

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 1 - 79

PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL (PAE) **PEQUENA CENTRAL HIDRELÉTRICA** **SANTANA 1**

Empresa Concessionária PCH Santana S.A.

Localização: Nortelândia, Mato Grosso

Data: Setembro de 2025

Revisão: 01



 Firenze Energética	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 2 - 79

Sumário

1.	INFORMAÇÕES GERAIS	5
1.1.	Apresentação e Objetivo	5
1.1.1.	Localização e Acessos	5
1.1.2.	CONDIÇÕES DE TRÁFEGO E ACESSO.....	7
1.1.3.	PONTOS DE APOIO NO TRAJETO	7
1.1.4.	INFORMAÇÕES ÚTEIS	7
1.1.5.	CONSIDERAÇÕES CLIMÁTICAS	8
1.1.6.	PONTOS DE REFERÊNCIA PARA NAVEGAÇÃO	8
1.1.7.	IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA BARRAGEM.....	8
1.2.	Características do Empreendimento	9
1.2.1.	DESCRIÇÃO GERAL DA BARRAGEM	9
1.2.2.	Classificação da Barragem	10
1.2.3.	Classificação do barramento de acordo como o QUADRO II.	11
1.2.4.	RESULTADO PARA CLASSIFICAÇÃO DE BARRAGENS.....	15
2.	DETECÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DA ANOMALIA.....	16
2.1.	Condição Estrutural	16
2.1.1.	Monitoramento das Estruturas.....	16
2.1.2.	Inspeções Rotineiras (Mensais).....	16
2.1.3.	Inspeção de Segurança Regular (Anual)	16
2.1.4.	Inspeções Segurança Especial	17
2.1.5.	Tramitação das Informações.....	17
2.2.	Sistema de Detecção	20
2.3.	Monitoração e instrumentação	20
2.4.	Estabilidade.....	20
2.5.	Percolação e controle da drenagem	21
2.6.	Fissuração	21
2.7.	Erosão superficial	21
2.8.	Critérios de Avaliação	22
2.9.	ITENS DE VERIFICAÇÃO VISUAL	22
2.10.	MATRIZ DE IDENTIFICAÇÃO DE ANOMALIAS	24
2.11.	Classificação das Anomalias.....	25
3.	PROCEDIMENTOS PREVENTIVOS, CORRETIVOS, DE NOTIFICAÇÃO E ALERTA	25
3.1.	Procedimentos Preventivos	25
3.2.	Procedimentos Corretivos	26
3.3.	Fluxograma de Notificação	26
3.4.	Sistema de Alerta	27
4.	ESTUDO DE ROMPIMENTO DA BARRAGEM.....	27
4.1.	Metodologia.....	28

 Firenze Energética	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 3 - 79

4.1.1. Geografia da Região e Geometria do Rio.....	28
4.1.2. Tipo e Geometria da Barragem	28
4.1.3. Causas de Rompimento	28
4.1.3.1. Galgamento	29
4.1.3.2. Infiltração.....	30
4.1.3.3. Falhas nas fundações e estruturais	30
4.1.3.4. Casos Estatísticos	31
4.1.4. Formação da Brecha.....	31
4.1.4.1. Tamanho.....	32
4.1.4.2. Tempo de rompimento	33
4.1.5. Modelagem Matemática	33
4.1.6. Identificação das áreas atingidas	34
4.1.7. Apresentação dos valores de altura ao longo do tempo	34
4.1.8. Comparativo de altura x velocidade	35
4.2. VOLUME DOS RESERVATÓRIOS.....	37
4.3. TOPOGRAFIA	39
4.4. DESCRIÇÃO DA ÁREA A JUSANTE	40
4.5. VAZÕES OBSERVADAS NA CALHA DO RIO PRINCIPAL.....	43
4.6. METODOLOGIA, PREMISSAS E CRITÉRIOS	43
4.6.1. DEFINIÇÃO DOS CENÁRIOS DE SIMULAÇÃO	43
4.6.1.1. Estudo da ruptura por falha estrutural ou “piping”	43
4.6.1.2. Estudo da ruptura por galgamento ou “overtopping”	44
4.6.2. Cenários de Simulação Definidos	44
4.7. MALHA COMPUTACIONAL E COEFICIENTES DE ENTRADA	45
4.8. RESULTADOS	45
4.9. DEFINIÇÃO DA BRECHA DE RUPTURA E VAZÃO DE PICO.....	46
4.10. BRECHA DE RUPTURA E VAZÃO DE PICO	47
4.11. HIDROGRAMA DE RUPTURA	48
4.12. MAPEAMENTO DA INUNDAÇÃO	49
4.13. MENSAGEM DE COMPUTAÇÃO	53
4.13.1. Cenário 1	53
4.13.2. Cenário 2.....	55
4.13.3. Cenário 3.....	56
4.14. ZONA DE AUTOSSALVAMENTO	56
4.15. ALTURA DA ONDA	58
5. RESPONSABILIDADES GERAIS.....	69
5.1. Responsabilidades do Empreendedor	69
5.2. Responsabilidades dos Órgãos Públicos	69
5.3. Responsabilidades da População	69

 Firenze Energética	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 4 - 79

6.	SÍNTESE DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA E MAPAS ASSOCIADOS	70
6.1.	Metodologia do Estudo	70
6.2.	Resultados do Cenário Crítico (Ruptura por Galgamento)	70
7.	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA A JUSANTE	71
7.1.	INFRAESTRUTURA CRÍTICA.....	71
7.2.	Áreas Ambientalmente Sensíveis	71
8.	PROCESSO DE EVACUAÇÃO DA ZAS	72
8.1.	Definição da Zona de Autossalvamento (ZAS)	72
8.2.	Planejamento da Sinalização.....	72
8.3.	Planejamento das Ações de Comunicação e Alerta	73
8.4.	Rotas de Evacuação.....	73
8.5.	Procedimentos de Evacuação	74
9.	MEDIDAS PARA RESGATAR ATINGIDOS	74
9.1.	Estrutura de Resgate	74
9.2.	Áreas de Concentração de Vítimas.....	75
9.3.	Recursos Médicos.....	75
9.4.	Comunicação de Emergência.....	75
10.	OPERACIONALIZAÇÃO DO PAE	76
10.1.	Programas de Treinamento	76
10.2.	Exercícios Simulados.....	76
10.3.	Controle de Revisão e Atualização	77
11.	APÊNDICES.....	78
11.1.	Apêndice I – Lista de Contatos.....	78
11.1.1.	EMPREENDEDOR - PCH SANTANA 1.....	78
11.1.2.	ÓRGÃOS PÚBLICOS.....	78
11.1.3.	LIDERANÇAS COMUNITÁRIAS.....	78
11.1.4.	SERVIÇOS ESSENCIAIS.....	79

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 5 - 79

1. INFORMAÇÕES GERAIS

1.1. Apresentação e Objetivo

Este Plano de Ação Emergencial (PAE) foi elaborado para a Pequena Central Hidrelétrica (PCH) Santana 1, em atendimento às exigências da Lei nº 12.334/2010 (Política Nacional de Segurança de Barragens) e da Resolução Normativa ANEEL nº 1.064/2023, que estabelece critérios e procedimentos para a classificação, formulação do Plano de Segurança e realização da Revisão Periódica de Segurança em barragens fiscalizadas pela ANEEL.

O objetivo principal deste PAE é estabelecer as ações a serem executadas pelo empreendedor em situações de emergência na barragem, bem como a identificação dos agentes a serem notificados, visando a proteção da vida humana, do patrimônio e do meio ambiente nas áreas potencialmente afetadas a jusante.

O PAE constitui um instrumento de planejamento de resposta a emergências que define procedimentos, ações e decisões que devem ser adotadas diante da potencial ocorrência de um evento ou acidente que possa comprometer a segurança da barragem. Este documento foi desenvolvido com base no estudo de ruptura hipotética (Dam Break) elaborado pelos Engenheiros **André Luiz Schuring** (CREA MT 8.697) e **Ana Paula Carvalho Bispo** (CREA MT-52.455) em dezembro de 2024.

1.1.1. Localização e Acessos

A PCH Santana 1 está localizada no município de Nortelândia, estado de Mato Grosso, aproximadamente 250 km da capital Cuiabá. A barragem situa-se nas coordenadas geográficas [Latitude: 14 23 28.93 S; Longitude: 56 49 39.75 W] e intercepta o curso d'água denominado Rio Santana.

1.1.1. DESCRIÇÃO DETALHADA DO TRAJETO

ROTA PRINCIPAL: CUIABÁ → NORTELÂNDIA

1ª ETAPA: CUIABÁ → VÁRZEA GRANDE

Rodovia: Vias urbanas/BR-163

Distância: ~15 km

Tempo: 20-30 minutos

Características: Área metropolitana, trânsito urbano intenso

 Firenze Energética	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 6 - 79

Pontos de Referência: Centro de Cuiabá, Arena Pantanal, Aeroporto Marechal Rondon (próximo)

2ª ETAPA: VÁRZEA GRANDE → JANGADA

Rodovia: BR-163 Norte

Distância: ~65 km

Tempo: 50-60 minutos

Características: Rodovia federal duplicada, boa qualidade

Pontos de Referência:

Saída da região metropolitana, Paisagem de cerrado, Pequenas propriedades rurais

3ª ETAPA: JANGADA → ROSÁRIO OESTE

Rodovia: BR-163 Norte

Distância: ~85 km

Tempo: 60-70 minutos

Características: Rodovia federal, pista simples, boa conservação

Pontos de Referência:

Município de Jangada, Região de transição cerrado-amazônia, Atividade agropecuária intensa

4ª ETAPA: ROSÁRIO OESTE → NORTELÂNDIA

Rodovia: MT-235

Distância: ~45 km

Tempo: 35-45 minutos

Características: Rodovia estadual, pista simples

Pontos de Referência:

Entrada em Rosário Oeste, Paisagem rural com fazendas, Aproximação da região da PCH

5ª ETAPA: NORTELÂNDIA → PCH SANTANA 1

Rodovia: Estrada Rio Santana (estrada rural)

Distância: ~14 km

Tempo: 15-20 minutos

Características: Estrada rural, acesso à usina

Pontos de Referência: Centro de Nortelândia, Sítio Pedra S/ Pedra, Instalações da PCH Santana 1

 Firenze Energética	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 7 - 79

1.1.2. CONDIÇÕES DE TRÁFEGO E ACESSO

Qualidade das Vias

BR-163 (Cuiabá-Rosário Oeste): Regular e Boa

Trecho em vias simples até Jangada

Pista simples bem conservada após Jangada

Sinalização adequada

MT-235 (Rosário Oeste-Nortelândia): Boa

Trecho em pista dupla até o Posto Gil e Pista simples asfaltada

Sinalização regular

Movimento intenso nos primeiros trechos e moderado no trecho final

Estrada Rio Santana: Regular

Estrada rural de terra/cascalho

Acesso direto à PCH

Requer veículo adequado em período chuvoso

Melhores Horários

Saída de Cuiabá: 6h às 8h ou 14h às 16h

Evitar: Horários de pico urbano (7h-9h e 17h-19h)

Período Chuvoso: Verificar condições da estrada rural

1.1.3. PONTOS DE APOIO NO TRAJETO

Combustível e Alimentação

Várzea Grande: Múltiplos postos e restaurantes

Jangada: Postos de combustível, lanchonetes

Rosário Oeste: Postos, restaurantes, hotel

Nortelândia: Posto de combustível, restaurante local

Serviços Essenciais

Hospitais/Pronto Socorro: Cuiabá, Várzea Grande, Rosário Oeste

Oficinas Mecânicas: Principais cidades do trajeto

Bancos/ATMs: Cuiabá, Várzea Grande, Rosário Oeste, Nortelândia

1.1.4. INFORMAÇÕES ÚTEIS

Contatos de Emergência

Polícia Rodoviária Federal: 191

SAMU: 192

Corpo de Bombeiros: 193

 Firenze Energética	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 8 - 79

Polícia Militar: 190

1.1.5. CONSIDERAÇÕES CLIMÁTICAS

Período Seco (Maio a Setembro)

Vantagens: Estradas em melhor condição, visibilidade boa

Cuidados: Poeira na estrada rural, hidratação

Período Chuvoso (Outubro a Abril)

Vantagens: Paisagem mais verde, temperaturas amenas

Cuidados: Estrada rural pode ficar difícil, chuvas intensas

Recomendações Gerais

Verificar previsão do tempo antes da viagem

Levar água e protetor solar

Combustível completo antes da estrada rural

Comunicar chegada às equipes da PCH

1.1.6. PONTOS DE REFERÊNCIA PARA NAVEGAÇÃO

Marcos Importantes

Saída de Cuiabá: Acesso à BR-163 Norte

Várzea Grande: Continuação na BR-163

Jangada: Manter BR-163 Norte

Rosário Oeste: Entrada na MT-235 sentido Nortelândia

Nortelândia: Centro da cidade, acesso à Estrada Rio Santana

PCH Santana 1: Final da Estrada Rio Santana

1.1.7. IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA BARRAGEM

A barragem Santana I, do empreendedor Firenze Energética S.A., está localizada no Santana, município de Arenápolis, estado de Mato Grosso. As respectivas coordenadas são:

Latitude: 14 23 28.93 S

Longitude: 56 49 39.75 W

A montante da barragem Santana I, existem a barragem:

Barragem da PCH Santana, situada a 10,00 km.

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 9 - 79

A jusante da barragem Santana I, não existem barragens:



1.2. Características do Empreendimento

1.2.1. DESCRIÇÃO GERAL DA BARRAGEM

A barragem é de enrocamento com núcleo de argila com um comprimento total de crista de 310m e altura aparente de 37,20m com altura total de 44,00m. O corpo da barragem será deflexionado junto à margem direita para direcionar o fluxo para a calha do vertedor e tomada d'água. O eixo foi o escolhido por apresentar encostas íngremes e baixa cobertura de solo. A fundação está assente em um lajeado de rocha basáltica com boa capacidade estrutural. Para o enrocamento foi utilizado material basáltico oriundo das escavações obrigatórias, com boa capacidade de suporte estrutural.

Dados Técnicos da Barragem: - Tipo de barragem: [especificar tipo construtivo] - Altura máxima: 44 metros - Comprimento da crista: [especificar] - Volume do reservatório: 12,42 hm³ (cota máxima 291 m) - Área do reservatório:

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 10 - 79

[especificar área] - Potência instalada: [especificar potência] - Ano de construção: [especificar] - Início da operação: [especificar]

1.2.2. Classificação da Barragem

Conforme a Resolução ANEEL nº 1.064/2023 e com base nas características técnicas e no estudo de Dam Break, a PCH Santana 1 apresenta a seguinte classificação:

Categoria de Risco (CRI): MÉDIO - Características técnicas: [pontuação conforme matriz ANEEL] - Estado de conservação: [pontuação conforme matriz ANEEL] - Plano de Segurança da Barragem: [pontuação conforme matriz ANEEL]

Dano Potencial Associado (DPA): [ALTO/MÉDIO - a ser confirmado] - Volume do reservatório: 12,42 hm³ - Potencial de perdas de vidas humanas: [classificação baseada no estudo Dam Break] - Potencial de danos ambientais: [classificação baseada no estudo] - Potencial de danos materiais: [classificação baseada no estudo]

Esta classificação torna obrigatória a elaboração e implementação do presente PAE, conforme estabelecido no Art. 12 da Lei nº 12.334/2010.

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 11 - 79

1.2.3. Classificação do barramento de acordo como o QUADRO II.

QUANTO A CATEGORIA DE RISCO PARA BARRAMENTOS DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA.

a. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT

Altura (a)	Comprimento (b)	Tipo de Barragem quanto ao material de construção (c)	Tipo de fundação (d)	Idade da Barragem (e)	Vazão de Projeto (f)	Casa de Força (g)
Altura ≤ 15m (0)	comprimento ≤ 200m (2)	Concreto convencional (1)	Rocha sã (1)	entre 30 e 50 anos (1)	CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (3)	Barragem / Dique sem Casa de Força associada (0)
15m < Altura < 30m (1)	Comprimento > 200m (3)	Alvenaria de pedra / concreto ciclópico / concreto rolado - CCR (2)	Rocha alterada dura com tratamento (2)	entre 10 e 30 anos (2)	Milenar (5)	Casa de Força associada por meio de conduto forçado, túnel etc. (2)
30m ≤ Altura ≤ 60m (2)		Terra homogênea /enrocamento / terra enrocamento (3)	Rocha alterada sem tratamento / rocha alterada fraturada com tratamento (3)	entre 5 e 10 anos (3)	TR = 500 anos (8)	Casa de Força ao pé da barragem (5)
Altura > 60m (3)			Rocha alterada mole / saprolito / solo compacto (4)	< 5 anos ou > 50 anos ou sem informação (4)	TR < 500 anos ou Desconhecida / Estudo não confiável (10)	-
			Solo residual / aluvião (5)			-
CT (Características técnicas) Σ (a até g)			2+3+3+1+2+3+0= 14			

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 12 - 79

b. ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC

Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (h)	Confiabilidade das Estruturas de Adução (i)	Percolação (j)	Deformações e Recalques (k)	Deterioração dos Taludes / Paramentos (l)	Eclusa (*) (m)
Estruturas civis e hidro eletromecânicas em pleno funcionamento/ canais de aproximação ou de restituição ou vertedouro (tipo soleira livre) desobstruídos (0)	Estruturas civis e dispositivos hidro eletromecânicos em condições adequadas de manutenção e funcionamento (0)	Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)	Inexistente (0)	Inexistente (0)	Não possui eclusa (0)
Estruturas civis e eletromecânicas preparadas para a operação, mas sem fontes de suprimento de energia de emergência / canais ou vertedouro (tipo soleira livre) com erosões ou obstruções, porém sem riscos a estrutura vertente (4)	Estruturas civis comprometidas ou Dispositivos hidro eletromecânicos com problemas identificados, com redução de capacidade de adução e com medidas corretivas em implantação (4)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes ou ombreiras estabilizada e/ou monitorada. (3)	Existência de trincas e abatimentos de pequena extensão e impacto nulo. (1)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de arbustos de pequena extensão e impacto nulo. (1)	Estruturas civis e eletromecânicas bem mantidas e funcionando. (1)
Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidro eletromecânicos com problemas identificados, com redução de capacidade de adução e com medidas corretivas em implantação / canais ou vertedouro (tipo soleira livre) com erosões e/ou parcialmente obstruídos, com risco de comprometimento da estrutura vertente (7)	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidro eletromecânicos com problemas identificados, com redução de capacidade de adução e sem medidas corretivas (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes ou ombreiras sem tratamento ou em fase de diagnóstico (5)	Trincas e abatimentos de impacto considerável gerando necessidade de estudos adicionais ou monitoramento. (6)	Erosões superficiais, ferragem exposta, crescimento de vegetação generalizada, gerando necessidade de monitoramento ou atuação corretiva. (5)	Estruturas civis comprometidas ou Dispositivos hidro eletromecânicos com problemas identificados e com medidas corretivas em implantação. (2)
Estruturas civis comprometidas ou Dispositivos hidro eletromecânicos com problemas identificados, com redução de capacidade de adução e sem medidas corretivas/ canais ou vertedouro (tipo soleira livre) obstruídos ou com estruturas danificadas. (10)	-	Surgência nas áreas de jusante, taludes ou ombreiras com carreamento de material ou com vazão crescente. (8)	Trincas, abatimentos ou escorregamentos expressivos, com potencial de comprometimento da segurança (8)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança. (7)	Estruturas civis comprometidas ou Dispositivos hidro eletromecânicos com problemas identificados e sem medidas corretivas (4)
CT (Características técnicas) Σ (h até m)		0+0+0+0+0 = 0			

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 13 - 79

c. PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PS

Existência de documentação de projeto (n)	Estrutura Organizacional e Qualificação dos Profissionais na Equipe de Segurança da Barragem (i)	Procedimentos de roteiros de inspeções de segurança e de monitoramento (p)	Regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem (k)	Relatórios de inspeção de segurança com análise e interpretação (l)
Projeto executivo e “como construído” (0)	Possui estrutura organizacional com técnico responsável pela segurança da barragem (0)	Possui e aplica procedimentos de inspeção e monitoramento (0)	Sim ou Vertedouro tipo soleira livre (0)	Emite regularmente os relatórios (0)
Projeto executivo ou “como construído” (2)	Possui técnico responsável pela segurança da barragem (4)	Possui e aplica apenas procedimentos de inspeção (3)	Não (6)	Emite os relatórios sem periodicidade (3)
Projeto básico (5)	Não possui estrutura organizacional e responsável técnico pela segurança da barragem (8)	Possui e não aplica procedimentos de inspeção e monitoramento (5)	-	Não emite os relatórios (5)
Anteprojeto ou Projeto conceitual (6)	-	Não possui e não aplica procedimentos para monitoramento e inspeções (6)	-	-
Inexiste documentação de projeto (8)	-	-	-	-
CT (Características técnicas) Σ (n até l)			0+0+0+0+0 = 0	

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 14 - 79

d. QUADRO DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO DANO POTENCIAL ASSOCIADO – DPA (ACUMULAÇÃO DE ÁGUA)

Volume Total do Reservatório para barragens de uso múltiplo ou aproveitamento energético (s)	Potencial de perdas de vidas humanas (t)	Impacto ambiental (c)	Impacto sócioeconômico (d)
Pequeno ($\leq 5\text{hm}^3$) (1)	INEXISTENTE (não existem pessoas permanentes/residentes ou temporárias/transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	SIGNIFICATIVO (área afetada da barragem não representa área de interesse ambiental, áreas protegidas em legislação específica ou encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais) (3)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações e serviços de navegação na área afetada por acidente na barragem) (0)
Médio (5 a 75hm^3) (2)	POUCO FREQUENTE (não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (4)	MUITO SIGNIFICATIVO (área afetada da barragem apresenta interesse ambiental relevante ou protegida em legislação específica) (5)	BAIXO (quando existe pequena concentração de instalações residenciais e comerciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura na área afetada da barragem) (4)
Grande (75 a 200hm^3) (3)	FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou estadual ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas. (8)	-	ALTO (quando existe grande concentração de instalações residenciais e comerciais, agrícolas, industriais, de infraestrutura e serviços de lazer e turismo na área afetada da barragem ou instalações portuárias ou serviços de navegação) (8)
Muito Grande ($> 200\text{hm}^3$) (5)	EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas. (12)	-	-
DPA (Dano Potencial Associado) Σ (a até d)		2 + 12 + 3 + 4 = 21	

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 15 - 79

1.2.4. RESULTADO PARA CLASSIFICAÇÃO DE BARRAGENS

Nome da Barragem	PCH Santana 01	Data	09/09/2025
------------------	----------------	------	-------------------

II.1 - CATEGORIA DE RISCO:		Pontos
1	Características Técnicas (CT)	14
2	Estado de Conservação (EC)	00
3	Plano de Segurança de Barragens (PS)	00
	Quadro de classificação quanto ao Dano Potencial Associado – DPA (acumulação de água)	21
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PS		14+0+0=14

Faixa de Classificação	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	> = 62 ou EC* > = 8 (*)
	MÉDIO	35 a 62
	BAIXO	< = 35

(*) Pontuação (maior ou igual a 8) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTA e necessidade de providencias imediatas pelo responsável da barragem.

