



PSB – VOLUME VI

PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA

VI.5 SÍNTESE DO ESTUDO DE

INUNDAÇÃO E RESPECTIVOS

MAPAS

RELATÓRIO TÉCNICO
CRU.SBR-PSB-2024-650-R00

Apresentação dos estudos de ruptura hipotética do barramento principal da UHE Curuá-Una.

Brasília/DF
Novembro de 2024



RELATÓRIO TÉCNICO

Projeto:	UHE Curuá-Una: Plano de Segurança de Barragem		Curitiba, 21/11/2024
Título:	Volume VI – VI.5 Síntese do Estudo de Inundação e Respectivos Mapas		
Nº: ELN	CRU.SBR-PSB-2024-650-R00	Nº: Contratada	24CI-CR-0-GE-G00-00-G-00-RT-0650
Resumo:	Apresentação dos estudos de ruptura hipotética do barramento principal da UHE Curuá-Una.		

Departamento responsável:	Departamento de Segurança de Barragens e Manutenção Civil – OOMB.N
Local de Armazenamento:	\\elnsbna02\DO\OCTO\2. DOCUMENTOS TECNICOS\PSB
Classificação da informação quanto a restrição de acesso:	<input type="checkbox"/> Confidencial – deve ser acessada somente por colaboradores autorizados pelo Gestor da Informação, em razão da necessidade para o desenvolvimento de suas atividades
	<input type="checkbox"/> Setorial – só pode ser acessada por colaboradores das empresas Eletrobras autorizados pelo gestor da informação
	<input checked="" type="checkbox"/> Interna – devem somente ser acessadas por colaboradores das empresas Eletrobras
	<input type="checkbox"/> Pública – quando não possuir nenhum atributo que torne seu acesso restrito em algum nível
Prazo para desclassificação (no caso de confidencial):	

Elaboração da Atualização, Adequação e Padronização do Plano de Segurança de Barragens		
	Nome completo	Assinatura
Redação INTT:	Rafael Marques Cardoso	
Verificação ELN:	Rodrigo da Costa Moreira	Rodrigo da Costa Moreira
Aprovação ELN:	Jeferson Henrique dos Santos	MS

Nº	Revisão	Redação	Verificação	Aprovação	Data
0	Emissão	MDM/JDL/JF	RBX	PGL	07/03/2018
1	Atualização	DE/DO	DE/DO	DE/DO	04/02/2022
2	Atualização	DE/DO	DE/DO	DE/DO	14/04/2023
3	Atualização para atendimento Res. Norm. ANEEL Nº 1.064/2023 – Novo Código – CRU.SBR-PSB-2024-650-R00	RMC	RCM	JHS	21/11/2024

ÍNDICE

1. SEÇÃO I – MODELAGEM DA CHEIA DE RUPTURA 3

1.1 APRESENTAÇÃO 3

1.2 OBJETIVOS 4

1.3 DESCRIÇÃO GERAL DA USINA HIDRELÉTRICA CURUÁ-UNA 4

1.3.1 Ficha técnica..... 5

2. ANÁLISE DA RUPTURA DA BARRAGEM 9

2.1 Dados Utilizados 9

2.2 Descrição dos Modelos Numéricos 10

2.3 Fluxograma..... 10

2.4 Hipóteses de Ruptura..... 12

2.5 Potenciais Modos de Ruptura 12

2.6 Propagação Hidráulica da Onda de Ruptura 14

2.7 Cartas de Inundação 15

2.7.1 Zona de Autossalvamento (ZAS) 17

2.7.2 Resultados do Levantamento Cadastral - 2023 19

2.8 RESTRIÇÕES LOCAIS 24

2.9 ESTRATÉGIA, RECURSOS E MEIO DE DIVULGAÇÃO E ALERTA 24

REFERÊNCIAS 25

APÊNDICES..... 26

1. SEÇÃO I – MODELAGEM DA CHEIA DE RUPTURA

O presente documento é uma atualização do Plano de Segurança de Barragens da UHE Curuá-Una (313-UHECUR-RT-PSB-004-R4_2023), desenvolvido pela FRACTAL ENGENHARIA. A verificação das informações contidas no documento, tais como premissas adotadas e cálculos realizados, entre outros, não faz parte do escopo da INTERTECHNE CONSULTORES S.A., cabendo a esta a atualização da Resolução Normativa ANEEL Nº 1.064/2023 e a padronização do formato do documento. Por fim, destaca-se que constitui-se fora do escopo a realização de novos estudos de ruptura ou outros levantamentos adicionais para atendimento à Lei Federal Nº 12.334/2010, alterada pela Lei Federal Nº 14.066/2020.

