U. S. ARMY CORPS OF ENGINEERS. Hydrologic Engineering Center. Training Documents – Using HEC-RAS for Dam Break Studies. TD-39, USACE, August 2014.

USACE-HEC. River Analysis System, HEC-RAS v4.1 – Hydraulic Reference Manual. US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, 351p, USA, 2010.

VON THUN J.L. & GILLETE, D.R. Guidance on breach parameters. Unpublished internal document, U.S. Bureau of Reclamation, Denver, CO, 17p, USA, 1990.



4 APÊNDICE

As Fichas de Ação encontram-se dispostas no **Caderno de Apêndices** desta unidade, código 286-CAC-CD-PAE-001. A Listagem destes documentos pode ser visualizada no Apêndice 1

Apêndice 1. Fichas de Ação.

FICHAS DE AÇÃO – UHE CAÇU	
Nível	Código
0	286-CAC-FCH-NSH-001
0	286-CAC-FCH-NSH-002
0	286-CAC-FCH-NSH-003
0	286-CAC-FCH-NSH-004
0	286-CAC-FCH-NSH-005
0	286-CAC-FCH-NSH-006
1	286-CAC-FCH-NSH-007
1	286-CAC-FCH-NSH-008
1	286-CAC-FCH-NSH-009
1	286-CAC-FCH-NSH-010
1	286-CAC-FCH-NSH-011
1	286-CAC-FCH-NSH-012
2	286-CAC-FCH-NSH-013
2	286-CAC-FCH-NSH-014
2	286-CAC-FCH-NSH-015
2	286-CAC-FCH-NSH-016
2	286-CAC-FCH-NSH-017
2	286-CAC-FCH-NSH-018
3	286-CAC-FCH-NSH-019
3	286-CAC-FCH-NSH-020

As Cartas de Inundação, referentes à UHE Caçu, encontram-se dispostos no **Caderno de Apêndices** desta unidade, código 286-CAC-CD-PAE-002. A Listagem destes documentos pode ser visualizada no Apêndice 2.

Apêndice 2. Cartas de Inundação.

MODO	CÓDIGO		
	Carta de Inundação - 1:10.000	Carta de Inundação - 1:5.000	Carta de Inundação Caçu/ETE
1	286-CAC-DES-APMR-01	286-CAC-DES-DZ-01	286-CAC-DES-APMR-ZM
2	286-CAC-DES-APMR-02	286-CAC-DES-DZ-02	
3	286-CAC-DES-APMR-03	286-CAC-DES-DZ-03	
4	286-CAC-DES-APMR-04	286-CAC-DES-DZ-04	
5	286-CAC-DES-APMR-05	286-CAC-DES-DZ-05	
6	286-CAC-DES-APMR-06	286-CAC-DES-DZ-06	

As coordenadas das benfeitorias atingidas, referentes aos modos de ruptura da barragem Caçu, encontram-se no **Caderno de Apêndices** desta unidade, código 286-CAC-CD-PAE-003. A Listagem destes documentos pode ser visualizada no Apêndice 3.

Apêndice 3. Coordenadas das benfeitorias atingidas.

Título	Código
Coordenadas das Benfeitorias	286-CAC-CD-PAE-003





Código: 286-CAC-RT-PAE-002-REV_3
Título: Seção II – Situações de Emergência
Páginas: 32 de 33 Emissão: 29/04/2019



5 ANEXO

Anexo 1. Perfil longitudinal do Arranjo Geral (Nº Engevix 8958/00-30-DE-0002).