II.2 - DANO POTENCIAL ASSOCIADO:		Pontos
Faixas de Classificação	DANO POTENCIAL ASSOCIADO	DPA
	ALTO	> = 16
	MÉDIO	10 < DPA < 16
	BAIXO	< = 10

1.1.2. CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM:

Categoria de Risco	Dano Potencial Associado		
	Alto	Médio	Baixo
Alto	A	B	B
Médio	B	C	C
Baixo	B	C	C

Barragem classificada como “B”.

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 16 - 79

2. DETECÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DA ANOMALIA

2.1. Condição Estrutural

A condição estrutural do barramento se dará pelo monitoramento das estruturas conforme estabelecido nas listas de verificação para realização das inspeções rotineiras, regulares e especiais.

Na inspeção deve ser observado, em conjunto com as informações das características técnicas das estruturas, as condições relativas à segurança estrutural e operacional da barragem, identificando as anomalias e demais irregularidades que necessitem tanto de reparos corretivos quanto medidas preventivas.

2.1.1. Monitoramento das Estruturas

O sistema de monitoramento deverá estar contemplado nos manuais de procedimentos dos roteiros de inspeções de segurança e monitoramento e relatórios de segurança da barragem. Contendo os seguintes itens:

- procedimentos de inspeções civis visuais informando onde e o que se deve observar;
- listas de verificações a serem utilizadas nas inspeções civis;
- instruções de trabalho para procedimentos de manutenções mais comuns de reparos nas estruturas;

Os programas de inspeções visuais são classificados em três níveis:

2.1.2. Inspeções Rotineiras (Mensais)

São aquelas que devem ser executadas por equipes qualificadas em segurança de barragens, como parte regular de suas atividades locais de operação e manutenção. A frequência dessas inspeções deverá ser mensal, definida de acordo com o recomendado no item a ser inspecionado, e podendo ser mais reduzida em função de restrições sazonais. Não gera relatórios específicos, apenas registros nas listas de inspeções e comunicações de eventuais anomalias detectadas. Deverão ser preenchidas as listas de verificações mensais de acompanhamento para cada estrutura civil.

2.1.3. Inspeção de Segurança Regular (Anual)

São aquelas que devem ser executadas por equipe multidisciplinar, envolvendo especialistas das áreas de Hidráulica, Geotecnia, Geologia, Estruturas e Tecnologia de Concreto. É recomendável que esta equipe não pertença ao quadro de funcionários do proprietário da Barragem, mas é

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 17 - 79

imprescindível que estes acompanhem e assessoram a equipe. A frequência destas inspeções deverá respeitar o prazo máximo de 18 meses prevista na Resolução ANEEL nº 1.064/2023. Os aspectos a serem vistoriados, analisados e relatados neste tipo de inspeção deverão ser detalhados nas listas de verificações anuais.

2.1.4. Inspeções Segurança Especial

As inspeções especiais serão realizadas quando convocadas. Esta convocação normalmente será fruto de uma avaliação, por parte da equipe de engenharia de inspeção e manutenção, após uma grande enchente onde se detecte algum problema que mereça atenção especial.

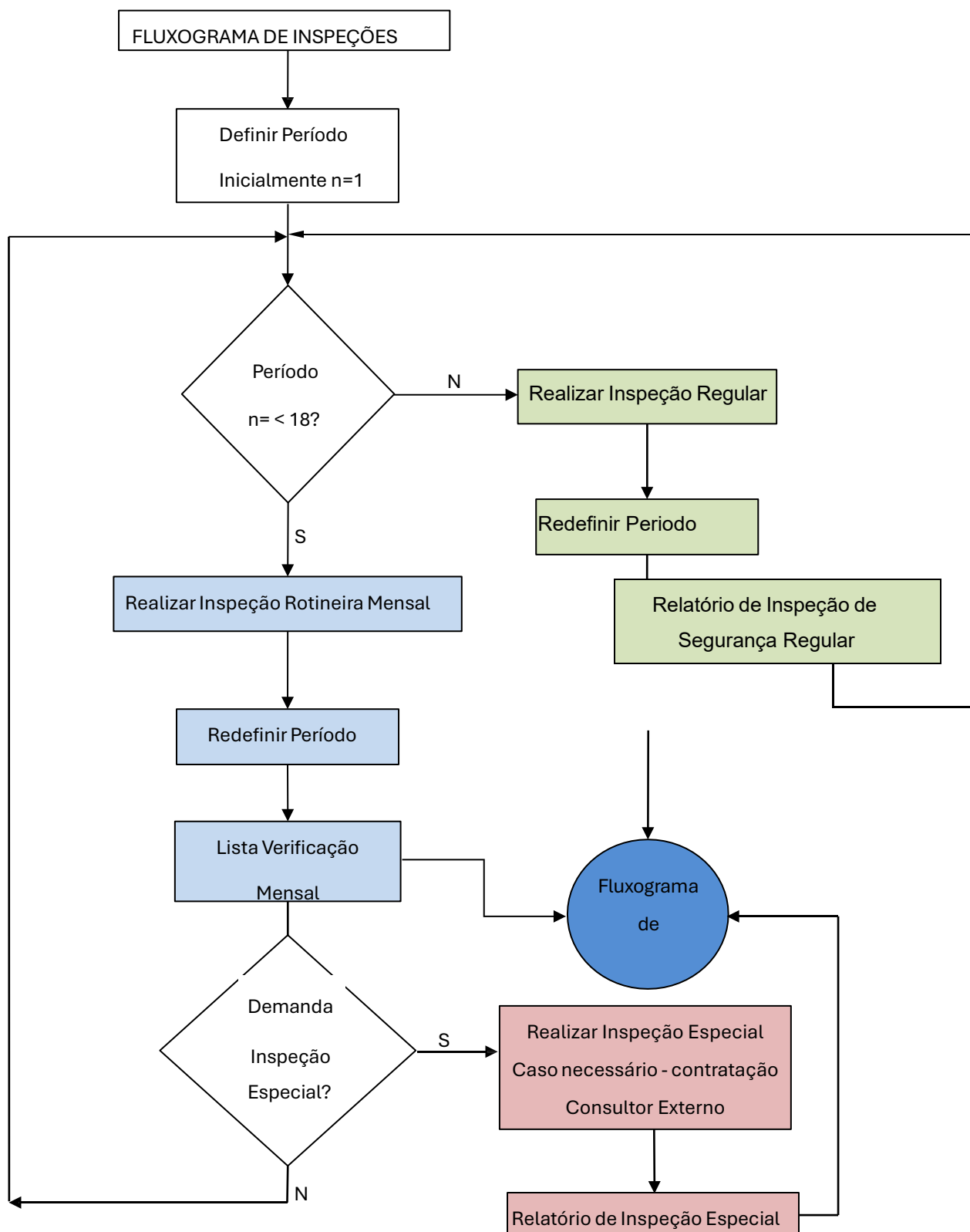
Depois de cheias e chuvas torrenciais, observações não usuais tais como fissuras, recalques, surgências de água e indícios de instabilidade de taludes devem ser verificadas.

2.1.5. Tramitação das Informações

A nível de ilustração o Fluxograma 1, abaixo, mostra a sequência de tramitação das informações para inspeções e o Fluxograma 2 apresenta o fluxograma de ações. Estes fluxogramas mostram as atividades da equipe de inspeção e manutenção das estruturas civis e a interface com a Gerência da Usina. Caso o fluxograma de ações entrar em Emergência deverá seguir os procedimentos de ação

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 18 - 79

Fluxograma 1 – Fluxograma de Inspeções



PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01

Unidade: PCH Santana 01

Número: FI-SANTANA-PAE-R01

Tipo de Documento:
Relatório Técnico

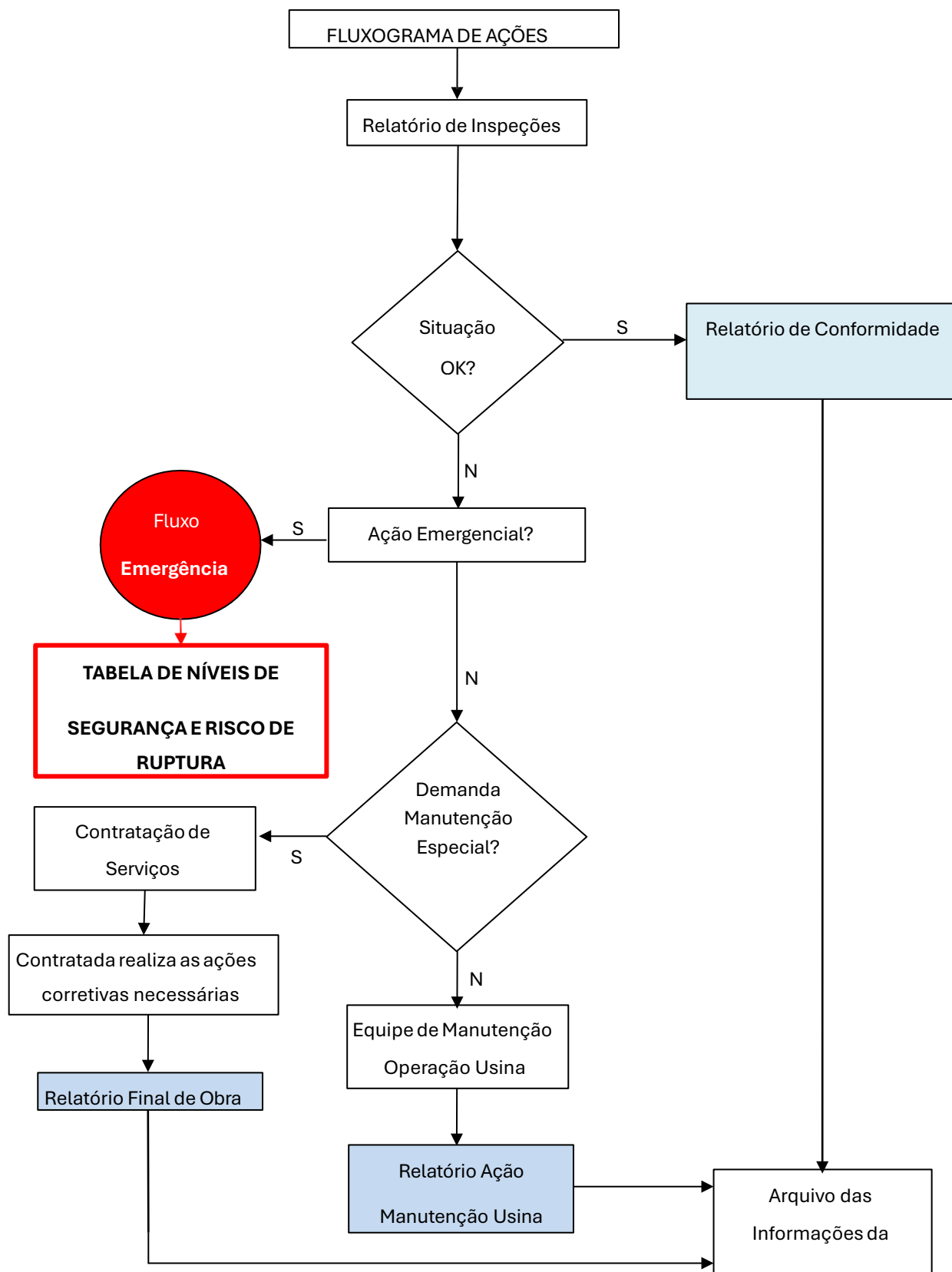
Data da Emissão:
02/06/2025

Data da Revisão:
09/09/2025

Título do Documento:
Plano de ação emergencial

Revisão: 5

Página: 19 - 79



	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 20 - 79

2.2. Sistema de Detecção

O sistema de detecção de anomalias da PCH Santana 1 baseia-se em:
Instrumentação Automática:

- Medidores de nível d'água no reservatório - Inclinômetros para medição de deslocamentos - Medidores de vazão de infiltração - Sistema de aquisição automática de dados.

Instrumentação Manual:

- Piezômetros para monitoramento de pressões neutras

Inspeções Visuais:

- Inspeções de rotina (QUINZENAIS) - Inspeções após eventos extremos - Inspeções de segurança regulares (ANUAIS) - Inspeções de segurança especiais (quando necessário)

2.3. Monitoração e instrumentação

Foram implantados ao longo do barramento de acordo com a previsão de projeto piezômetros, com operação manual com coletas de dados periódicas. Não há a implantação de instrumento de medição de recalques em suas fundações, os quais possibilitariam verificar e comparar o desempenho de forma adequada visando avaliação por monitoramento. A não instalação é justificada pelo leito rochoso que suporta a fundação e a utilização de espaldares em enrocamento. Foram instalados elementos de controle geométrico, e pilares amostradores que aferem a manutenção da geometria dos espaldares. Tais amostradores são periodicamente monitorados topograficamente e seus pontos verificados quanto a movimentação, não foram detectados anomalia nas leituras.

2.4. Estabilidade

Os carregamentos provenientes da barragem e a distribuição desses esforços sobre as fundações, não produziu por nossa observação visual e na identificação geométrica deformações totais ou diferenciais excessivas que podem ocasionar ruptura por cisalhamento. As prospecções geológicas realizadas quando do Projeto Executivo e durante a Execução indicam rochas basálticas, que quando ensaiadas indicaram suporte a contento os carregamentos, o que se confirma por verificação geométrica.

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 21 - 79

O projeto dos taludes de montante e jusante da barragem e as ombreiras foram dimensionados de forma estáveis sob todos os níveis de reservatório, bem como sob todas as condições de operação.

2.5. Percolação e controle da drenagem

A percolação está sendo monitorada e verificada quanto à presença de partículas em suspensão, no efluente do dreno.

A capacidade de vazão dos filtros e drenos não deve ser excedida e por isso são monitoradas. Quando desta visita não foi observado a presença de fluxo de água na saída dos drenos.

Pressões neutras altas podem indicar que a drenagem é insuficiente ou que a permeabilidade dos drenos é excessivamente baixa. A diminuição da percolação proveniente dos drenos pode indicar a colmatção física, química ou bacteriológica fato que foi verificando nesta inspeção.

As poropressões consideradas em projeto e aplicadas nas análises para a condição de chuvas intensas são aferidas através do traçado de redes de percolação, considerando os níveis piezométricos máximos possíveis de serem obtidos das observações, correlações e/ou simulações com intensidades de chuvas de várias durações. As leituras são aferidas e verificadas se convergente com o projetado.

2.6. Fissuração

A barragem deve manter o reservatório em condições de segurança, em relação a qualquer fissuração que possa ser induzida por recalque ou fraturamento hidráulico.

Nesta inspeção foram realizadas campanhas de verificação e identificação de fissuras nos espaldares de montante e jusante, não foi observada a identificação de fissuras, depressões ou qualquer anomalia.

2.7. Erosão superficial

Nos taludes de montante das barragens e suas ombreiras pela consideração dos materiais que compõem o barramento (enrocamento) foram executados com a anteparo que provem a proteção adequada para resguardá-los contra a erosão, inclusive devido a ondas.

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 22 - 79

Nos taludes de jusante, a barragem de enrocamento nas áreas com possibilidade de ação erosiva de escoamentos superficiais já tem implantado material que protegem e combatem o surgimento de percolações pelo tráfego de pessoas e de animais. Enrocamento.

2.8. Critérios de Avaliação

Parâmetros de Controle:

- Níveis piezométricos
- Vazões de infiltração
- Deslocamentos estruturais
- Nível do reservatório
- Condições meteorológicas
- Sismos

Valores de Referência:

- Valores normais de operação
- Valores de atenção
- Valores de alerta
- Valores críticos

2.9. ITENS DE VERIFICAÇÃO VISUAL.

Identificação dos itens de monitoramento são considerados nas diversas fases de implantação do projeto em especial nesta fase de operação.

De modo preventivo apresentamos a alteração nas características dos materiais e ocorrências genéricas onde se devem observar materiais defeituosos, inferiores, inadequados ou deteriorados que possam propiciar risco ao bom funcionamento do barramento ou evento iniciador.

Concreto:	Rocha:	Solos:
Reação agregado-álcalis, aspectos estranhos e rachaduras	Desintegração	Degradação
Lixiviação	Amolecimento	Dissolução
Abrasão	Dissolução	Perda de plasticidade
Lascamento		Perda de resistência
Deterioração geral		Alteração mineralógica
Perda de resistência		
Solo-cimento:	Metais:	Madeira:

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 23 - 79

Perda de cimentação	Eletrólise	Apodrecimento
Fragmentação	Corrosão	Encolhimento
	Corrosão sob tensão	Combustão
	Fadiga	Ataque por organismos
	Corte e ruptura	
	Esfoliamento	
Tecidos de revestimento	Borracha e elastômeros	Vedações de juntas:
Perfurações	Endurecimento	Perda de plasticidade
Separação de uniões	Perda de elasticidade	Encolhimento
Deterioração pela luz	Deterioração pelo calor	Derretimento
Desintegração das vedações-limites	Degradação química	

Estes itens devem ser observados na verificação visual.

Observação das ocorrências genéricas quanto a suas características, localização e tempo de existência.

Fundação:	Cavitação:
• Percolação e vazamento • Relação descarga-nível • Aumentando ou diminuindo • Turvação e erosão interna (piping) • Cor • Sólidos dissolvidos • Localização e formato • Temperatura • Gosto • Evidência de pressão • Bolhas	• Picotamento de superfície • Evidência sonora • Implosões • Bolsas de vapor
	Drenagem:
	Obstruções
	Precipitados químicos e depósitos
	Queda desimpedida
	Disponibilidade de bomba de poço
	Crescimento de bactérias

Tensões e deformações – evidências e indícios			
No concreto	No aço:	Na madeira:	Na Rocha / Solo
Rachaduras	Rachaduras	Esmagamento	Rachadura
Esmagamentos	Estiramentos	Flambagem	Deslocamentos
Deslocamentos	Contrações	Dobramento	Recalque
Desvios	Dobramentos	Cisalhamentos	Consolidação
Cisalhamentos	Flambagem	Alongamentos	Afundamento
Fluência		Compressões	Compressão

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 24 - 79

2.10. MATRIZ DE IDENTIFICAÇÃO DE ANOMALIAS

De modo comparativo foi formulada uma matriz de análise de eventos que podem ocasionar risco para a usina em operação a citar:

ANOMALIA	Santana I
Perda da eficiência da drenagem	Possibilidade muito remota
Escorregamento através da fundação	Possibilidade remota em função das baixas subpressões
Escorregamento através das juntas de Concretagem	Juntas sem evidência de abertura
Altas tensões de tração nas estruturas	Estruturas de concreto bem dimensionadas
Reatividade Álcaliagregado	Requer supervisão e instrumentação específica
Erosão junto ao pé da estrutura	Inexistente
Sismo na região da barragem	Baixa sismicidade e nunca houve identificação de sismos
Carga de assoreamento a montante	Tomada d'água não favorece acúmulo de sedimentos junto à fundação
Plano de instrumentação falho ou incompleto	Instrumentação existente, plano e coleta periódica
Bloqueio de vertedouro por materiais flutuantes	Pouco Provável
Ruptura ou travamento de comportas	Soleira Livre
Falha de operação	Equipes são treinadas para situações de emergência
Perda da eficiência da drenagem	Manutenção adequada
Escorregamento de Taludes	Drenagem adequada e ausência de sismos
Liquefação	Ausência de materiais que podem se liquefazer
Erosão interna através do aterro	Pouco provável em função dos solos do Aterro
Erosão interna através da fundação	Tipo de maciço rochoso e tratamentos não Favorecem
Erosão interna através da interface solo-concreto dos abraços ou túnel adutor	Pouco provável em função da grande extensão e pequeno gradiente hidráulico
Altas pressões neutras	Mesmo durante a construção foram de baixa intensidade
Altas sub-pressões na Fundação	Subpressões são moderadas e permanentemente controladas
Recalques diferenciais / fissuração	Já teria ocorrido com o passar dos anos de operação
Perda de proteção dos taludes	Correção através de manutenções de rotina
Erosão por galgamento	Possibilidade remota

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 25 - 79

2.11. Classificação das Anomalias

a) Nível 0 - Normalidade:

- ✓ - Todos os parâmetros dentro dos valores normais
- ✓ - Ausência de anomalias visuais
- ✓ - Funcionamento normal de todos os sistemas

b) Nível 1 - Anomalia:

- ✓ - Parâmetros fora dos valores normais, mas dentro dos valores de atenção
- ✓ - Anomalias visuais menores que não comprometem a segurança
- ✓ - Necessidade de monitoramento intensificado

c) Nível 2 - Alerta:

- ✓ - Parâmetros nos valores de alerta
- ✓ - Anomalias que podem evoluir para situação crítica
- ✓ - Necessidade de medidas corretivas imediatas

d) Nível 3 - Emergência:

- ✓ - Parâmetros nos valores críticos
- ✓ - Risco iminente de ruptura
- ✓ - Necessidade de evacuação imediata da ZAS

3. PROCEDIMENTOS PREVENTIVOS, CORRETIVOS, DE NOTIFICAÇÃO E ALERTA

3.1. Procedimentos Preventivos

Monitoramento Contínuo: - Leitura diária dos instrumentos - Análise semanal dos dados coletados - Relatórios mensais de acompanhamento - Manutenção preventiva dos equipamentos

Inspecções Regulares: - Cronograma de inspecções visuais - Procedimentos padronizados de inspeção - Registro fotográfico das condições observadas - Relatórios de inspeção

Manutenção Preventiva: - Cronograma de manutenção de equipamentos - Procedimentos de manutenção - Controle de estoque de peças de reposição - Treinamento de equipes

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 26 - 79

3.2. Procedimentos Corretivos

Nível 1 - Anomalia: - Intensificar monitoramento - Investigar causas da anomalia - Implementar medidas corretivas menores - Documentar ações realizadas

Nível 2 - Alerta: - Implementar medidas corretivas imediatas - Mobilizar equipe técnica especializada - Preparar recursos para emergência - Notificar autoridades competentes

Nível 3 - Emergência: - Implementar todas as medidas de mitigação disponíveis - Acionar sistemas de alerta à população - Coordenar evacuação da ZAS - Mobilizar todos os recursos disponíveis

3.3. Fluxograma de Notificação

Estrutura de Notificação:

1. Coordenador do PAE (Responsável pela declaração do nível de emergência)
2. Nome: [a ser preenchido]
3. Telefone: [a ser preenchido]
4. E-mail: [a ser preenchido]
5. Notificação Interna:
6. Diretor Técnico
7. Equipe de Operação
8. Equipe de Manutenção
9. Segurança Patrimonial
10. Notificação Externa - Nível 2 e 3:
11. ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica)
12. Defesa Civil Municipal de Nortelândia
13. Defesa Civil Estadual de Mato Grosso
14. Corpo de Bombeiros
15. Polícia Militar
16. Prefeitura Municipal de Nortelândia
17. Secretaria de Meio Ambiente
18. Notificação à População - Nível 3:

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 27 - 79

19.Acionamento das sirenes

20.Comunicação via rádio e TV

21.Mensagens via SMS

22.Comunicação direta com lideranças comunitárias

Tempo Máximo para Notificação:

- Notificação interna: 15 minutos
- Notificação às autoridades: 30 minutos
- Alerta à população: 45 minutos

3.4. Sistema de Alerta

Sirenes de Emergência:

- Localização: [especificar pontos de instalação na ZAS]
- Alcance: [especificar raio de cobertura]
- Tipo de sinal: [especificar padrão de acionamento]
- Teste: mensal - Manutenção: trimestral

Sistemas Complementares:

- Aplicativo móvel de alertas - Sistema de SMS em massa
- Rádio comunitária - Carros de som

4. ESTUDO DE ROMPIMENTO DA BARRAGEM

Este capítulo apresenta os resultados obtidos pela empresa **Schuring Engenharia (2024)** nas simulações de rompimento hipotético da barragem para as hipóteses acidentais identificadas.