1.1 APRESENTAÇÃO

O Plano de Segurança de Barragem da UHE Curuá-Una é composto pelos seguintes documentos:

- CRU.SBR-PSB-2024-110 - VOLUME I - I.1 INFORMAÇÕES GERAIS;
- CRU.SBR-PSB-2024-120 - VOLUME I - I.2 MATRIZES DE CLASSIFICAÇÃO DOS BARRAMENTOS;
- CRU.SBR-PSB-2024-200 - VOLUME II - II. DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA E LEGAL DO EMPREENDIMENTO;
- CRU.SBR-PSB-2024-300 - VOLUME III - III. PLANOS E PROCEDIMENTOS – GERAL;
- CRU.SBR-PSB-2024-310- VOLUME III - III.1 PLANO DE OPERAÇÃO;
- CRU.SBR-PSB-2024-321 - VOLUME III - III.2.1 PLANO DE MANUTENÇÃO DAS ESTRUTURAS CIVIS;
- CRU.SBR-PSB-2024-322 - VOLUME III - III.2.2 PLANO DE MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS HIDROMECAÂNICOS E ELETROMECAÂNICOS;
- CRU.SBR-PSB-2024-323 - VOLUME III - III.2.3 PLANO DE MANUTENÇÃO E INSPEÇÃO DO RESERVATÓRIO;
- CRU.SBR-PSB-2024-331 - VOLUME III - III.3.1 PLANO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA DAS ESTRUTURAS CIVIS;
- CRU.SBR-PSB-2024-332 - VOLUME III - III.3.2 PLANO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA DOS EQUIPAMENTOS HIDROMECAÂNICOS E ELETROMECAÂNICOS;
- CRU.SBR-PSB-2024-340 - VOLUME III - III.4 PLANO DE MONITORAMENTO E INSTRUMENTAÇÃO;
- CRU.SBR-PSB-2024-350 - VOLUME III - III.5 PROCEDIMENTO PARA CLASSIFICAÇÃO DO NÍVEL DE SEGURANÇA DA BARRAGEM;
- CRU.SBR-PSB-2024-400 - VOLUME IV - IV. REGISTROS E CONTROLES;
- CRU.SBR-PSB-2024-500 - VOLUME V - V. REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DA BARRAGEM;
- CRU.SBR-PSB-2024-600 - VOLUME VI - VI. PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA;
- CRU.SBR-PSB-2024-610 - VOLUME VI - VI.1 INFORMAÇÕES GERAIS DO PAE E DA BARRAGEM;
- CRU.SBR-PSB-2024-620 - VOLUME VI - VI.2 DETECÇÃO, AVALIAÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E AÇÕES ESPERADAS PARA CADA NÍVEL DE RESPOSTA;
- CRU.SBR-PSB-2024-630 - VOLUME VI - VI.3 PROCEDIMENTOS DE NOTIFICAÇÃO E SISTEMA DE ALERTA;

- CRU.SBR-PSB-2024-640 - VOLUME VI - VI.4 RESPONSABILIDADES GERAIS NO PAE;
- **CRU.SBR-PSB-2024-650 - VOLUME VI - VI.5 SÍNTESE DO ESTUDO DE INUNDAÇÃO E RESPECTIVOS MAPAS; e**
- CRU.SBR-PSB-2024-660 - VOLUME VI - VI.6 LEVANTAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.

Este documento apresenta as simulações e avaliações hidráulicas desenvolvidas para a verificação da hipotética ruptura da Barragem da UHE Curuá-Una, bem como as premissas adotadas para este estudo.