Nesta etapa ocorre à estimativa e avaliação das consequências e seus respectivos efeitos físicos, decorrentes de eventos anormais, que possam ocorrer, bem como a determinação, mapeamento das áreas vulneráveis pelos efeitos físicos de cada um dos cenários de acidentes.

O comportamento da onda de enchente e as áreas atingidas são obtidos mediante a utilização de programas simuladores de rompimento e propagação das cheias.

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 28 - 79

4.1. Metodologia

No estudo de rompimento da barragem da PCH Santana 1 foi utilizado o modelo computacional HEC-RAS (desenvolvido por U.S. Army Corps of Engineers) para simulação bidimensional.

O Cenário a ser simulado é determinado por informações lançadas no programa de forma a identificar a forma como se dá o rompimento da barragem e as condições geográficas e ambientais que influenciam no comportamento da onda de cheia.

Na caracterização do cenário as seguintes informações são necessárias:

- Geografia da região e geometria do rio;
- Tipo e geometria da barragem;
- Causa do rompimento;
- Formação da brecha;
- Dados socioambientais

4.1.1. Geografia da Região e Geometria do Rio

A geografia da região serve para identificar as áreas atingidas pela onda de passagem de cheia e pela inundação.

A caracterização adequada da geometria no vale a jusante da barragem é muito importante na simulação da cheia, porque existe um forte efeito de atenuação da onda ao longo do trecho inundado. Vales muito encaixados atenuam muito menos a onda de cheia, na sua propagação para jusante, que vales mais abertos com largas áreas inundáveis. Neste efeito a geometria do vale e da área inundável tem mais importância que a própria calha do rio.

4.1.2. Tipo e Geometria da Barragem

A caracterização da brecha, dimensões, tempo do seu desenvolvimento e formação são influenciados pelo tipo de barragem, tais como características construtivas, suas dimensões e características do seu respectivo reservatório e rio imediatamente a jusante.

4.1.3. Causas de Rompimento

A causa de rompimento é importante porque determina a velocidade com que ocorre a formação da brecha.

As causas de rompimento podem ser por galgamento, erosão interna ou infiltração e falhas estruturais (New Jersey Department of Environmental Protection, 2007).

O manual Using HEC-RAS for Dam Break Studies (Agosto de 2014), indica de acordo com Costa (1985) a Tabela abaixo.

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 29 - 79

De acordo com Costa (1985), relata que as falhas ocorridas até 1985 são: 34% galgamento, 30% defeitos fundação, 28% piping/infiltração, 8% de outros modos de rompimento. Relata também que apenas para barragens de terra/aterro, 35% galgamento, 38% piping/ infiltração, 21% defeitos fundação e 6% de outros modos de rompimento.

Table 1. Possible Failure Modes for Various Dam Types

Failure Mode	Earthen/ Embankment	Concrete Gravity	Concrete Arch	Concrete Buttress	Concrete Multi-Arch
Overtopping	X	X	X	X	X
Piping/Seepage	X	X	X	X	X
Foundation Defects	X	X	X	X	X
Sliding	X	X		X	
Overturning		X	X		
Cracking	X	X	X	X	X
Equipment failure	X	X	X	X	X

Modos de falhas nas barragens

Fonte: Using HEC-RAS for Dam Break Studies (2014)

4.1.3.1. Galgamento

O galgamento é a passagem da água sobre a crista da barragem, em partes não projetadas para verter água. O galgamento pode ser causado pela má operação do reservatório durante a cheia, devido a uma cheia extraordinária - para a qual qualquer operação do reservatório seria ineficaz - ou pela formação de uma onda dentro do reservatório, de origem sísmica ou provocada pelo deslizamento de uma grande quantidade de terra das encostas.

Se o tempo e a intensidade do galgamento são suficientes, inicia-se uma brecha em um ponto qualquer mais fraco na crista da barragem, e esta brecha cresce com o tempo, por erosão, numa velocidade que depende do material da barragem e das características do reservatório (Collischonn,1997).

A figura a baixo, demonstra a formação de uma brecha por galgamento, sendo que o processo de formação segue a sequência apresentada abaixo.

- início em um ponto mais fraco;
- brecha em forma de “V”;
- aprofundamento da brecha;
- aumento lateral por erosão.

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 30 - 79



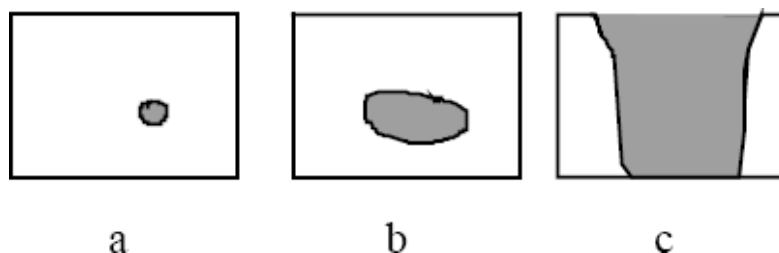
a b c d
 Figura 15 – Formação de brecha por galgamento
 Fonte: COLLISCHONN, 1997, p. 32

4.1.3.2. Infiltração

A infiltração ocorre devido à passagem da água através das paredes da barragem (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2002, p. 116). A água que se movimenta através da barragem, ou de suas fundações, pode originar na formação de uma brecha, se os volumes de água e material sólido superam determinados limites de segurança. A brecha inicia como um poro em um ponto qualquer da barragem e este poro cresce, por erosão, para todos os lados, até ocorrer o colapso.

A abaixo mostra a formação de uma brecha por erosão interna ou infiltração, típica de barragens de terra, que também ocorre conforme a sequência abaixo.

- Surgimento do poro;
- Aumento por erosão;
- Colapso da porção superior e erosão.



a b c
 Formação da brecha por infiltração
 Fonte: COLLISCHONN, 1997, p. 32

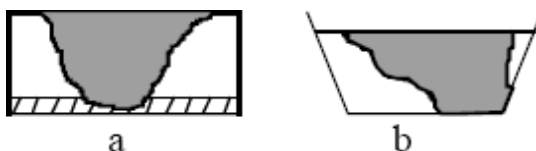
4.1.3.3. Falhas nas fundações e estruturais

Nas estruturas de concreto do tipo gravidade pode ocorrer uma falha estrutural geral, no caso de uma situação de instabilidade provocada por cargas hidrostáticas e uma deficiente capacidade de equilíbrio global, situação resultante de erro ou deficiência no projeto ou, ainda, de um

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 31 - 79

problema generalizado nas respectivas fundações; admite-se, contudo, que o cenário mais provável é o da abertura da brecha por remoção sucessiva de blocos ou a ruptura da zona superior do perfil da barragem no caso de excederem as tensões limites numa zona menos espessa do perfil da barragem, para a situação de galgamento; admite-se, em geral, uma ruptura parcial e gradual. O terreno sobre o qual a barragem está e a ligação da barragem ao terreno podem deslizar sob o efeito das acomodações geológicas que resultam do enchimento do reservatório ou da saturação do material da fundação por infiltração (Almeida 2007).

A figura abaixo apresenta o comportamento de um rompimento resultante de uma falha nas fundações ou de estruturas, ocorre a formação de uma brecha, que apresenta características parecidas, sejam elas barragem de terra ou concreto em gravidade (a), ou barragens de concreto em arco (b).



Brechas resultantes de falhas nas fundações

Fonte: COLLISCHONN, 1997, p. 33

4.1.3.4. Casos Estatísticos

Entre as causas de rompimentos Ramos e Melo (2007) identificam que em pesquisa envolvendo 1105 casos de deterioração de barragens pertencentes a 33 países, e em duas publicações elaboradas pela ICOLD e pela USCOLD (ICOLD, 1974 e USCOLD, 1975), a capacidade de vazão insuficiente ou o mau funcionamento dos órgãos de descarga de cheias, elementos associados ao galgamento foram responsáveis por cerca de 42% do número total de rupturas em barragens.

Por sua vez as relacionadas com as fundações (percolação, erosão interna), com as erosões localizadas e com o deficiente comportamento estrutural foram responsáveis por cerca de 23%.

4.1.4. Formação da Brecha

A formação da brecha pode ser descrita por três parâmetros básicos:

- tamanho;
- tempo de formação; e
- forma geométrica.

Todos estes parâmetros são fortemente influenciados pela causa do rompimento e pelo tipo de barragem.

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 32 - 79

São parâmetros importantes, pois influenciam diretamente na vazão e na altura da onda de enchente decorrente do rompimento. Uma brecha maior ou rompimento catastrófico e com tempo de formação mais rápido gera uma onda de enchente de maior volume e o esvaziamento mais rápido do reservatório, enquanto uma brecha menor e com tempo de formação mais lento geram uma onda de enchente menor e com esvaziamento lento do reservatório.

O manual Using HEC-RAS for Dam Break Studies (Agosto de 2014), indica de acordo com referências internacionais valores para formação da brecha, tabela abaixo.

Dam Type	Average Breach Width (B_{ave})	Horizontal Component of Breach Side Slope (H) (H:V)	Failure Time, t_f (hours)	Agency
Earthen/Rockfill	(0.5 to 3.0) x HD	0 to 1.0	0.5 to 4.0	USACE 1980
	(1.0 to 5.0) x HD	0 to 1.0	0.1 to 1.0	FERC
	(2.0 to 5.0) x HD	0 to 1.0 (slightly larger)	0.1 to 1.0	NWS
	(0.5 to 5.0) x HD*	0 to 1.0	0.1 to 4.0*	USACE 2007
Concrete Gravity	Multiple Monoliths	Vertical	0.1 to 0.5	USACE 1980
	Usually ≤ 0.5 L	Vertical	0.1 to 0.3	FERC
	Usually ≤ 0.5 L	Vertical	0.1 to 0.2	NWS
	Multiple Monoliths	Vertical	0.1 to 0.5	USACE 2007
Concrete Arch	Entire Dam	Valley wall slope	≤ 0.1	USACE 1980
	Entire Dam	0 to valley walls	≤ 0.1	FERC
	(0.8 x L) to L	0 to valley walls	≤ 0.1	NWS
	(0.8 x L) to L	0 to valley walls	≤ 0.1	USACE 2007
Slag/Refuse	(0.8 x L) to L	1.0 to 2.0	0.1 to 0.3	FERC
	(0.8 x L) to L		≤ 0.1	NWS

*Note: Dams that have very large volumes of water, and have long dam crest lengths, will continue to erode for long durations (i.e., as long as a significant amount of water is flowing through the breach), and may therefore have longer breach widths and times than what is shown in Table 3. HD = height of the dam; L = length of the dam crest; FERC - Federal Energy Regulatory Commission; NWS - National Weather Service

Tamanhos e tempo para formação da brecha

Fonte: Using HEC-RAS for Dam Break Studies (2014)

4.1.4.1. Tamanho

Em barragens de terra não ocorre o rompimento total da estrutura do talude, este rompimento também não é instantâneo, a brecha que se forma como resultado do rompimento tende a apresentar uma largura média (B) de $0,5H < B < 3H$, onde H é a altura da barragem. Desta forma, a largura da brecha

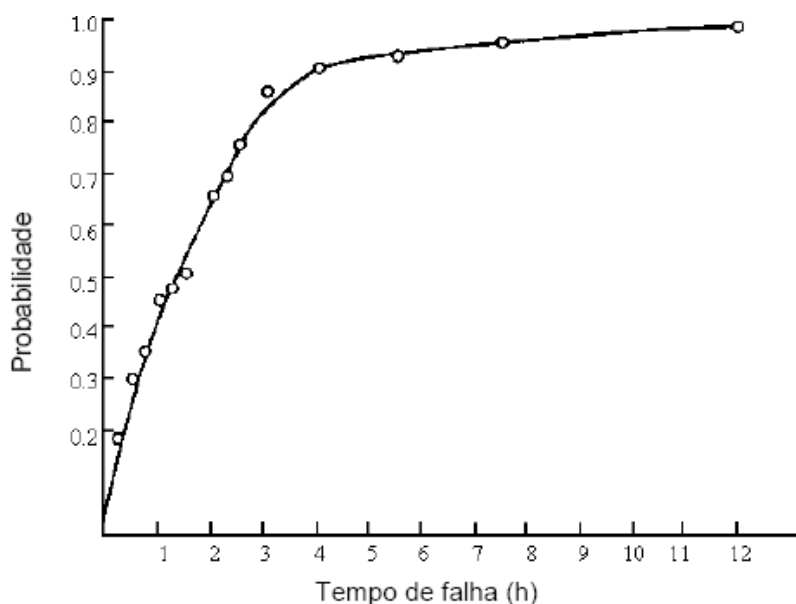
	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 33 - 79

em barragens de terra é muitas vezes inferior à largura total da barragem (COLLISCHONN, 1997).

4.1.4.2. Tempo de rompimento

Em barragens de terra por gravidade, onde ocorre a ruptura em forma de brechas o tempo de formação da mesma é usualmente maior que estruturas em concreto, dependendo da altura da barragem, do material utilizado na construção, do grau de compactação e da magnitude e duração da vazão de galgamento. O tempo de formação da brecha é maior em casos de infiltração que em casos de galgamento.

Na abaixo observa-se a probabilidade de o tempo de ruptura da brecha ser menor que um dado valor constante.



Tempo de formação da brecha

Fonte: MARTINS; VISEU, 2007, p. 9

O gráfico demonstra que metade das situações de rompimento ocorre em no mínimo 90 minutos tendendo para tempos maiores de formação da brecha, desta forma, resultados de simulação que objetivam valores médios podem utilizar este tempo de rompimento conforme observam Singh e Scarlatos (1988) apud Martins e Viseu (2007).

4.1.5. Modelagem Matemática

A simulação do rompimento utiliza os métodos de cálculo adotados para a análise dos regimes gradualmente variáveis, baseados nas equações de

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 34 - 79

Saint-Venant, que calculam o escoamento da água em rios, canais e reservatórios em regime permanente e não permanente.

Portanto, o escoamento obedece às leis da física, sendo representado por variáveis como vazão, profundidade e velocidade e o comportamento é descrito por equações de conservação de massa, energia e quantidade de movimento.

A simulação em regime não permanente bidimensional também é realizada com a aplicação das equações de Saint-Venant, porém as direções de fluxo consideram o plano bidimensional, conforme apresentadas abaixo

- Equação da continuidade (conservação da massa) – bidimensional;
- Equação da quantidade de movimento (conservação do momento) – bidimensional:

4.1.6. Identificação das áreas atingidas

A identificação das áreas atingidas é executada com a apresentação do mapa de inundação, que apresenta as áreas inundadas com as alturas máximas atingidas pela onda de enchente, que são necessárias para a separação da zona atingida da não atingida.

Todas as pessoas localizadas na zona atingida devem ser evacuadas, devendo ser estabelecida a Zona de Autossalvamento, de responsabilidade do empreendedor e a Zona de Salvamento Secundária, de responsabilidade da Defesa Civil e órgãos de proteção.

4.1.7. Apresentação dos valores de altura ao longo do tempo

Os valores de altura da onda ao longo do tempo servem para a identificação do tempo de chegada da onda de enchente ao longo do trecho de jusante a ser atingido. O tempo de chegada da onda em cada ponto é importante para o plano de evacuação e para estimar a população sob risco que pode ser alertada e afastada da zona inundada em tempo hábil.

A bibliografia internacional define dois tipos de eventos: aqueles em que o tempo disponível para alertar e evacuar a população é superior a 90 minutos (1 hora e meia), e aqueles em que o tempo é inferior a 90 minutos. Entre os eventos cujo tempo de alerta é superior a 90 minutos, a perda média de vidas é de 0,04 % da população ameaçada, já quando o tempo de alerta é inferior a 90 minutos a perda média equivale a 13 %.

Para a população localizada na área atingida em tempo inferior a 90 minutos recomenda-se um levantamento detalhado para definição das estratégias a serem incorporadas no Plano de Contingência da Defesa Civil e no Plano de Ação de Emergência da barragem.

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 35 - 79

A Zona Autossalvamento (ZAS), que consiste no trecho do vale a jusante onde não há tempo suficiente para intervenção da autoridade competente pode ser definida na seção em que o tempo de chegada da onda de inundação corresponde a 30 minutos, conforme definido pela Resolução ANEEL nº 1.064/2023.

4.1.8. Comparativo de altura x velocidade

O comparativo entre a velocidade e a altura da onda define formas de classificar as áreas de perigo entre baixo, alto e de julgamento (UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR, 1988) é feito com base em uma tabela que apresenta os resultados de acordo com intervalos de tempo.

Caso o cruzamento entre velocidade e altura se situe na área de perigo baixo o número de vidas em risco é assumido como zero.

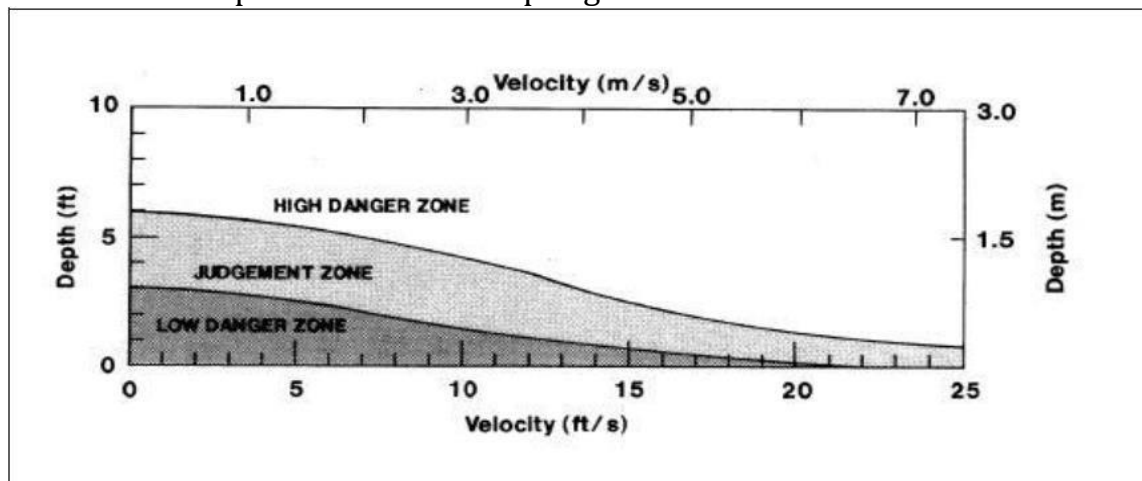
Caso este cruzamento se situe em área de perigo alto é assumido que existem vidas em risco.

Entre as zonas de perigo alto e baixo existe a zona de julgamento onde, devido ao grande número de variáveis incluídas na inundação é impossível determinar se existe risco de perda de vidas.

É realizado um levantamento em que são avaliadas as condições físicas da região, das construções ou qualquer característica que influencie no risco, por exemplo, um determinado acampamento, monumento ou atração pode receber um número muito pequeno de visitas durante o ano (ex. 100 pessoas por hora). Se o cruzamento entre velocidade e altura se situar na zona de julgamento, o risco de perda de vidas é considerado como zero em instalações com estas características.

O United States Department of the Interior estabelece gráficos para determinação das zonas de perigo. São apresentados aqui os gráficos de uso neste trabalho.

A abaixo apresenta o nível de perigo relacionado a residências.



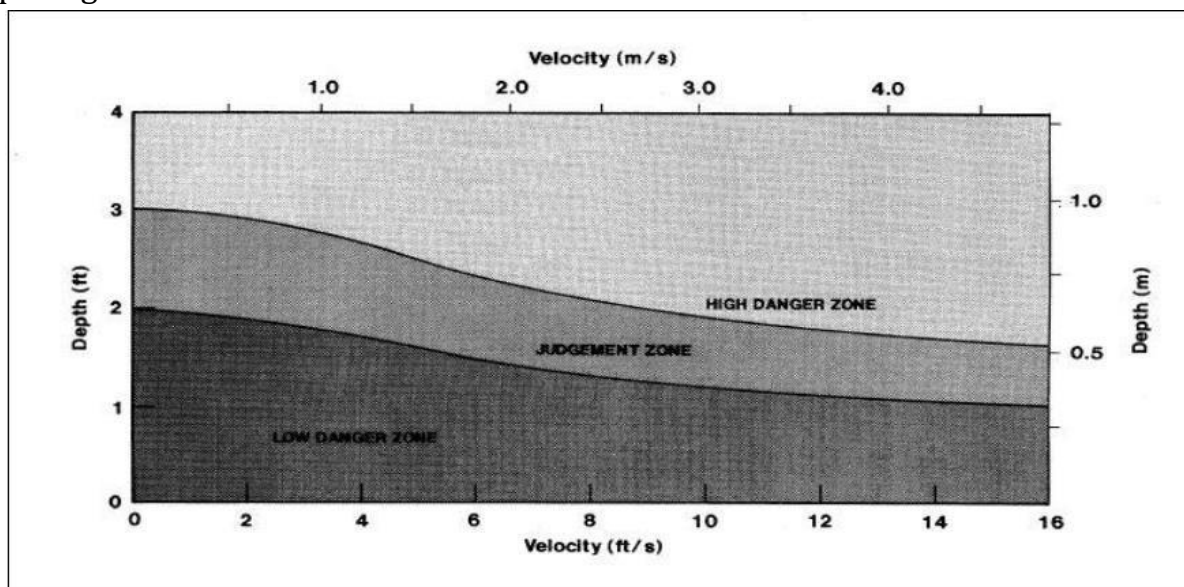
	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01		Número: FI-SANTANA-PAE-R01
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 36 - 79

Nível de perigo relacionado a residências

Fonte: UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR, 1988, pág.

25

Esta figura apresenta o nível de perigo relacionado a veículos de passageiros.



Nível de perigo relacionado a veículos de passageiros

Fonte: UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR, 1988, pág.

29

Está figura apresenta o nível de perigo relacionado a pessoas adultas.

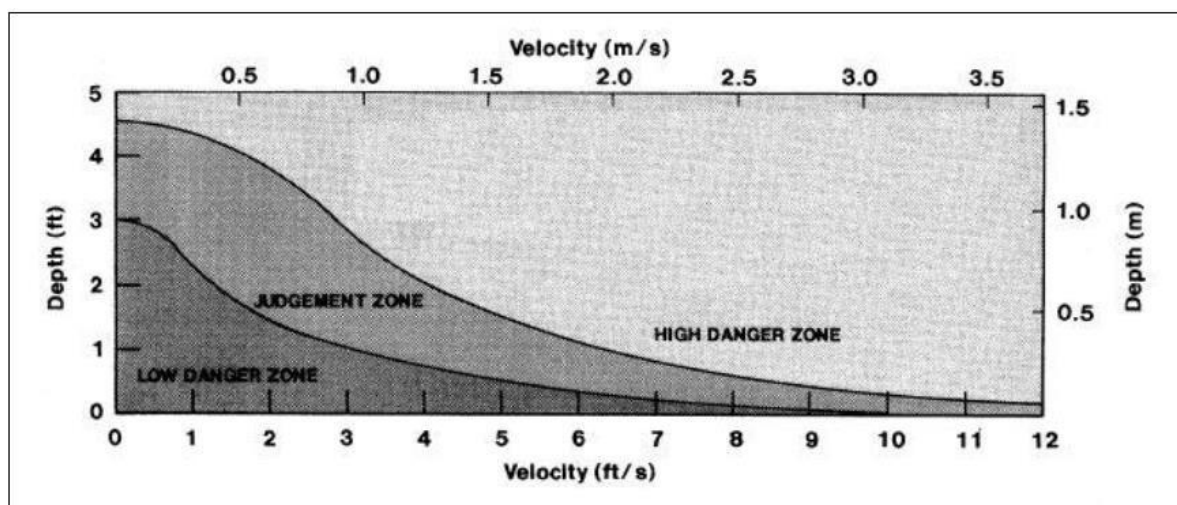
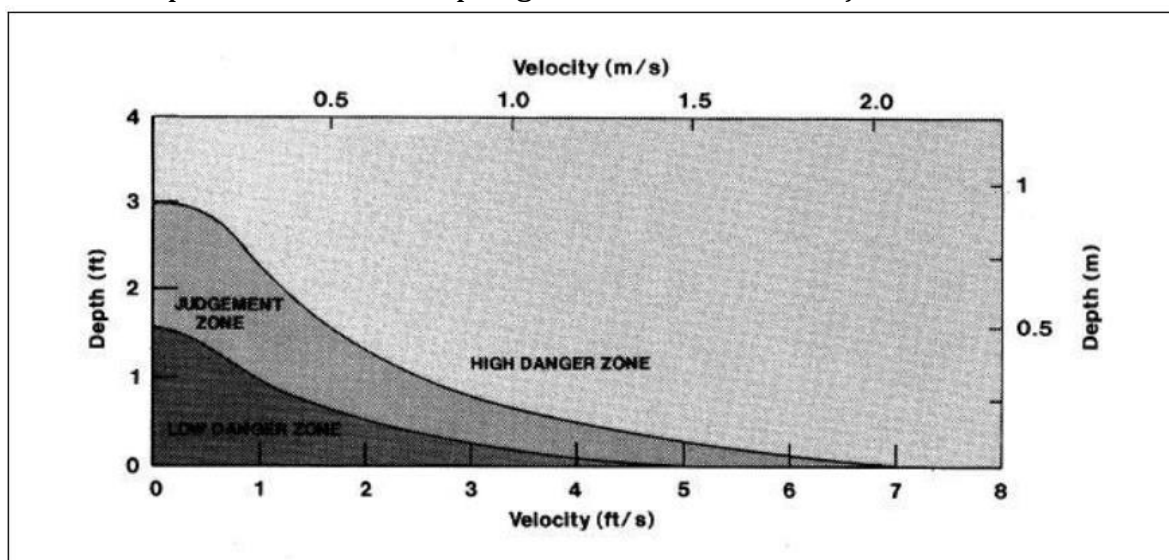


Figura 22 – Nível de perigo relacionado a adultos

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01		Número: FI-SANTANA-PAE-R01
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 37 - 79

31 Fonte: UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR, 1988, pág.

Esta apresenta o nível de perigo relacionado a crianças.



Nível de perigo relacionado a crianças

Fonte: UNITED STATES DEPARTMENT OF

4.2. VOLUME DOS RESERVATÓRIOS

A curva cota volume é um dos principais dados de entrada para este tipo de simulação, na qual, para este estudo, foram utilizados os dados levantados em campo e apresentado no relatório do projeto básico, conforme Figura 1 e Tabela 1.

Figura 1 – Curva Cota Volume do reservatório da PCH Santana.

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01		Número: FI-SANTANA-PAE-R01
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 38 - 79

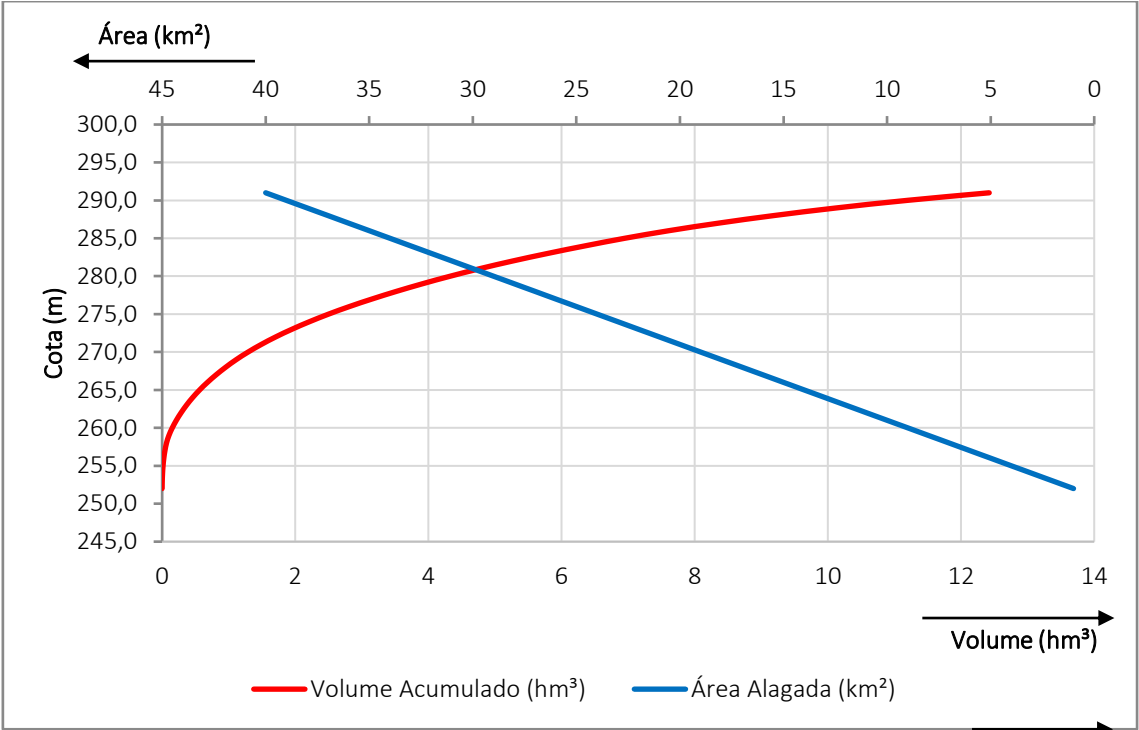


Tabela 1 – Curva Cota Volume tabular do reservatório da PCH Santana

Cota (m)	Área (km ²)	Volume (hm ³)	Cota (m)	Área (km ²)	Volume (hm ³)
252	-	0,00	272	0,23	1,71
253	0,00	0,00	273	0,25	1,95
254	0,01	0,01	274	0,28	2,21
255	0,01	0,01	275	0,30	2,50
256	0,01	0,03	276	0,33	2,81
257	0,02	0,04	277	0,35	3,15
258	0,03	0,07	278	0,38	3,52
259	0,05	0,10	279	0,40	3,91
260	0,06	0,15	280	0,43	4,33
261	0,07	0,21	281	0,47	4,78
262	0,08	0,29	282	0,51	5,26
263	0,09	0,37	283	0,54	5,79
264	0,10	0,46	284	0,58	6,35
265	0,11	0,56	285	0,61	6,95
266	0,12	0,68	286	0,71	7,61
267	0,14	0,81	287	0,79	8,36
268	0,15	0,95	288	0,88	9,19
269	0,17	1,11	289	0,99	10,13
270	0,19	1,29	290	1,15	11,19
271	0,21	1,49	291	1,32	12,42

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 39 - 79

4.3. TOPOGRAFIA

Os dados globais de elevação mais recentes apresentam artefatos associados a florestas e construções, o que limita sua utilidade em aplicações que demandam alturas precisas do terreno, como a simulação de inundações. Neste estudo, utilizamos técnicas de aprendizado de máquina e programas desenvolvidos pelo Copernicus para remover edificações e florestas, resultando, pela primeira vez, na produção de um Modelo Digital de Terreno (MDT) global com construções e florestas eliminadas, em uma resolução de grade de 1 segundo de arco (30 m).

O modelo foi refinado por meio de técnicas avançadas de correção algorítmica, aplicadas a um conjunto exclusivo de dados de elevação de referência provenientes de 12 países, abrangendo uma ampla diversidade de zonas climáticas e áreas urbanas. Essa abordagem apresenta uma aplicabilidade significativamente mais ampla em comparação com modelos digitais de terreno anteriores, que frequentemente eram ajustados com base nos dados de um único país. Nosso método reduziu o erro médio absoluto vertical em áreas construídas de 1,61 m para 1,12 m, e em áreas florestadas, de 5,15 m para 2,88 m.

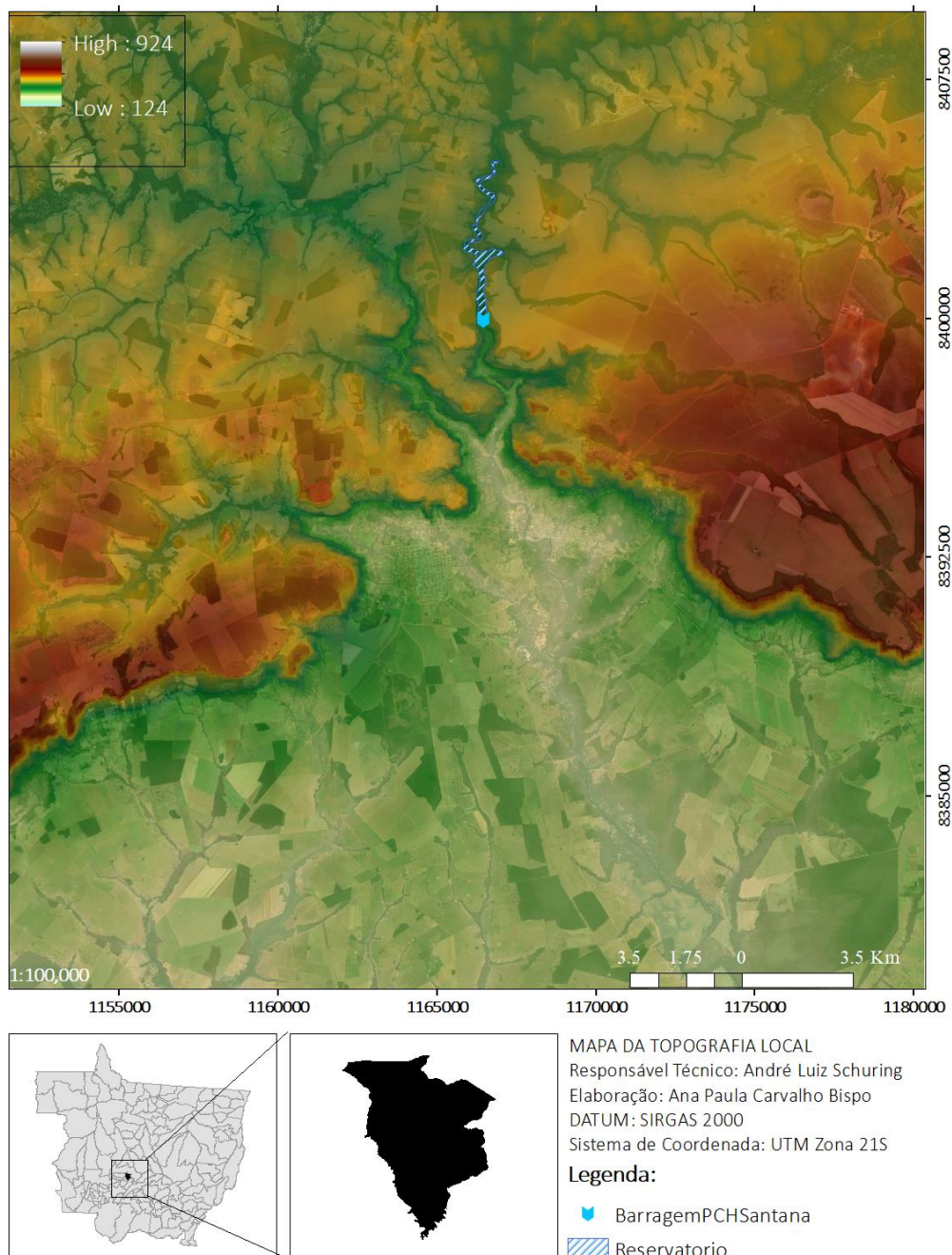
O novo mapa de elevação demonstra maior precisão em relação aos mapas globais existentes, fortalecendo aplicações e modelos que requerem informações topográficas globais de alta qualidade. No entanto, é importante ressaltar que MDTs elaborados com base em Modelos Digitais de Elevação (MDEs) podem apresentar sobreposição de erros, especialmente quando derivados de dados obtidos pelo satélite Alos, equipado com o sensor Palsar. Apesar de o modelo desse satélite ser frequentemente recomendado por sua resolução mais precisa (12,5 m), trata-se de uma reamostragem, que já incorpora erros de precisão.

De acordo com Hirt (2018), modelos digitais de elevação obtidos por sensoriamento remoto orbital estão sujeitos a diversos problemas, como vieses, deslocamentos, imperfeições, erros horizontais e verticais, ruídos de manchas e vazios (áreas não observadas ou “buracos”), que podem variar regionalmente.

No presente estudo, o modelo utilizado produziu mapas que representam adequadamente a realidade esperada. A topografia adotada foi baseada no Modelo Digital de Terreno (MDT) com resolução de 30 m, desenvolvido por Hawker et al. (2022), no qual edificações e florestas foram removidas do Modelo Digital de Elevação (MDE) Copernicus para a criação de um mapa global de elevação, conforme Figura 2.

Figura 2 – Configuração topográfica para o local de estudo

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 40 - 79

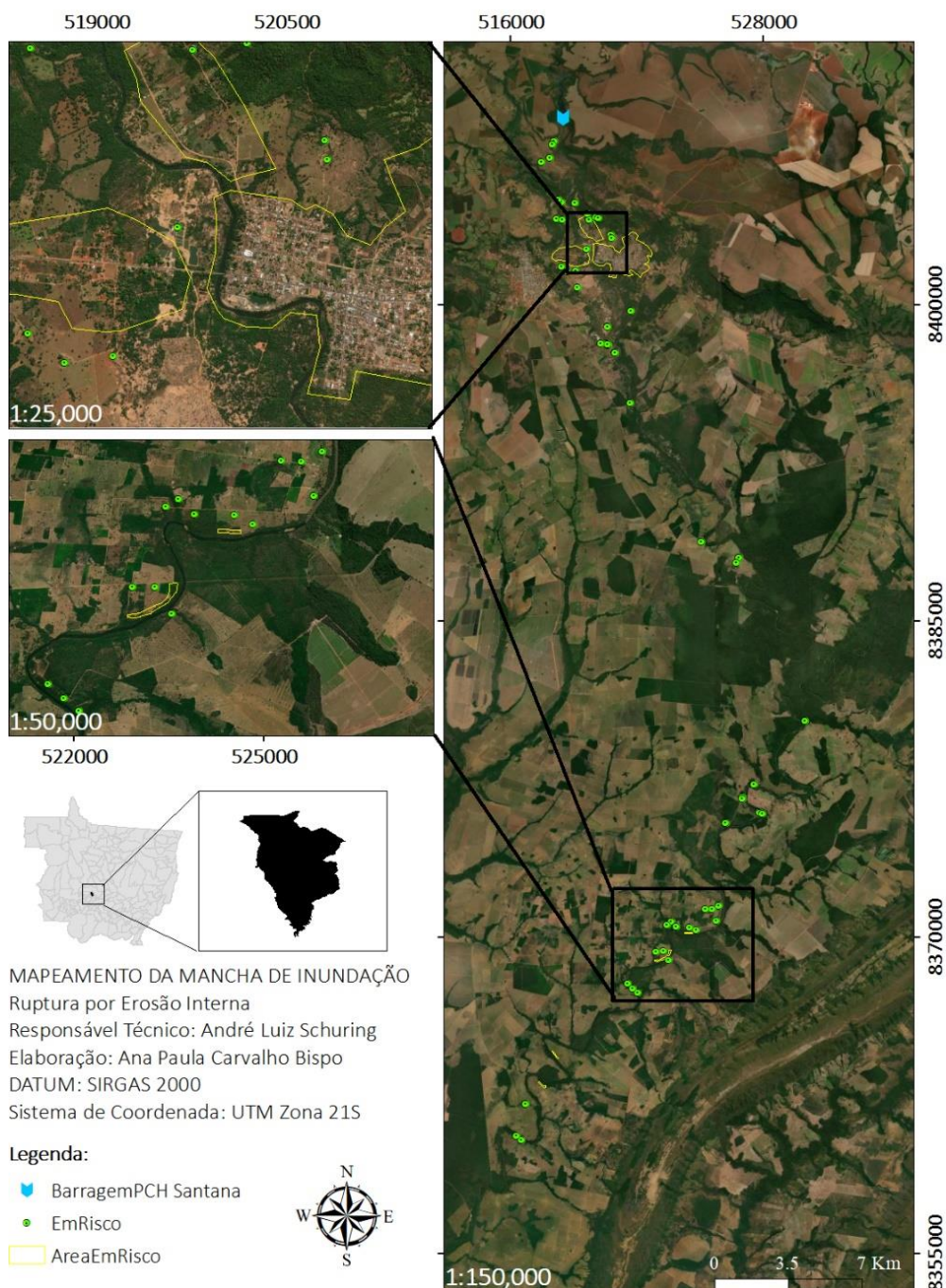


4.4. DESCRIÇÃO DA ÁREA A JUSANTE

A região a jusante do barramento é caracterizada pela existência dos municípios de Nortelândia e Arenápolis, pisciculturas, sedes e estruturas cuja finalidade não pode ser identificada por imagens de satélite podendo ser sedes, galpões, curral ou alguma estrutura de armazenamento em área rural (Figura 3).

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 41 - 79

Figura 3 – Mapeamento dos empreendimentos com potencial risco de serem atingidos pela onda de inundação



A Tabela 2 apresentado os empreendimentos, com potencial risco de serem atingidos, e sua posição geográfica.

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01		Número: FI-SANTANA-PAE-R01
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 42 - 79

Tabela 2 – Localização dos empreendimentos com potencial risco de serem atingidos pela onda de inundação

Nome	Latitude	Longitude	Nome	Latitude	Longitude
Sede 1	-14.40183	-56.83217	Estruturan6	-14.68414	-56.74880
Sede 2	-14.40346	-56.83287	Estruturan7	-14.69010	-56.74127
Sede 3	-14.40915	-56.83385	Estruturan8	-14.69030	-56.74090
Sede 4	-14.41084	-56.83739	Estruturan9	-14.69062	-56.73997
Sede 5	-14.42851	-56.82297	Sede17	-14.69475	-56.75614
Sede6	-14.43536	-56.83100	Reservatórios	-14.73030	-56.75908
Sede7	-14.44211	-56.80694	EstruturaN10	-14.73670	-56.76028
Sede8	-14.44346	-56.80673	Reservatorio3	-14.81545	-56.84412
Sede9	-14.45751	-56.82245	Pesqueiro marco	-14.83076	-56.84616
Sede10	-14.45805	-56.82601	Pesqueiro nossa senhora aparecida	-14.82895	-56.84820
Sede11	-14.45593	-56.82871	Reservatorios4	-14.92216	-56.89828
Sede12	-14.46497	-56.82157	Reservatorio5	-14.48881	-56.81131
Sede13	-14.47493	-56.79791	Estruturan11	-14.49277	-56.80507
Sede14	-14.48877	-56.80893	Sede18	-14.58283	-56.75153
Trilha Ecológica Chapadão Parecis	-14.43564	-56.81659	Sede19	-14.73174	-56.76209
Sítio Recanto da Santíssima Trindade	-14.42801	-56.82870	Sede20	-14.73170	-56.76504
Pesqueiro Peron	-14.44834	-56.81773	Sede21	-14.74072	-56.76922
EstruturaN1	-14.42697	-56.83020	Sede22	-14.73714	-56.78017
EstruturaN2	-14.43556	-56.82850	Sede23	-14.73830	-56.78204
EstruturaN3	-14.43456	-56.81343	Sede24	-14.73929	-56.77787
Pousada do Claudemir	-14.43517	-56.81262	Sede25	-14.73943	-56.77194
Chácara paredão	-14.43327	-56.81724	EstruturaN12	-14.75351	-56.78115
Areia santo Antônio	-14.48183	-56.80858	Estancia2irmaosii	-14.74972	-56.78357
Pesqueiro Otávio	-14.48970	-56.80793	Sede26	-14.74978	-56.78686
Pesqueiro América	-14.48924	-56.80828	Pesqueiro barra da ararinha	-14.76738	-56.79480
Estruturan4	-14.51444	-56.79827	Rancho paraíso	-14.76564	-56.79694
Reservatorio1	-14.57380	-56.76694	Rancho Zé Laiao	-14.76360	-56.79929
Reservatorio2	-14.58059	-56.75049	Pesqueiro pede gelo	-15.08748	-57.19837
Sede15	-14.65064	-56.72120	Pesqueiro Schaefer e Sagabinazi	-15.08889	-57.20130
Sede16	-14.67819	-56.74357	Pesqueiro pedacinho do céu	-15.08848	-57.20264
Estruturan5	-14.68342	-56.74882			

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 43 - 79

4.5. VAZÕES OBSERVADAS NA CALHA DO RIO PRINCIPAL

Para realização da simulação no cenário 1, foi utilizada a vazão decamilenar estimada para o projeto básico do barramento, apresentado no relatório final, cuja vazão máxima foi de $657\text{m}^3.\text{s}^{-1}$.

Além disso, foi considerada a vazão de referência $Q_{95} = 11\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ para compor o hidrograma de escoamento, de forma a garantir uma simulação para 7 dias.

4.6. METODOLOGIA, PREMISSAS E CRITÉRIOS

Foi realizada uma modelagem no HEC-RAS para simulação bidimensional, cujo resultado foi a distância percorrida pela onda de inundação, bem como altura, tempo de chegada e velocidade do escoamento, georreferenciados.