1.2 OBJETIVOS

O presente relatório descreve o estudo realizado com o objetivo de caracterizar o vale a jusante do barramento da UHE Curuá-Una, bem como apresenta a descrição e a localização das populações e infraestruturas em risco, de modo a permitir ao sistema de defesa civil e às demais partes interessadas a sua informação detalhada, de acordo com as necessidades e o dano potencial envolvido.

As informações apresentadas neste relatório baseiam-se no estudo hidráulico apresentado no documento 313-UHECUR-CD-PAE-001-R2, desenvolvido pela FRACTAL ENGENHARIA em 2018. Cabe ressaltar que os estudos de ruptura hipotética da barragem da UHE Curuá-Una foram desenvolvidos de acordo com as boas práticas da Engenharia vigente à época, contudo, é importante observar que a precisão dos resultados obtidos a partir das simulações computacionais está relacionada, entre outras coisas, à precisão da base de dados que serviu para sua elaboração (base topográfica, dados hidrométricos etc.) e, portanto, podem diferir de situações reais.

1.3 DESCRIÇÃO GERAL DA USINA HIDRELÉTRICA CURUÁ-UNA

Localizada a, aproximadamente, 1.400 km de Belém, capital do Estado do Pará, a UHE Curuá-Una encontra-se no município de Santarém, PA, nas coordenadas 2°48'44,94" de latitude Sul e 54°17'55,54" de longitude Oeste.

Os principais níveis de água de operação do reservatório são os seguintes:

- Nível de água máximo maximorum.....32,78 m
- Nível de água máximo normal.....32,28 m
- Nível de água mínimo.....25,28 m

O empreendimento é composto pelas seguintes estruturas de barramento: Dique Direito (DQ), Vertedouro de Soleira Controlada com 3 vãos (VC), Barragem de Terra Principal (BTP). Também fazem parte do aproveitamento as estruturas do circuito de geração definidas como: Canal de Adução (CA), Tomada d'Água/Casa de Força com 4 Blocos (TA-CF) e Canal de Fuga. A Figura 1.1 ilustra o aproveitamento.

Com 42,8 MW de potência nominal instalada, o aproveitamento possui 26 m de altura máxima na Barragem de Terra Principal, medidos da fundação até a crista da barragem. O reservatório possui 570,81 hm³ de volume e uma área inundada de 88,91 km² no N.A. Máximo Normal.