Para isso, definiu-se a geometria, que compreende a seção da barragem e a área alagada do reservatório e as malhas computacionais para cálculo dos conceitos físicos envolvidos no processo, em que se considerou o escoamento de regime não permanente.

4.6.1. DEFINIÇÃO DOS CENÁRIOS DE SIMULAÇÃO

O estudo da ruptura de barragens compreende o desenvolvimento de um modelo de simulação de cheias resultantes de eventos acidentais em barragens. De forma habitual, nesse tipo de estudos realizam-se duas análises:

ruptura decorrente de falhas estruturais, que são referenciadas como rupturas devido a erosão interna (piping) ou de dias secos (sunny day).

ruptura por galgamento (overtopping), também denominada ruptura hidrológica.

4.6.1.1. Estudo da ruptura por falha estrutural ou “piping”

Esse tipo de ruptura produz-se por uma falha estrutural da barragem. No caso de barragens de terra ou enrocamento, essa falha ocorre quando existem infiltrações através do corpo da barragem, de tal modo que se produz uma erosão e arraste dos materiais, que acabam causando uma ruptura. A ruptura também pode ser ocasionada por algum problema na compactação do maciço da barragem, criando-se um caminho para o fluxo de água, que acaba arrastando partículas de solo, progressivamente, resultando no fenômeno de Piping. No caso de barragens de concreto, a falha estrutural normalmente ocorre devido a problemas relacionados a deficiências do próprio concreto utilizado.

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 44 - 79

4.6.1.2. Estudo da ruptura por galgamento ou “overtopping”

A ruptura por galgamento ocorre quando o nível d’água no reservatório se eleva além da cota da crista da barragem. No caso das barragens de terra, o galgamento produz um arraste de materiais e a posterior ruptura. No caso das barragens de concreto, um galgamento não produz necessariamente uma ruptura, porém, as sobrecargas a que a barragem pode ser submetida podem conduzi-la à ruptura. Normalmente, as rupturas por galgamento devem-se a chuvas muito intensas, que produzem cheias nos cursos fluviais superiores à capacidade do vertedouro.

Outro causa de uma ruptura por galgamento pode ser a ruptura a montante de outra barragem, de tal modo que a barragem de jusante é incapaz de laminar e verter todo volume advindo da barragem de montante, elevando-se o nível acima da cota da crista e provocando uma ruptura em cascata. No caso da ruptura por galgamento de uma barragem, ocasionada por chuvas intensas, as chuvas – e, conseqüentemente as vazões resultantes – podem ser muito diferentes, mas a associação de todas as vazões geradas concorre para elevar o nível acima da crista da barragem.

4.6.2. Cenários de Simulação Definidos

Portanto, neste relatório serão apresentados dois cenários de ruptura hipotética para a barragem em estudo:

- Cenário 1 – galgamento: considerando a máxima envoltória para as áreas de risco a jusante, associado a um evento extremo de precipitação, sendo essencial para o estabelecimento do sistema de aviso e alerta e do plano de emergência, considerando a cascata.
- Cenário 2 – galgamento em cascata: foi realizada também uma simulação do rompimento da PCH Santana considerando a rotura da PCH Santana 1 por erosão interna, localizada a montante. Para realização da simulação neste cenário e do cenário 1, foram utilizados os dados presentes no relatório de DAMBREK elaborado para a barragem Santana 1, cujas informações estão expressas na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**;
- Cenário 3 – erosão interna, a ruptura mais provável, considerando o nível máximo normal, sendo essencial para fins de uso e ocupação do território a jusante, considerando que a vazão regularizada pelas usinas, permitem que elas operem neste nível por longos períodos de regularização.

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 45 - 79

4.7. MALHA COMPUTACIONAL E COEFICIENTES DE ENTRADA

Além dos dados já apresentados, foram o HEC-RAS necessita como dados de entrada os coeficientes da barragem com base no cenário de ruptura escolhido, além da definição da malha e condições de contorno, conforme.

Os valores atribuídos estão de acordo com as recomendações apresentadas no HEC-RAS User's Manual. Além disso, a malha computacional utilizada foi a que permitiu menor erro durante o cálculo, associado ao refinamento mediante breaklines.

Com relação as cotas do nível d'água (NA) dos reservatórios, para o cenário 1 optou-se por utilizar a cota no nível máximo de armazenamento do barramento, uma vez que ele está associado a um evento extremo de precipitação, e a barragem romper após elevação superior a máxima, igual a cota na crista da barragem.

Logo, os dados de entrada estão expressos na Tabela 3.

Tabela 3 – Malha computacional e coeficientes de entrada

Dados de Entrada	Santana 1	Santana 1
Malha Jusante (m)	250x200	200ax200
Malha montante (m)	250x250	250x250
Coeficiente de brecha (piping)	0.5	0.5
Coeficiente de brecha (galgamento)	1.4	1.44
Coeficiente da barragem (Cd)	1.4	1.44
Condições de contorno	Profundidade normal	Profundidade normal
Condição iniciais do NA cenário 1 - cota (m)	290	323.61
Condição iniciais do NA cenário 2 - cota (m)	294	326
Parâmetro Teta	0.6	0.6

4.8. RESULTADOS

Em relação à caracterização da brecha, foram utilizadas equações empíricas para determinação dos parâmetros. Von Thun e Gilette e Froehlich não apresentam fórmulas para o cálculo da altura da brecha. Desse modo, Brunner recomenda a utilização da altura da barragem para representação do parâmetro. Além disso, o tempo de formação para Xu e Zhang é sempre superior às outras equações devido à metodologia aplicada no estudo para elaboração das demais equações, pois incluem em suas avaliações a erodibilidade do maciço, sobre a qual não há informações a respeito.

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 46 - 79

4.9. DEFINIÇÃO DA BRECHA DE RUPTURA E VAZÃO DE PICO

Para análise das características da brecha foram utilizadas as equações empíricas recomendadas por Brunner e propostas por Von Thun e Gillette, Froehlich e Xu and Zhang.

Quadro 1- Equações empíricas avaliadas para determinação da característica da brecha de ruptura

Parâmetro	Von Thun e Gillette	Froehlich	Xu e Zhang
Largura média (m)	$2,5H_w + C_b$	$0,27K_0V_w^{0,32}H_b^{0,04}$	$\left[0,787\left(\frac{H_d}{H_r}\right)^{0,133}\left(\frac{\sqrt[3]{V_w}}{H_w}\right)^{0,622}e^{(b_3+b_4+b_5)}\right] \times H_b$
Largura do Topo (m)	-	-	$\left[1,062\left(\frac{H_d}{H_r}\right)^{0,092}\left(\frac{\sqrt[3]{V_w}}{H_w}\right)^{0,508}e^{(b_3+b_4+b_5)}\right] \times H_b$
Altura (m)	-	-	$\left[C_1 - 0,025\left(\frac{H_d}{H_r}\right)\right] \times H_d$
tempo de formação (h)	$0,020H_w + 0,25$	$\frac{63,2\sqrt{\frac{V_w}{gH_w^2}}}{3600}$	$\left[0,304\left(\frac{H_d}{H_r}\right)^{0,707}\left(\frac{\sqrt[3]{V_w}}{H_w}\right)^{1,228}e^{(b_3+b_4+b_5)}\right] \times T_r$

Fonte: Silva e Ribeiro (2022).

A partir dos parâmetros de brecha obtidos pela aplicação das equações indicadas, foram utilizadas as equações empíricas apresentadas para cálculo das vazões de pico do hidrograma de ruptura.

Quadro 2 - Equações empíricas avaliadas para determinação da Vazão de Pico

Autor	Vazão de Pico
Lou	$Q_p = 7,638H_d^{1,909}$
Hagen	$Q_p = 1,205(H_dV)^{0,48}$
Saint-Venant (-) <i>apud</i> Verol <i>et al.</i>	$Q_p = \frac{8}{27}B_d\sqrt{gY_{medio}^3}$
Schoklistch <i>apud</i> ICOLD	$Q_p = \frac{8}{27}\left(\frac{B_d}{B_h}\right)^{\frac{1}{2}}B_d\sqrt{gY_{medio}^3}$
USBR	$Q_p = 19H_d^{1,85}$
Singh	$Q_p = 1,7B_dH_h^{\frac{3}{2}}$
Wernire e Fread	$Q_p = 1,7B_d\left\{\frac{1,94\frac{A_s}{B_d}}{T_f + \left[\frac{1,94A_s}{(B_d\sqrt{H_d})}\right]}\right\}^3$

Fonte: Silva e Ribeiro (2022).

A metodologia apresentada nesta seção foi realizada de acordo com a pesquisa desenvolvida por Silva e Ribeiro (2022), sendo assim, mais detalhes sobre os métodos podem ser verificados no manuscrito.

A escolha da vazão de pico foi auxiliada pelo trabalho de Wahl (1998), que, baseado em estudos e casos de rupturas já ocorridos relaciona valores

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 47 - 79

vazões de pico observados e estimados por equações com as seguintes características do barramento: altura da barragem e nível da água no momento da ruptura (m); volume total do reservatório e volume de água a acima da brecha (m³); e o produto das variáveis altura e volume (m³).

A determinação da forma do hidrograma de ruptura da barragem foi baseada no hidrograma com decaimento parabólico apresentado por Barfield et al. Este formato de hidrograma é mais condizente com casos já ocorridos em barragens de terra e por caracterizar de modo mais gradual o esvaziamento do reservatório comparado ao hidrograma triangular simplificado.

$$Q_{(t)} = Q_p \times \left[\left(\frac{1}{T_p} \right) \times e^{\left(1 - \frac{t}{T_p} \right)} \right]^K \quad 01$$

na qual T_p é o tempo de pico (h) e K é um fator de ponderação, que varia entre 0,01 e 5,0, e é calibrado de tal modo que o volume do hidrograma de ruptura seja igual ao volume do reservatório (adimensional).

Para a propagação do hidrograma de ruptura foi utilizado o modelo HEC-RAS 6.2, adotando o regime não-permanente e escoamento bidimensional. A simulação ocorre por meio da solução das equações de conservação de massa e conservação da quantidade de movimento de Saint-Venant.

4.10. BRECHA DE RUPTURA E VAZÃO DE PICO

Aplicando as equações do Quadro 1 obteve-se os valores apresentados nas Tabela 4 e Tabela 5, para determinação dos parâmetros da brecha de ruptura hipotética da barragem em estudo.

Tabela 4 - Parâmetros da brecha obtidos pelas equações empíricas para ruptura por galgamento

Parâmetro	Von Thun e Gillette	Froehlich	Xu e Zhang
largura média (m)	160,2	78,8	44,4
Largura do topo (m)	114,2	68,2	66,2
largura base (m)	116,2	34,8	22,6
Altura (m)	44,0	44,0	43,9
Inclinação	1H:1V	1H:1V	0.5H:1V
Tempo de formação (h)	1,09	0,47	4,23

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01		Número: FI-SANTANA-PAE-R01
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 48 - 79

Tabela 5 - Parâmetros da brecha obtidos pelas equações empíricas para ruptura por erosão interna

Parâmetro	Von Thun e Gillette	Froehlich	Xu e Zhang
largura média (m)	154,9	62,3	88,8
Largura do topo (m)	110,2	68,2	134,4
largura base (m)	110,9	18,3	43,2
Altura (m)	44,0	44,0	43,9
Inclinação	1H:1V	1H:1V	1.04H:1V
Tempo de formação (h)	1,05	0,47	0,73

Utilizou-se o tempo de formação (h) como parâmetro de tomada de decisão, sendo assim, a brecha para o cenário de ruptura por galgamento e por erosão interna foram os valores para os parâmetros resultantes da equação de Froehlich.

A Tabela 6 apresenta os valores de vazões de pico obtidos pela aplicação das equações empíricas avaliadas com base na geometria da barragem em estudo.

Tabela 6 - Valores de vazões de pico obtidos pela aplicação das equações empíricas avaliadas

Autor	Erosão Interna (m ³ .s ⁻¹)	Galgamento (m ³ .s ⁻¹)
Lou	10479	10479
Hagen	17919	17919
Saint-Venant apud Verol et al.	895	966
Schoklistch apud ICOLD	1069	1155
USBR	20852	20852
Singh	4962	4962
Wetmore e Fread	33715	33636

4.11. HIDROGRAMA DE RUPTURA

Visando a representação de um cenário mais extremo possível de ruptura, foi adotada a maior vazão de pico obtida pelas equações com resultados mais próximos dos observados com base em Wahl (1998). Ou seja, para ambos os cenários de ruptura, a vazão de pico de 10479 m³.s⁻¹ foi encontrada pela relação de Lou (Tabela 6). Isso porque as vazões estimadas para cada cenário conforme Wahl (1998) foram:

Cenário 1: 11134 m³.s⁻¹ conforme Webby (1996) e Froehlich (1995) e 3879 m³.s⁻¹ conforme Walder and O'Connor;

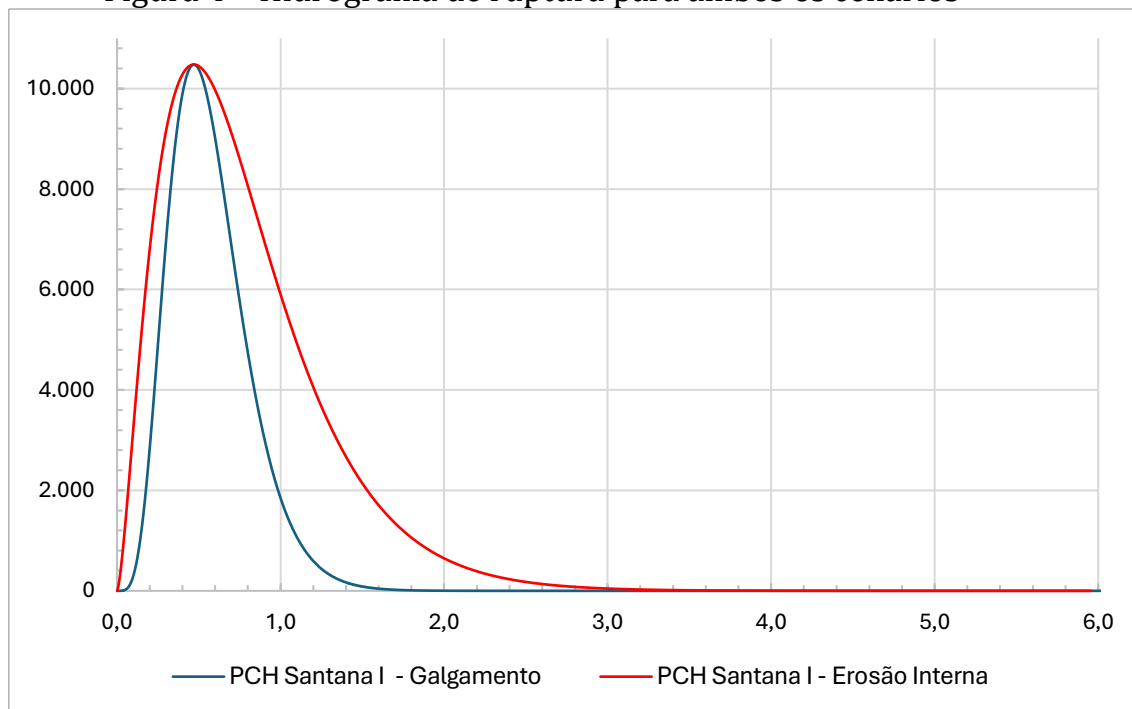
	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 49 - 79

Cenário 3: 9377 m³.s-1 conforme Webby (1996) e Froehlich (1995) e 3698 m³.s-1 conforme Walder and O'Connor.

Os fatores de ponderação para ajuste dos volumes propagados foram iguais a aproximadamente 4,66 e 1,54 para o cenário 1 e 3, cujo tempo de esvaziamento do reservatório foi de 3,05h e 5,96h, respectivamente, com uma precisão de volume escoado na 3º casa decimal, neste sentido, o escoamento gerado a partir destes tempos seria respectivamente o volume escoado na calha do rio normalmente.

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta os hidrogramas de ruptura para cada barramento de acordo com seu volume, considerando ambos os cenários de ruptura.

Figura 4 – Hidrograma de ruptura para ambos os cenários



4.12. MAPEAMENTO DA INUNDAÇÃO

A partir da Figura 5 e Figura 6 é possível observar o mapeamento da onda de inundação decorrentes das rupturas por galgamento e erosão interna, cenários 1 e 3 respectivamente.

No cenário 1, a mancha atingiu uma área de aproximadamente 293km² e um perímetro de 769km, respectivamente e no cenário 2 ela atingiu área igual a 23km e perímetro de 382km.

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 50 - 79

Para o cenário 2, em que a PCH Santana 1 é rompida por erosão interna, observou-se que a PCH Santana I foi capaz de amortecer a onda da inundação. É possível constatar esta observação a partir da mensagem de computação conforme apresentado na Seção

Na Seção 4.15 e Seção 0 são apresentados os empreendimentos potencialmente atingidos pela onda de inundação, o tempo de chegada, velocidade e altura da lâmina d'água para o cenário 1, na qual resultou em um cenário mais crítico.

Optou-se por apresentar estes parâmetros em mapas, com o uso de isolinhas para facilitar a visualização.

Figura 5 – Mapa da altura da onda de inundação decorrente do rompimento por galgamento

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 51 - 79

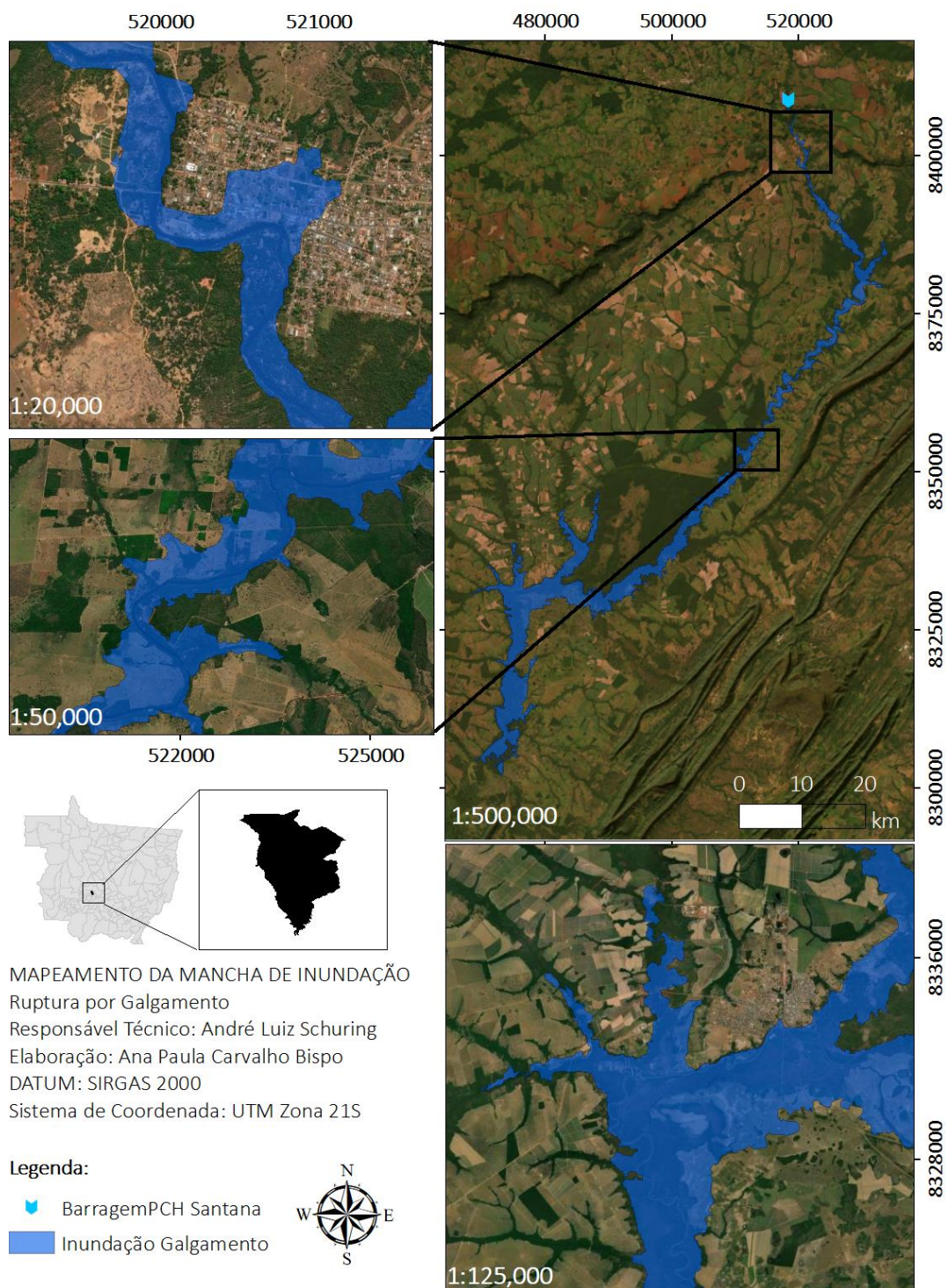
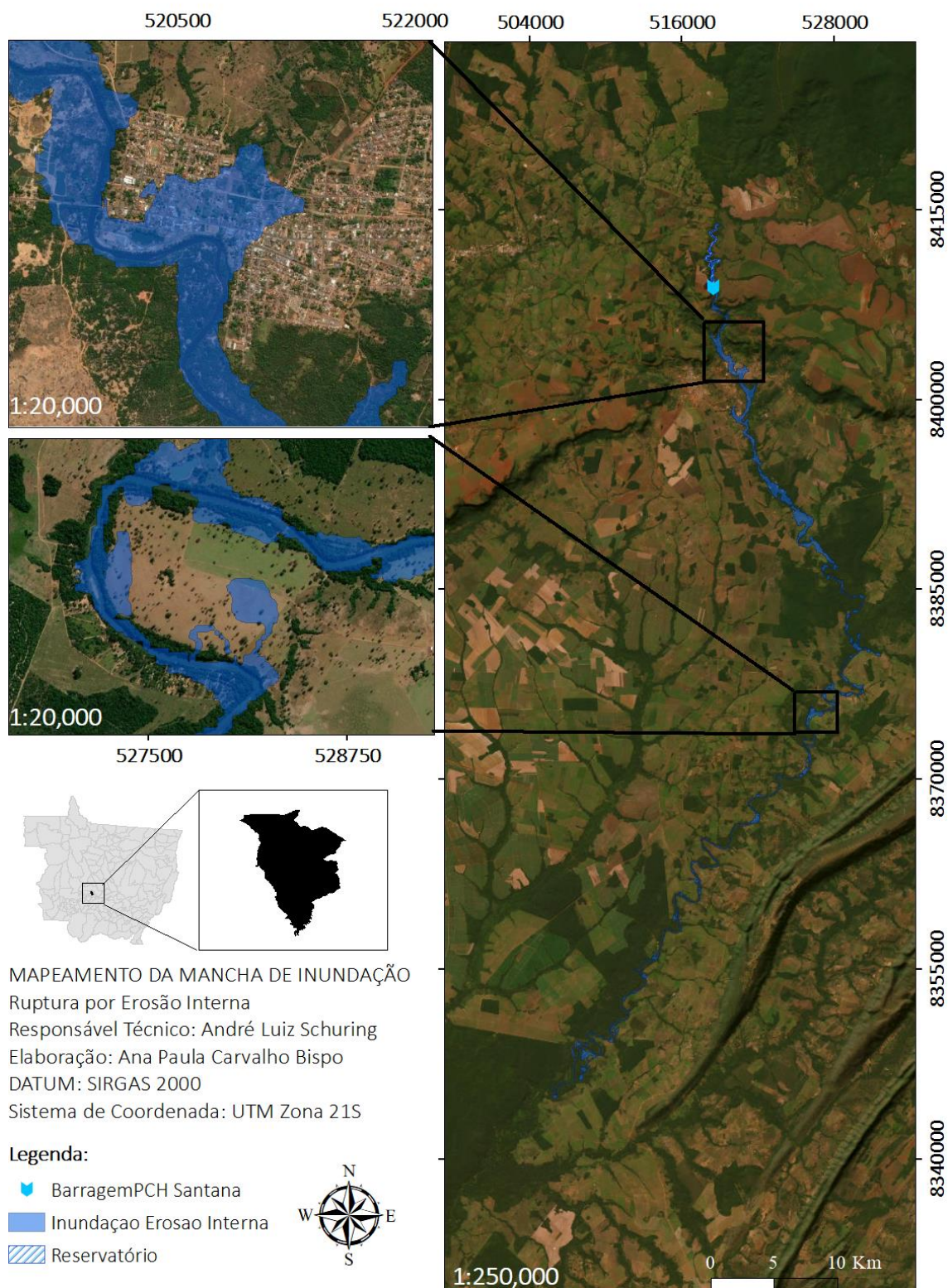


Figura 6 – Mapa da altura da onda de inundação decorrente do rompimento por erosão interna

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 52 - 79



	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 53 - 79

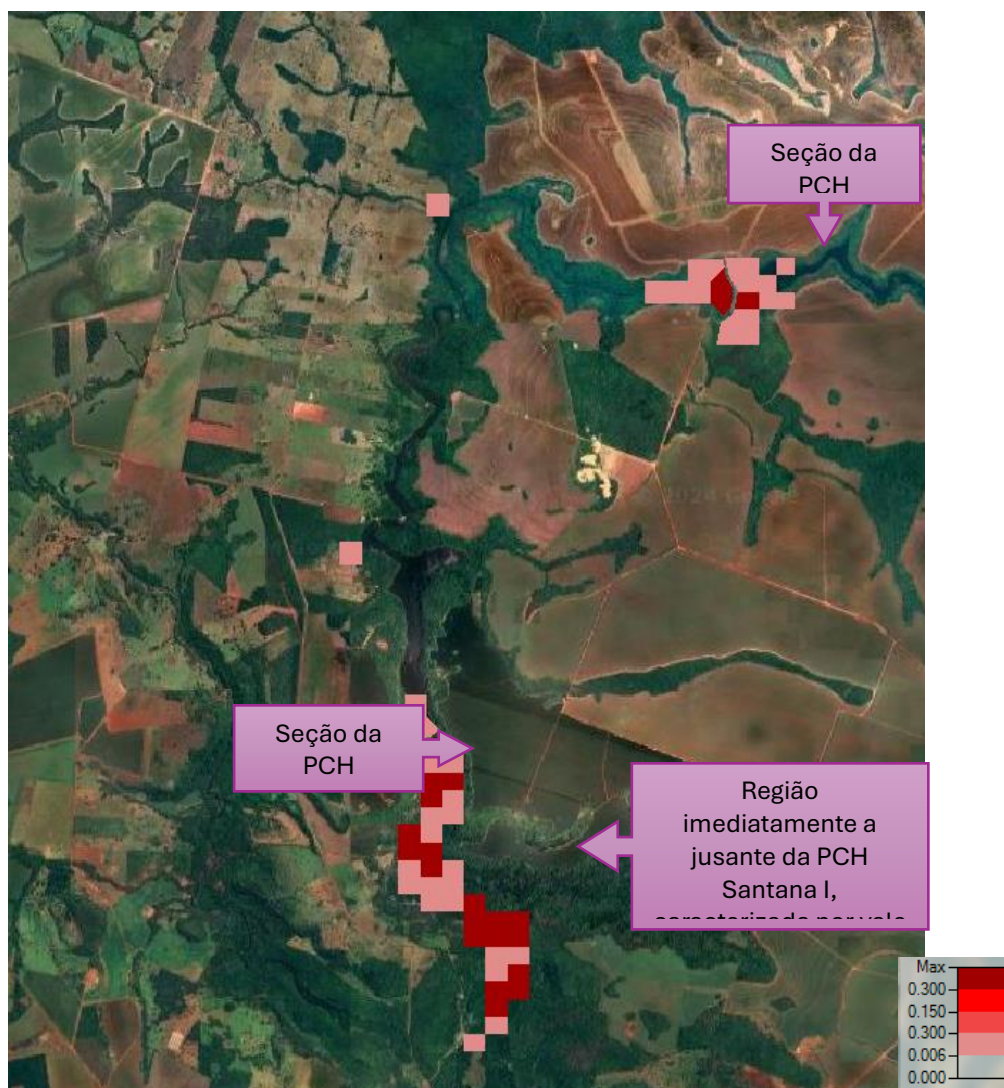
4.13. MENSAGEM DE COMPUTAÇÃO

O sucesso das simulações, assim como erros ocorridos podem ser observados nas mensagens de computação.

4.13.1. Cenário 1

Para o cenário 1 não foi possível eliminar os erros admissíveis uma vez que tais erros ocorreram principalmente em locais onde é impossível fazer alterações por estarem relacionados com a localização e geometria da barragem e topografia da região.

Figura 7 – Mapa de erro da superfície da água.



	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 54 - 79

Assim, as áreas com maiores erros foram imediatamente a montante e a jusante da seção das barragens e principalmente na região imediatamente a jusante da barragem, que é caracterizada por um vale estreito, cuja velocidade da água é elevada em uma área muito pequena, acarretando erros de cálculo, além da influência do elevado volume de água que ocorre em razão do evento extremo considerado.

O Quadro 3 apresenta a mensagem de computação da simulação do cenário 1.

Quadro 3 – Mensagem de computação da simulação do cenário 1

Plan: 'SIM_OT3' (DAMBREAK.p02)

Simulation started at: 03Dec2024 03:53:18 PM

Writing Geometry...

Computing 2D Flow Area 'AreaJusante' tables: Property tables do not exist.

2D Flow Area 'AreaJusante' tables complete 198.82 sec

Computing 2D Flow Area 'AreaMontSantana 1' tables: Property tables do not exist.

2D Flow Area 'AreaMontSantana 1' tables complete 0.40 sec

Computing 2D Flow Area 'AreaMontSantana' tables: Property tables do not exist.

2D Flow Area 'AreaMontSantana' tables complete 0.47 sec

Completed Writing Geometry

Geometric Preprocessor HEC-RAS 6.2 March 2022

Finished Processing Geometry

Writing Event Conditions ...

Completed Writing Event Condition Data

Performing Unsteady Flow Simulation HEC-RAS 6.2 March 2022

Unsteady Input Summary:

2D Unsteady SWE-ELM Equation Set (faster)

Breach at BSantana 1 at 01DEC2024 02:11:15

Breach at BSantana at 01DEC2024 02:59:15

Overall Volume Accounting Error in 1000 m³: 527933.

Overall Volume Accounting Error as percentage: 735.8

Please review "Computational Log File" output for volume accounting details

Writing Results to DSS

Finished Unsteady Flow Simulation

1D Post Process Skipped (simulation is all 2D)

Computing Stored Results Maps

0 Maps generated for 'DAMBREAK.p02.hdf'

Computations Summary

Computation Task	Time(hh:mm:ss)
Completing Geometry	3:24
Preprocessing Geometry	<1
Completing Event Conditions	2

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 55 - 79

Unsteady Flow Computations	5:24:19
<u>Computing Maps</u>	<u>1</u>
Complete Process	5:27:48
<u>Computation Speed</u>	<u>Simulation/Runtime</u>
Unsteady Flow Computations	30.9x
Complete Process	30.6x

4.13.2. Cenário 2

No cenário 2 foi verificada a rotura da PCH Santana 1 por galgamento, em decorrência de ruptura da PCH Santana 1 e conforme Quadro 4 é possível observar que a barragem em estudo amortece a onda de ruptura da barragem de montante.

Quadro 4 - Mensagem de computação da simulação do cenário 2

Results Files

DAMBREAK_PCH-SANTAN.p02_SIM_PP_CASCATA

Plan: 'SIM_PP_CASCATA' (DAMBREAK_PCH-SANTAN.p02)

Simulation started at: 31Oct2024 11:30:25 PM

Writing Geometry...

Computing 2D Flow Area 'AreaJusante' tables: Property tables do not exist.

2D Flow Area 'AreaJusante' tables complete 52.42 sec

Computing 2D Flow Area 'AreaMontante' tables: Property tables do not exist.

2D Flow Area 'AreaMontante' tables complete 0.20 sec

Completed Writing Geometry

Geometric Preprocessor HEC-RAS 6.2 March 2022

Finished Processing Geometry

Writing Event Conditions ...

Completed Writing Event Condition Data

Performing Unsteady Flow Simulation HEC-RAS 6.2 March 2022

The SA 2D Connection at Barragem

has a weir breach lower than the cells they are connected to for 2D Area AreaMontante

Riv Sta	Weir Sta	Weir Elv	Cell	Cell Elv	Face Points
	142.60	250.000	162	281.469	174 293
	177.40	250.000	162	281.469	174 293

has a weir breach lower than the cells they are connected to for 2D Area AreaJusante

Riv Sta	Weir Sta	Weir Elv	Cell	Cell Elv	Face Points
	142.60	250.000	102017	261.359	113062 110006
	177.40	250.000	102017	261.359	113062 110006

Unsteady Input Summary:

2D Unsteady SWE-ELM Equation Set (faster)

Breach at bBarragemMontant at 01DEC2024 00:00:15

Overall Volume Accounting Error in 1000 m^3: 15.13

Overall Volume Accounting Error as percentage: 0.2436

Please review "Computational Log File" output for volume accounting details

Writing Results to DSS

Finished Unsteady Flow Simulation

1D Post Process Skipped (simulation is all 2D)

Computing Stored Results Maps

0 Maps generated for 'DAMBREAK_PCH-SANTAN.p02.hdf'

Computations Summary

Computation Task	Time(hh:mm:ss)
Completing Geometry	54
Preprocessing Geometry	<1
Completing Event Conditions	<1
Unsteady Flow Computations	13:42
Computing Maps	<1
Complete Process	14:39

Computation Speed	Simulation/Runtime
Unsteady Flow Computations	416x
Complete Process	389x

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 56 - 79

4.13.3. Cenário 3

Já para o cenário 3, apenas com o refino da malha foi possível atingir um erro aceitável para o caso em estudo (

Quadro 5 – Mensagem de computação da simulação do cenário 3

Results Files	
DAMBREAK PCH-SANTANA03 SIM PP2	
03DEC2024 00:27:15 AreaJusante	Cell # 6882 169.69 0.006 20
03DEC2024 00:27:30 AreaJusante	Cell # 6882 169.69 0.003 20
03DEC2024 00:28:15 AreaJusante	Cell # 6882 169.69 0.008 20
03DEC2024 00:29:00 AreaJusante	Cell # 6882 169.68 0.008 20
03DEC2024 00:30:45 AreaJusante	Cell # 6882 169.69 0.008 20
03DEC2024 00:31:45 AreaJusante	Cell # 6882 169.70 0.008 20
Overall Volume Accounting Error in 1000 m^3: 66.24	
Overall Volume Accounting Error as percentage: 0.5795	
Please review "Computational Log File" output for volume accounting details	
Writing Results to D55	
The maximum storage area wsel error was 0.007	
Reservatorio at 01DEC2024 01:49:15	
Finished Unsteady Flow Simulation	
1D Post Process Skipped (simulation is all 2D)	
Computing Stored Results Maps	
Computations Summary	
Computation Task	Time(hh:mm:ss)
Completing Geometry	55
Preprocessing Geometry	<1
Completing Event Conditions	<1
Unsteady Flow Computations	21:42
Computing Maps	<1
Complete Process	22:39
Computation Speed	Simulation/Runtime
Unsteady Flow Computations	263x
Complete Process	252x

4.14. ZONA DE AUTOSSALVAMENTO

Conforme a Lei nº 12.334 de 2010 atualizada pela Lei nº 14.066 de 2020, a Zona de Autossalvamento (ZAS) é definida como o “trecho do vale a jusante da barragem em que não haja tempo suficiente para intervenção da autoridade competente em situação de emergência, conforme mapa de inundação”.

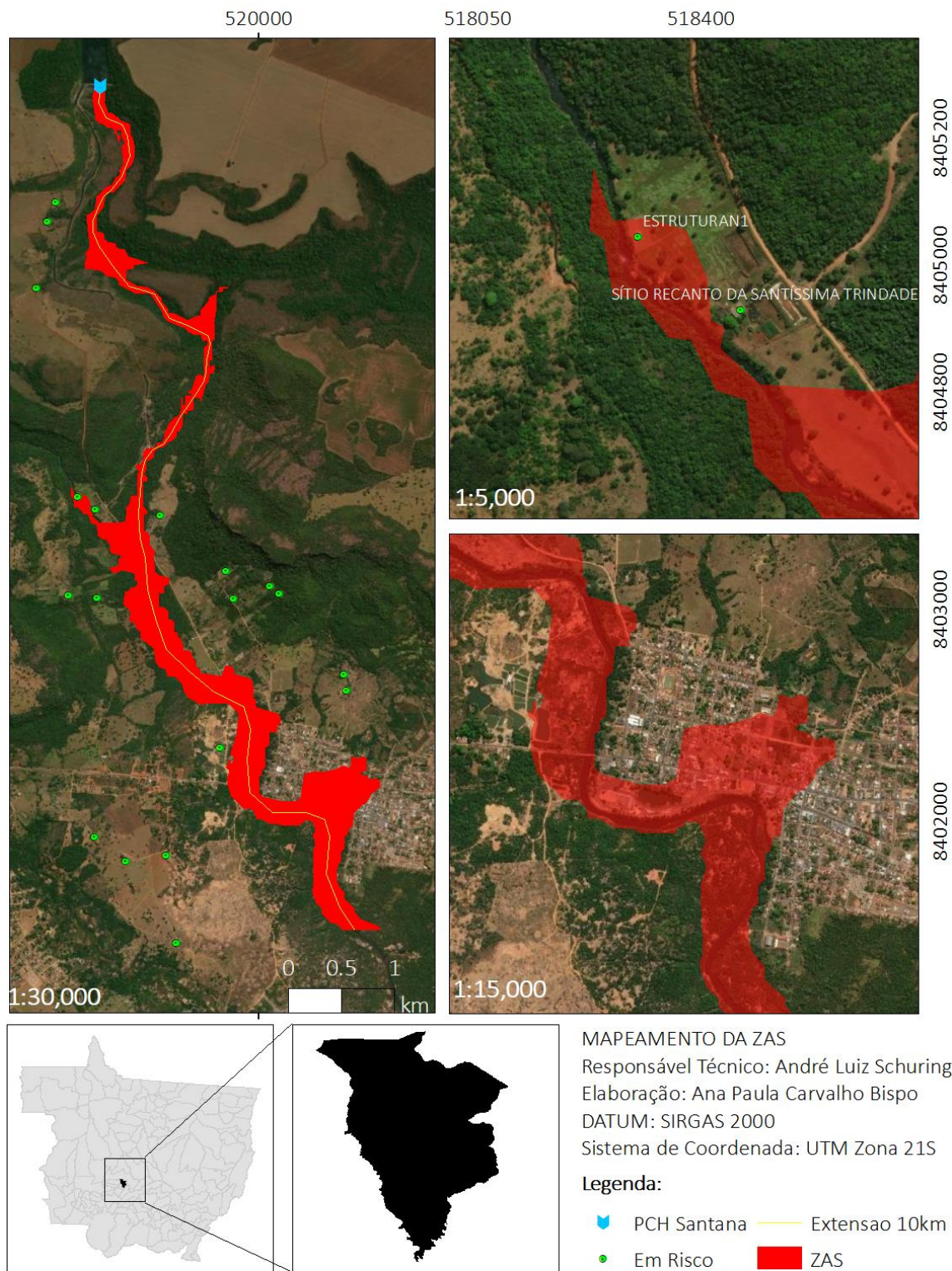
Ela pode ser a região atingida durante 30min após o rompimento ou ainda a região em que a mancha atinge 10km de extensão.

No caso em estudo, nenhuma estrutura é atingida no período de 30 minutos após a ruptura da PCH Santana I, assim, será considerado como ZAS a região com extensão de 10km da onda propagada.

Na Figura 8 é possível ver que a Estrutura N1 (não identificada 1) localizada no Sítio Recanto da Santíssima Trindade e a região central do município de Nortelândia fazem parte da ZAS.

Figura 8 – Zona de Autossalvamento (ZAS)

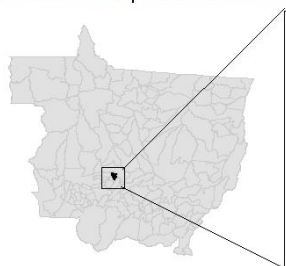
	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01		Número: FI-SANTANA-PAE-R01
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 57 - 79



	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 58 - 79

4.15. ALTURA DA ONDA

Figura 9 – Altura da Onda (m) na Estrutura 1 Localizada no Sítio Recanto da Santíssima Trindade



MAPA ALTURA DA ONDA

Responsável Técnico: André Luiz Schuring

Elaboração: Ana Paula Carvalho Bispo

DATUM: SIRGAS 2000

Sistema de Coordenada: UTM Zona 21S

Legenda:



Barragem PCH Santana



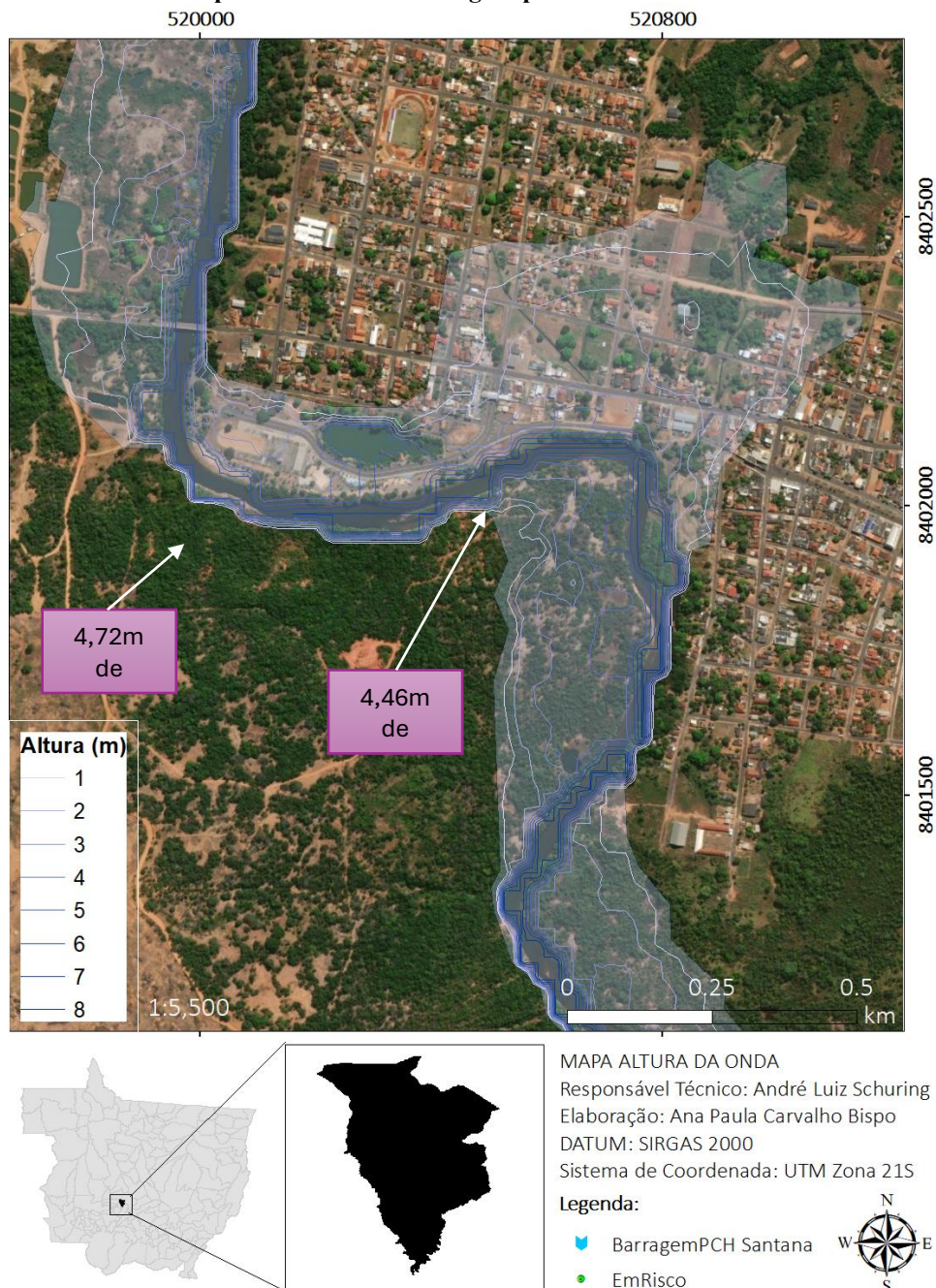
EmRisco



	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 59 - 79

Estrutura que não pode ser identificada pelas imagens de satélite, mas que é atingida pela onda com uma altura menor que 1m, em 4hmin a partir da ruptura da barragem(Figura 9).