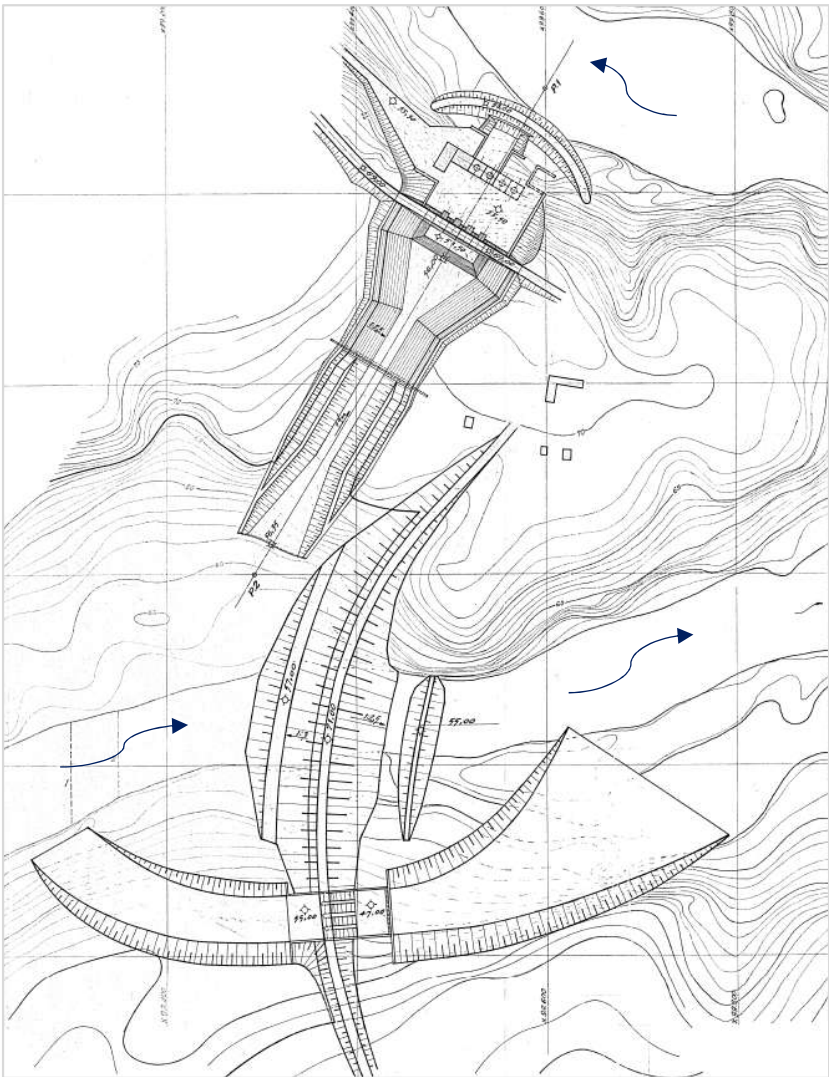


Figura 1.1: Estruturas do Empreendimento da UHE Curuá-Una.

Fonte: Eletrobras Eletronorte – Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. Usina Hidrelétrica Curuá-Una. PROJETO GERAL - VARIANTE 4-2 PLANTA GERAL ESCALA 1:2.000 - (EP-3372).

1.3.1 FICHA TÉCNICA

São apresentadas abaixo as principais características da UHE Curuá-Una.

Tabela 1.1: Características Principais da UHE Curuá-Una

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA BARRAGEM	
GERAL	
Nome do barramento	UHE Curuá-Una
Empreendedor	Eletrobras Eletronorte
Entidade Fiscalizadora	ANEEL
LOCALIZAÇÃO	
Curso de água barrado	Rio Curuá-Una

Município	Santarém	
Unidade da Federação	Pará/PA	
Coordenadas do Dique Direito	Lat. 02°49'14,5" S	Long. 54°17'59,4" O
Coordenadas do Vertedouro Superfície com Soleira Controlada	Lat. 02°49'10,0" S	Long. 54°17'59,8" O
Coordenadas da Barragem de Terra Principal (BTP)	Lat. 02°49'04,1" S	Long. 54°17'59,5" O
Coordenadas da Tomada d'Água (TA)	Lat. 02°48'44,9" S	Long. 54°17'55,5" O
RESERVATÓRIO		
NA Montante – Reservatório:		
- Máximo Maximorum [m-IBGE]	32,78	
- Máximo Normal [m-IBGE]	32,28	
- Mínimo Normal [m-IBGE]	25,28	
NA Jusante		
- Máximo Maximorum [m-IBGE]	17,28	
- Máximo Normal [m-IBGE]	13,28	
- Mínimo Normal [m-IBGE]	9,58	
Áreas Inundadas:		
- No NA Máximo Maximorum [km²]	100,08	
- No NA Máximo Normal [km²]	88,91	
- No NA Máximo Mínimo [km²]	36,81	
Volume do Reservatório:		
- No N.A. Máximo Normal [hm³]	570,81	
- No N.A. Mínimo Normal [hm³]	140,47	
BARRAGEM		
Dique Direito (DQ)		
- Material	Terra com núcleo central impermeável ¹	
- Comprimento Aprox. da Crista [m]	270,00	
- Altura Máxima Aprox.[m]	9,00	
- Largura da Crista [m]	10,00	
- Cota da Crista [m-IBGE]	35,28	
Barragem de Terra Principal (BTP)		
- Material	Terra com núcleo central impermeável ¹	
- Comprimento Aprox. da Crista [m]	600,00	

¹ UHE Curuá-Una – Dossiê de Informações Técnicas – Rede empresas de Energia.