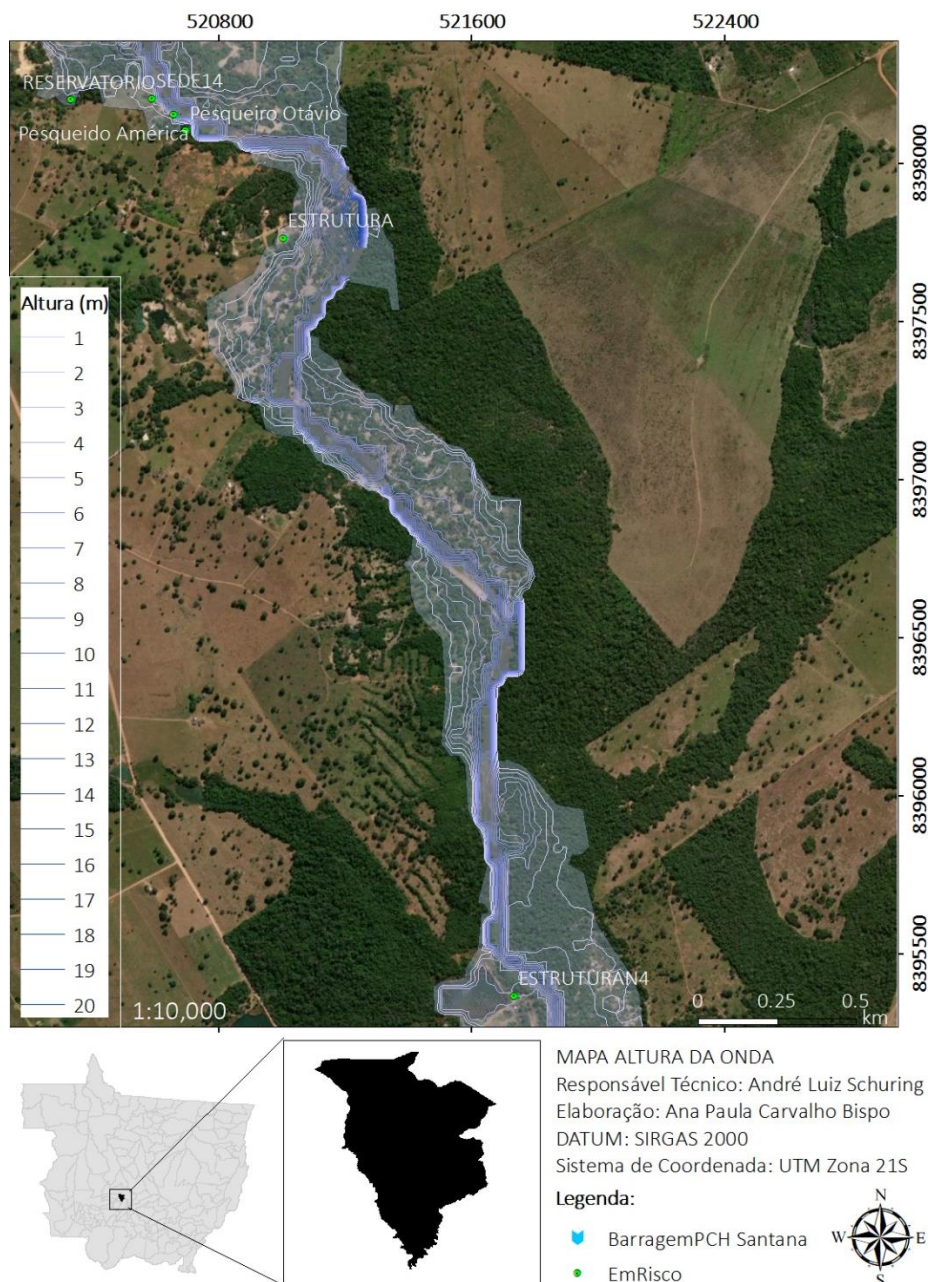
Figura 10 – Área do município de Nortelândia atingida pela onda



	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 60 - 79

Algumas residências foram atingidas com onda máxima de 4,72m no local onde está situada uma quadra esportiva, e 4,46m na via que margeia o rio em 1h14min a partir da ruptura da barragem (Figura 10).

Figura 11 – Pesqueiro Américas, Pesqueiro Otávio e Estruturas não identificadas



	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 61 - 79

As estruturas não identificadas, bem como os pesqueiros América e Otávio também foram atingidos pela onda em 2h31min a partir da rotura da barragem.

Figura 12 – Reservatórios e SEDE 18 atingidos pela onda de inundação

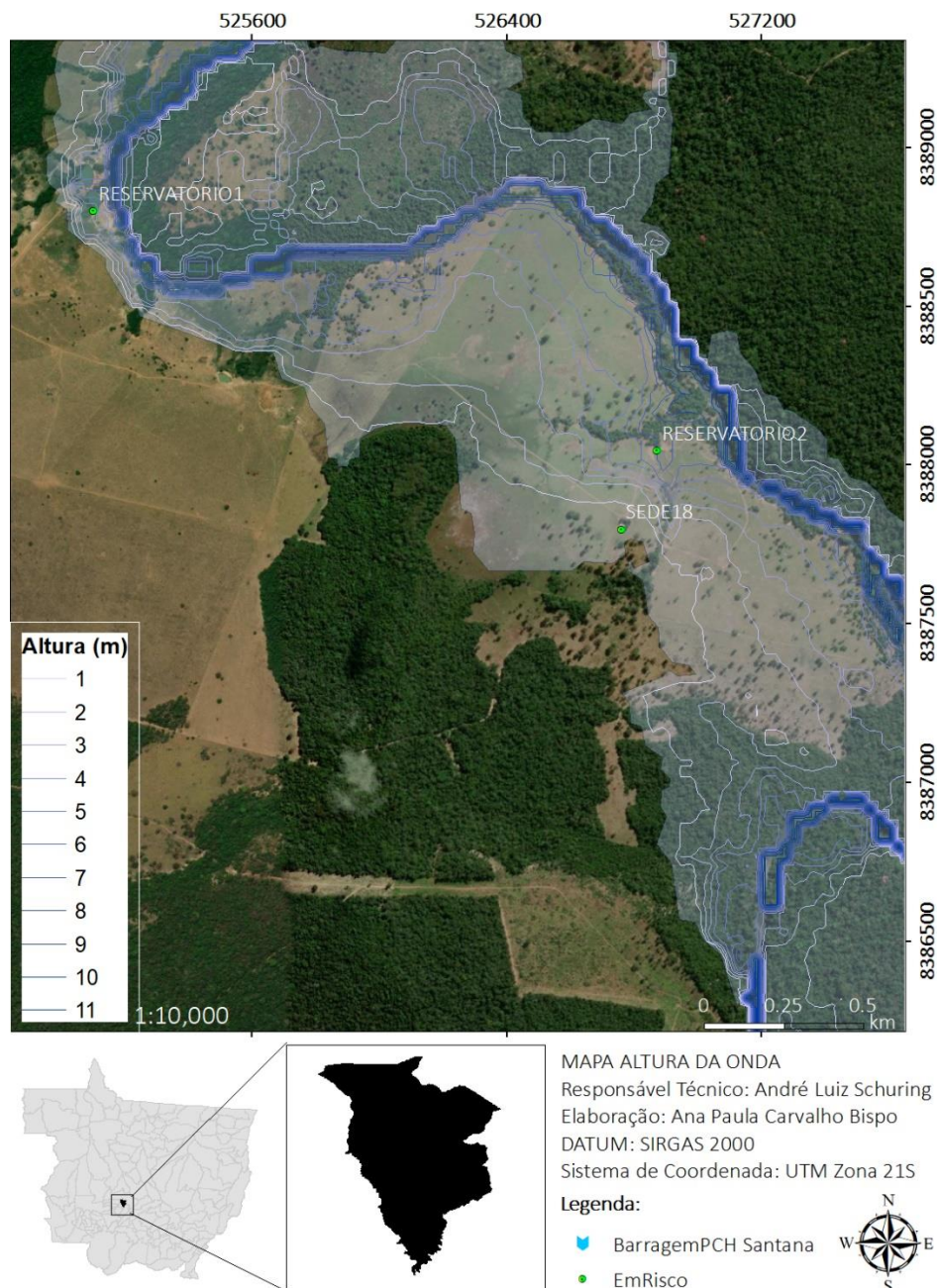


Figura 13 – SEDE 15 atingida pela onda de inundação



Firenze
Energética

PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01

Unidade: PCH Santana 01

Número: FI-SANTANA-PAE-R01

Tipo de Documento:
Relatório Técnico

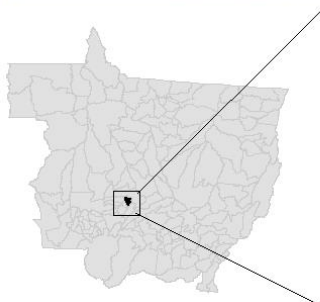
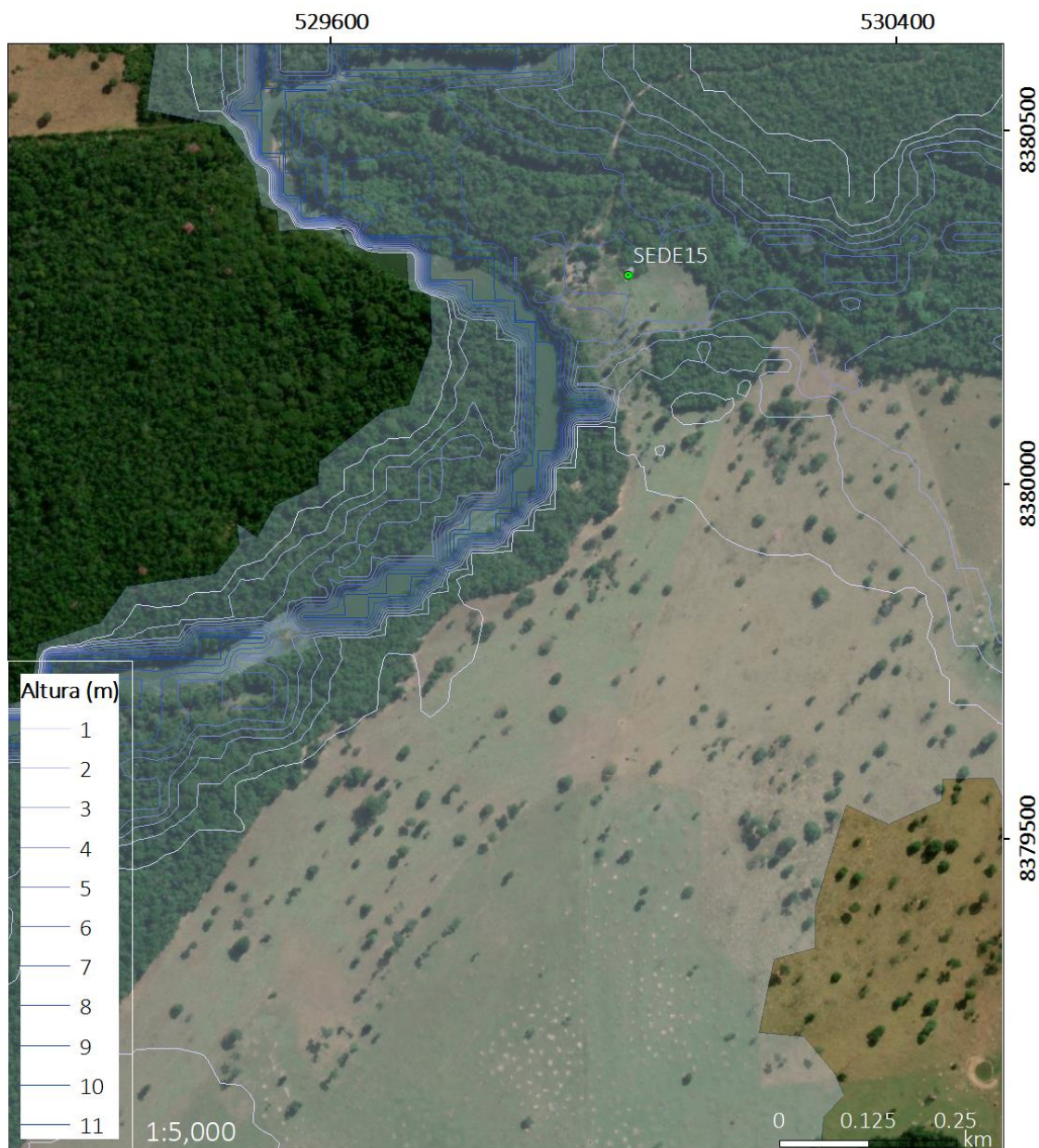
Data da Emissão:
02/06/2025

Data da Revisão:
09/09/2025

Título do Documento:
Plano de ação emergencial

Revisão: 5

Página: 62 - 79



MAPA ALTURA DA ONDA

Responsável Técnico: André Luiz Schuring

Elaboração: Ana Paula Carvalho Bispo

DATUM: SIRGAS 2000

Sistema de Coordenada: UTM Zona 21S

Legenda:



Barragem PCH Santana



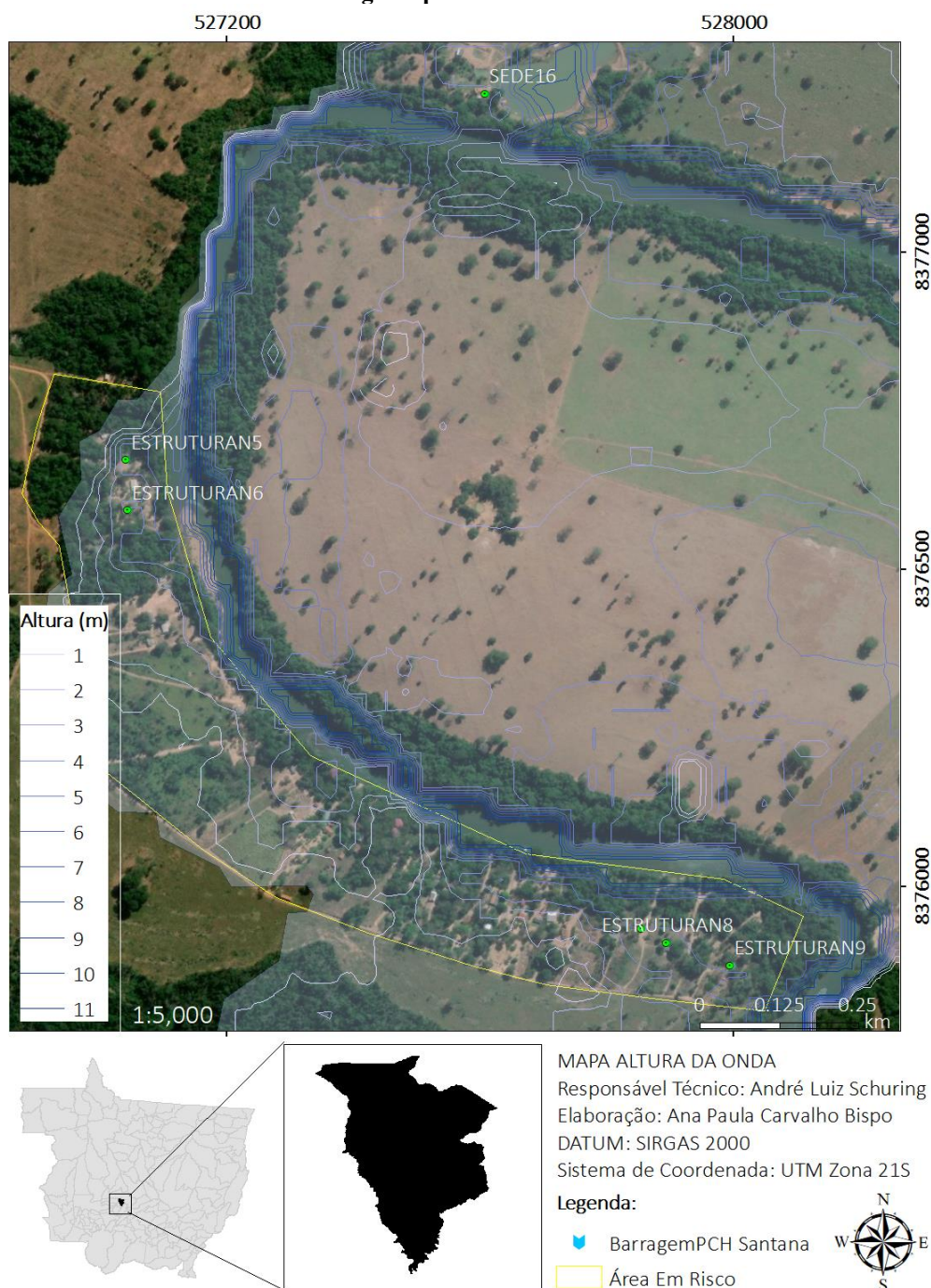
EmRisco



	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 63 - 79

SEDE 15 atingida pela onda com altura máxima de 5,66m em 13h23min após rotura da barragem (Figura 13).

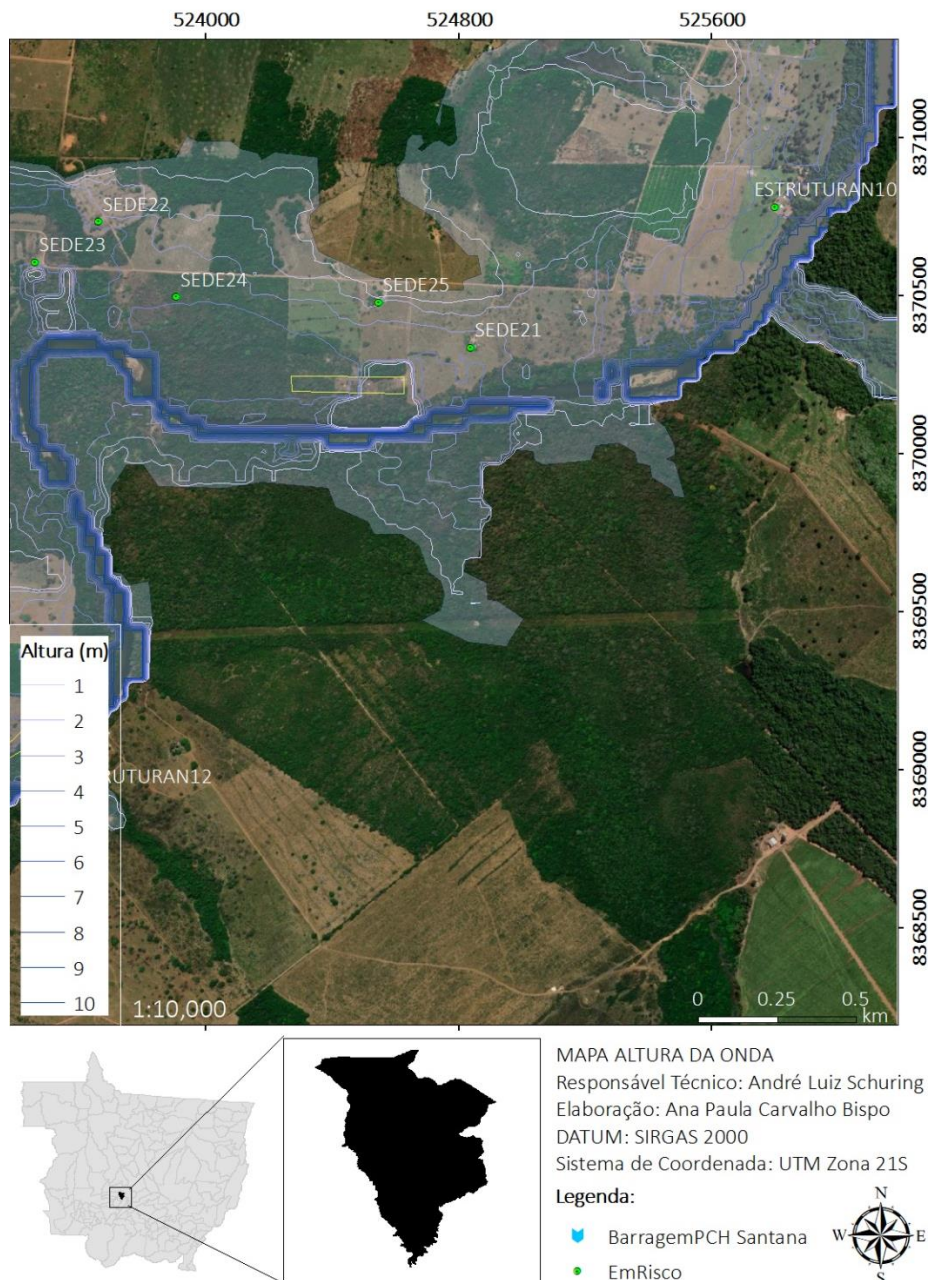
Figura 14 – SEDE 16 e Comunidade atingidas pela onda



	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 64 - 79

A onda chegou à SEDE 16 com uma altura de 4,20m e com 5,00m mais ao sul da comunidade delimitada pela área em risco em 16h09min

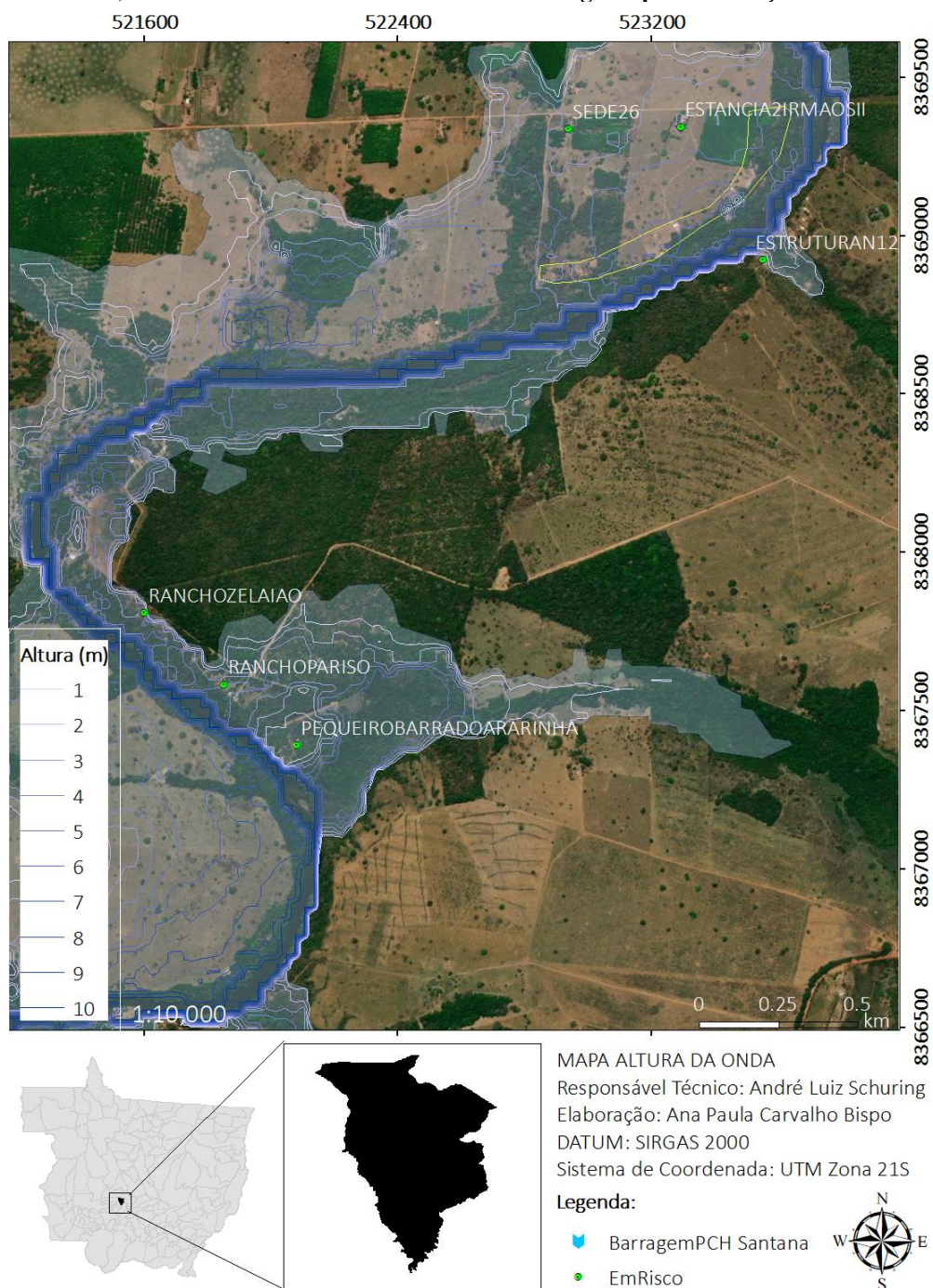
Figura 15 – Sedes, comunidades e estruturas não identificadas atingidas pela onda de inundação



	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 65 - 79

Os empreendimentos atingidos pela onda, apresentados no Figura 15 foram atingidos após 24h do rompimento da barragem com altura máxima de 6,44m.

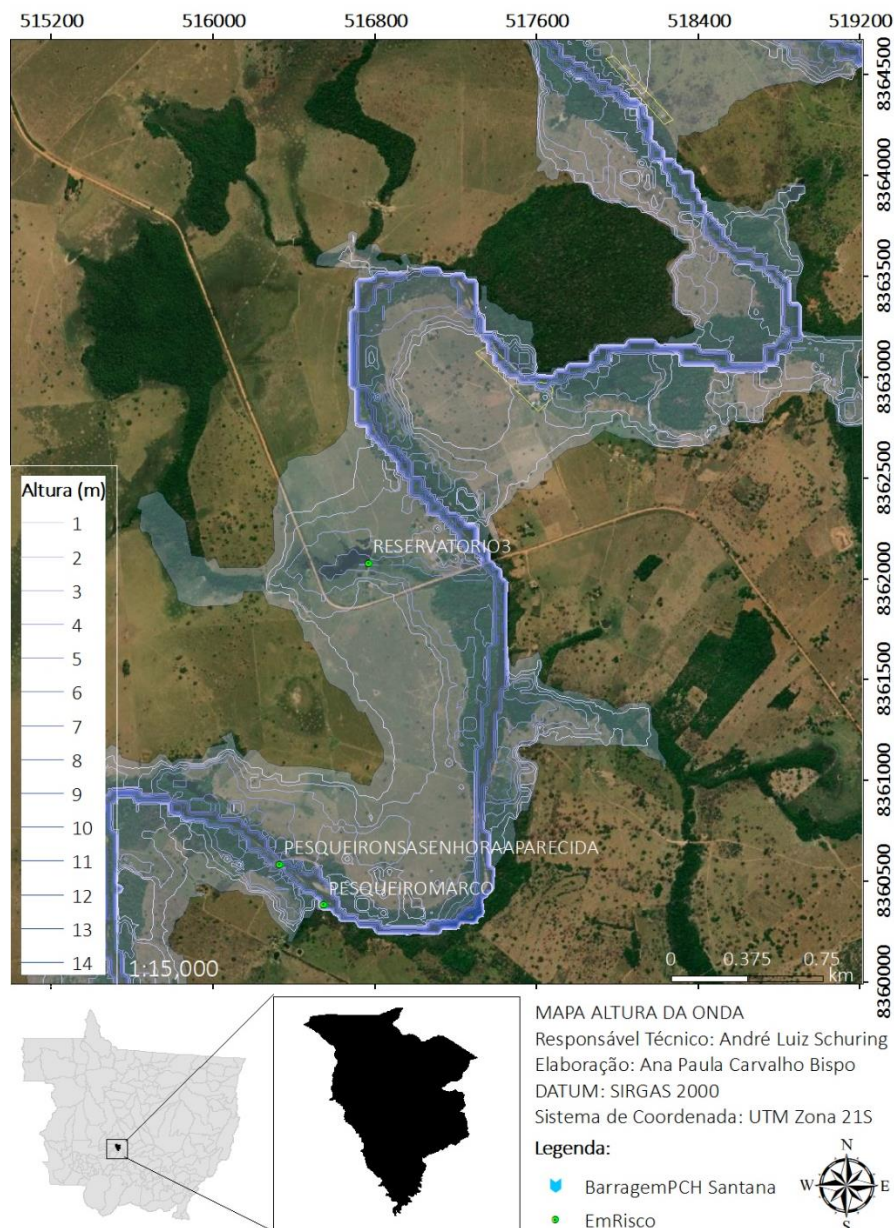
Figura 16 – Sedes, ranchos e estruturas não identificadas atingidas pela inundação



	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 66 - 79

Chegada as 25h após rotura da barragem com altura máxima de 8,26m em região de pastagem (Figura 16).

Figura 17 – Reservatório 3 e Pesqueiro Nossa Senhora Aparecida e Marco atingidos pela onda de inundação



	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 67 - 79

Além disso, às 1h07 do quinto dia de simulação com altura de 1,86m a onda atingiu residências localizadas próximo à margem do rio no município de Barra do Bugres e 2,01m no Pesqueiro do Indea e comunidades próximas.

VELOCIDADE DA ONDA

A velocidade máxima da onda nos locais habitados não ultrapassou 0,6m. s-1 por isso optou-se por fazer a apresentação em um único mapa, uma vez que se considerou a altura da onda mais significativa do que a velocidade.

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 68 - 79

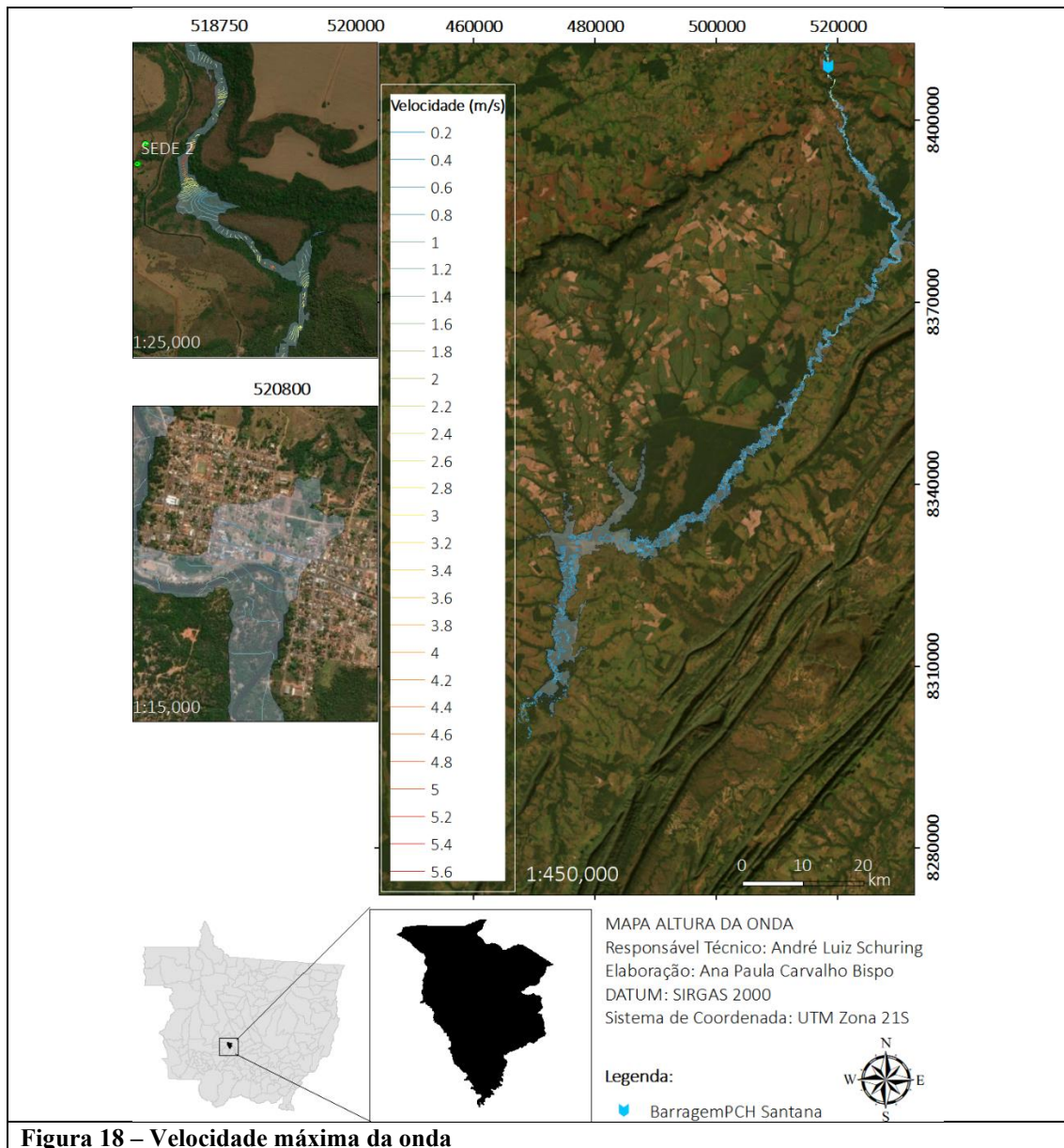


Figura 18 – Velocidade máxima da onda

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 69 - 79

5. RESPONSABILIDADES GERAIS

5.1. Responsabilidades do Empreendedor

Coordenador do PAE: - Declarar o nível de emergência - Coordenar todas as ações do PAE - Manter comunicação com autoridades - Decidir sobre medidas de mitigação

Equipe Técnica: - Monitorar instrumentação - Avaliar condições de segurança - Implementar medidas corretivas - Elaborar relatórios técnicos

Equipe de Operação: - Operar equipamentos de emergência - Executar procedimentos operacionais - Manter comunicação com coordenação - Apoiar ações de evacuação

5.2. Responsabilidades dos Órgãos Públicos

Defesa Civil Municipal: - Coordenar evacuação da população - Gerenciar abrigos temporários - Prestar assistência humanitária - Manter comunicação com população

Corpo de Bombeiros: - Realizar operações de busca e salvamento - Prestar primeiros socorros - Apoiar evacuação de emergência - Coordenar operações de resgate

Polícia Militar: - Garantir segurança pública - Controlar acesso às áreas de risco - Apoiar evacuação ordenada - Manter ordem pública

5.3. Responsabilidades da População

Zona de Autossalvamento (ZAS): - Conhecer sinais de alerta - Conhecer rotas de fuga

- Manter kit de emergência - Evacuar imediatamente ao soar das sirenes

Zona de Segurança Secundária (ZSS): - Aguardar orientações da Defesa Civil - Colaborar com autoridades - Seguir rotas de evacuação indicadas - Manter-se informado sobre a situação

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 70 - 79

6. SÍNTESE DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA E MAPAS ASSOCIADOS

6.1. Metodologia do Estudo

O estudo de ruptura hipotética da PCH Santana 1 foi elaborado pela Engenheiros André Luiz Schuring (CREA MT 8.697) e Ana Paula Carvalho Bispo (CREA MT-52455) em dezembro de 2024, utilizando o software HEC-RAS 6.2 para modelagem hidráulica e hidrológica.

Cenários Analisados:

1. Cenário 1 - Ruptura por Galgamento: Considerado o mais crítico
2. Cenário 2 - Ruptura por Piping: Cenário intermediário
3. Cenário 3 - Ruptura Instantânea: Cenário conservador

6.2. Resultados do Cenário Crítico (Ruptura por Galgamento)

Parâmetros Hidráulicos: - Vazão de Pico: 10.479 m³/s - Volume Total Liberado: 12,42 hm³ - Tempo de Formação da Brecha: - Tempo de Esvaziamento: 3,05 horas

Extensão da Inundação: - Área Total Inundada: 293 km² - Perímetro da Mancha: 769 km -

Tempos de Chegada e Alturas Máximas

Localidade	Tempo de Chegada	Altura Máxima (m)
Nortelândia	1h 14min	4,72
Pesqueiros Américas e Otávio	2h 31min	2,37
Sítio Recanto da Santíssima Trindade	4h	< 1,0
SEDE 15	13h 23min	5,66
SEDE 16 e Comunidade	16h 09min	4,20 - 5,00
Barra do Bugres	5º dia	1,86

 Firenze Energética	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 71 - 79

7. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA A JUSANTE

7.1. INFRAESTRUTURA CRÍTICA

Edificações Essenciais:

- Hospitais e postos de saúde:
- Escolas:
- Delegacias e quartéis:
- Igrejas e centros comunitários:

Infraestrutura de Transporte:

- Rodovias:
- Pontes:
- Estradas vicinais:
- Aeroportos ou pistas de pouso:

Serviços Públicos:

- Estações de tratamento de água:
- Estações de tratamento de esgoto:
- Subestações elétricas:
- Torres de telecomunicações:

Atividades Econômicas:

- Indústrias:
- Comércio:
- Agropecuária:
- Turismo:

7.2. Áreas Ambientalmente Sensíveis

Unidades de Conservação:

- Parques e reservas:
- Áreas de preservação permanente:

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 72 - 79

- Nascentes:

Fauna e Flora:

- Espécies ameaçadas:

- Habitats críticos:

- Corredores ecológicos:

8. PROCESSO DE EVACUAÇÃO DA ZAS

8.1. Definição da Zona de Autossalvamento (ZAS)

A Zona de Autossalvamento (ZAS) da PCH Santana 1 foi definida conforme o Art. 2º, inciso VIII da Lei nº 12.334/2010, correspondendo ao trecho do vale a jusante da barragem em que não há tempo suficiente para uma intervenção das autoridades competentes em caso de ruptura da barragem.

Critérios de Delimitação: - Tempo de chegada da onda: até 30 minutos - Extensão: 10 km a jusante da barragem - Área total: - População residente:

Principais Localidades na ZAS: - Região central do município de Nortelândia - Sítio Recanto da Santíssima Trindade

8.2. Planejamento da Sinalização

Placas de Identificação da ZAS: - Localização: nas principais vias de acesso - Conteúdo: identificação da zona, riscos e orientações básicas - Padrão: conforme normas de sinalização de trânsito - Manutenção: semestral

Sinalização de Rotas de Fuga: - Placas direcionais: indicando direção para pontos seguros - Sinalização noturna: com material refletivo ou iluminação - Mapas de evacuação: em pontos estratégicos - Sinalização em múltiplos idiomas: se necessário

Identificação de Pontos de Encontro: - Placas de identificação: com coordenadas GPS - Características dos locais: área, capacidade, recursos disponíveis - Sinalização de acesso: rotas para chegar aos pontos - Equipamentos: abrigos, comunicação, primeiros socorros

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 73 - 79

8.3. Planejamento das Ações de Comunicação e Alerta

Sistema Principal - Sirenes: - Quantidade: - Localização: - Alcance: - Tipo de sinal: - Significado dos sinais: - Sinal contínuo de 3 minutos: evacuação imediata - Sinal intermitente: fim da emergência - Teste mensal: toda primeira segunda-feira do mês às 10h - Backup de energia: baterias com autonomia de 24 horas.

Sistemas Complementares: - Aplicativo móvel: - Download: - Funcionalidades: alertas push, mapas, orientações - Cadastro: obrigatório para residentes da ZAS - SMS em massa: sistema integrado com operadoras - Rádio comunitária: - Carros de som: 3 veículos com alto-falantes - Comunicação direta: agentes comunitários treinados

Mensagens Padronizadas:

- Alerta de evacuação: "ATENÇÃO! Emergência na barragem da PCH Santana 1. Evacue imediatamente seguindo as rotas sinalizadas. Dirija-se ao ponto de encontro mais próximo. Não retorne às suas casas até nova orientação."

- Fim da emergência: "A emergência na PCH Santana 1 foi controlada. É seguro retornar às suas residências. Mantenha-se atento aos canais oficiais de comunicação."

8.4. Rotas de Evacuação

Rota Principal 1:

- Origem: Centro de Nortelândia - Destino: - Distância: - Tempo estimado: - Capacidade:

Rota Principal 2:

- Origem: Sítio Recanto da Santíssima Trindade - Destino: - Distância: - Tempo estimado: - Capacidade:

Rotas Alternativas: -

Pontos de Encontro:

- **Ponto 1:** - Coordenadas GPS:
 - Capacidade: - Recursos: água, banheiros, abrigo
 - Responsável local:
- **Ponto 2:** Coordenadas GPS:

 Firenze Energética	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 74 - 79

- Capacidade: - Recursos: água, banheiros, abrigo
- Responsável local: [nome e localização]

8.5. Procedimentos de Evacuação

Ao Soar das Sirenes:

1. Interromper imediatamente todas as atividades
2. Reunir familiares no local
3. Pegar apenas documentos e medicamentos essenciais
4. Seguir a rota de evacuação mais próxima
5. Não utilizar veículos particulares (exceto se orientado)
6. Dirigir-se ao ponto de encontro designado
7. Aguardar orientações das autoridades

Grupos Prioritários:

- Crianças e idosos
- Pessoas com deficiência
- Pessoas com problemas de saúde
- Gestantes

Recursos para Evacuação:

- Veículos da Defesa Civil:
- Veículos do empreendedor:

9. MEDIDAS PARA RESGATAR ATINGIDOS

9.1. Estrutura de Resgate

Coordenação Geral:

- Comandante de Operações: Corpo de Bombeiros
- Coordenador do PAE: Empreendedor
- Coordenador da Defesa Civil: Município

Equipes de Resgate:

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 75 - 79

- **Equipe Aquática:** Corpo de Bombeiros
 - Mergulhadores:
 - Embarcações:
 - Equipamentos:
- Equipe Terrestre: Defesa Civil e Polícia Militar
 - Veículos:
 - Equipamentos:

9.2. Áreas de Concentração de Vítimas

Pontos de Triagem: - Ponto 1: [localização] - Coordenadas: [GPS] - Capacidade: [número de pessoas] - Recursos médicos: [especificar] - Ponto 2: [localização] - Coordenadas: [GPS] - Capacidade: [número de pessoas] - Recursos médicos: [especificar]

9.3. Recursos Médicos

Unidades de Saúde:

- Hospital Municipal:
- Postos de Saúde:
- Unidades Móveis:

Equipamentos e Suprimentos:

- Ambulâncias:
- Equipamentos de primeiros socorros
- Medicamentos essenciais
- Material para atendimento de trauma

9.4. Comunicação de Emergência

Central de Operações:

- Localização:
- Equipamentos: rádios, telefones, internet

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 76 - 79

- Frequências de rádio:
- Protocolos de comunicação
- Rede de Comunicação:
- Bombeiros:
- Polícia Militar:
- Defesa Civil:
- Empreendedor:
- SAMU:

10. OPERACIONALIZAÇÃO DO PAE

10.1. Programas de Treinamento

Treinamento da Equipe Interna: - Frequência: Anual - Participantes: Todos os funcionários do empreendimento - Conteúdo: - Procedimentos do PAE - Uso de equipamentos de emergência - Comunicação de emergência - Primeiros socorros básicos - Certificação: Obrigatória para funções críticas

Treinamento dos Órgãos de Resposta: - Frequência: Anual - Participantes: Defesa Civil, Bombeiros, Polícia Militar - Conteúdo: - Integração de procedimentos - Comunicação interagências - Operações de resgate - Gerenciamento de abrigos - Modalidade: Exercícios práticos e simulados

Treinamento da População: - Frequência: Anual - Participantes: Residentes da ZAS e ZSS - Conteúdo: - Reconhecimento de sinais de alerta - Rotas de evacuação - Pontos de encontro - Kit de emergência - Modalidade: Palestras, distribuição de material educativo

10.2. Exercícios Simulados

Simulados de Mesa (Tabletop): - Frequência: Semestral - Participantes: Coordenadores e tomadores de decisão - Objetivo: Testar fluxos de comunicação e tomada de decisão - Duração: 4 horas - Cenários: Baseados no estudo de Dam Break.

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 77 - 79

Simulados Funcionais: - Frequência: Anual - Participantes: Todas as equipes de resposta - Objetivo: Testar procedimentos operacionais - Duração: 8 horas - Atividades: Acionamento de sistemas, comunicação, mobilização

Simulados Completos: - Frequência: Bienal - Participantes: Todas as partes envolvidas, incluindo população - Objetivo: Testar todo o sistema de resposta - Duração: 1 dia - Atividades: Evacuação real, montagem de abrigos, operações de resgate

10.3. Controle de Revisão e Atualização

Revisões Programadas: - Frequência: Anual - Responsável: Coordenador do PAE - Escopo: Atualização de dados, contatos, procedimentos - Aprovação: Direção técnica do empreendimento

Revisões Extraordinárias: - Gatilhos: - Modificações na barragem - Alterações na ocupação a jusante - Mudanças na legislação - Lições aprendidas em exercícios - Ocorrência de emergências reais - Prazo: 30 dias após identificação da necessidade.

Controle de Versões: - Numeração sequencial: PAE-PCH-Santana1-v[XX]
- Data de aprovação - Resumo das alterações - Distribuição controlada

Distribuição do PAE:

- ANEEL
- Defesa Civil Municipal
- Defesa Civil Estadual
- Corpo de Bombeiros
- Polícia Militar
- Prefeitura Municipal
- Lideranças comunitárias

André Luiz Schuring

Eng. Civil CREA 8.697/D-MT

Magno Mafre dos Santos

Eng. Elet. CREA 55.191/D-MT

 Firenze Energética	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 78 - 79

11. APÊNDICES

11.1. Apêndice I – Lista de Contatos

11.1.1. EMPREENDEDOR - PCH SANTANA 1

Função	Nome	Telefone	E-mail
Coordenador do PAE			
Diretor Técnico			
Supervisor de Operação			
Responsável pela Segurança			

11.1.2. ÓRGÃOS PÚBLICOS

Órgão	Responsável	Telefone	E-mail
ANEEL			
Defesa Civil Municipal - Nortelândia			
Defesa Civil Estadual - MT			
Corpo de Bombeiros			
Polícia Militar			
Prefeitura de Nortelândia			
SAMU			

11.1.3. LIDERANÇAS COMUNITÁRIAS

Comunidade	Líder	Telefone	E-mail
Centro de Nortelândia			
Sítio Recanto da Santíssima Trindade			
[Outras comunidades]			

 Firenze Energética	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTANA 01		
	Unidade: PCH Santana 01	Número: FI-SANTANA-PAE-R01	
	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Data da Emissão: 02/06/2025	Data da Revisão: 09/09/2025
	Título do Documento: Plano de ação emergencial	Revisão: 5	Página: 79 - 79

11.1.4. SERVIÇOS ESSENCIAIS

Serviço	Responsável	Telefone	E-mail
Hospital Municipal			
Companhia de Energia			
Companhia de Água			
Telecomunicações			

Este documento foi elaborado em conformidade com a Lei nº 12.334/2010, Resolução ANEEL nº 1.064/2023 e demais normas técnicas aplicáveis à segurança de barragens.