- Altura Máxima Aprox. da Fundação [m]	26,00
- Largura da Crista [m]	10,00
- Cota da Crista [m-IBGE]	35,28
SISTEMA DE DESCARGA	
Vertedouro de Superfície - Soleira controlada	
- Tipo Perfil	Creager
- Vazão de Projeto [m³/s] (TR – 10.000 anos)	2.000
- Cota da soleira [m-IBGE]	22,28
- Número de vãos	3
- Largura do vão [m]	10
- Dissipação de Energia	Bacia de Dissipação
Comporta	
- Tipo	Segmento
- Número de comportas	3
- Largura da comporta [m]	10,00
- Altura da comporta [m]	10,26
CANAL DE ADUÇÃO	
Seção	Trapezoidal
Comprimento [m]	340
Base [m]	6,00
Altura [m]	14,00
TOMADA D'ÁGUA	
Tipo	Incorporada à Casa de Força
Número de vãos	8
Comprimento total [m]	64,00
Altura [m]	35,00
CASA DE FORÇA	
Tipo	Abrigada
Número de Unidades Geradoras	04
Largura [m]	48,00
Comprimento [m]	96,00
TURBINAS HIDRÁULICAS	
Tipo	Kaplan de eixo vertical
Número de Turbinas	4
Potência Nominal Unitária [MW] (UGH-1 e 2)	10,00
Potência Nominal Unitária [MW] (UGH 3)	10,30
Potência Nominal Unitária [MW] (UGH 4)	12,50



Vazão turbinada nominal unitária [m³/s] (UGH-1 e 2)	52,00
Vazão turbinada nominal unitária [m³/s] (UGH 3 e 4)	52,00
Queda Bruta [m]	23,20
Queda líquida de referência [m]	21,70

As cotas apresentadas nos desenhos têm referência altimétrica arbitrária. Destas cotas devem ser subtraídos 35,72 m para referenciá-las ao 0,00 m-IBGE (Datum Vertical Imbituba-SC). As cotas apresentadas na Tabela 1.1 já estão referenciadas no Datum Vertical Imbituba-SC.

2. ANÁLISE DA RUPTURA DA BARRAGEM

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

O estudo constante no documento 313-UHECUR-CD-PAE-II-001-R2 aplicou um modelo numérico para representar a propagação da onda de cheia proveniente da ruptura hipotética da Barragem Curuá-Una, localizada no rio Curuá-Una.

O emprego de um modelo numérico hidrodinâmico é adequado para representar processos de escoamento, conforme discussões apresentadas por USACE (2014), sobre estudos de ruptura de barragens para mapeamento de áreas potencialmente atingidas.

HEC (2010) e USACE (2014) colocam que o módulo de formação de brecha de ruptura do modelo HEC-RAS permite modos de ruptura por galgamento, *piping* ou colapso instantâneo. A análise do arranjo estrutural do barramento aponta a possibilidade de ocorrência destes três modos.

Tendo em vista que a Barragem Curuá-Una possui estrutura mista em concreto e terra, os processos de ruptura hipotética da barragem podem ser deflagrados por galgamento, *piping* ou colapso instantâneo.

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

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

Por sua vez, Schaefer (1992) coloca que a representação numérica de um rompimento hipotético de uma barragem de concreto ou elementos mecânicos da barragem, tal como comportas, constituem um procedimento de baixa complexidade. Neste caso, a ruptura hipotética de uma barragem de concreto ou de um elemento rígido é analisado de forma instantânea. A determinação da brecha de ruptura é feita escolhendo os blocos de concretagem de maior altura, expostos aos maiores carregamentos, de forma contínua ou alternada.

2.1 DADOS UTILIZADOS

O estudo de ruptura de barragens realizado empregou diferentes fontes de dados no desenvolvimento do modelo hidráulico, para representação da onda de cheia induzida pela ruptura hipotética da Barragem Curuá-Una.

A Tabela 2.1 resume as fontes dos dados e os tipos de dados empregados no estudo desenvolvido.

Tabela 2.1: Resumo de dados empregados no estudo de ruptura hipotética da Barragem.

Tipo de base dados	Variável
Hidrológico	Vazão Q_{MLT} e Vazões de cheia para tempos de recorrência de 100, 1.000, 10.000 anos e vazão máxima observada na Barragem Curuá-Una.
Dispositivos de descarga	Dimensões geométricas do vertedouro de Curuá-Una.
Arranjo da Barragem Curuá-Una	Dimensões, cotas e posicionamento das estruturas associadas ao barramento e dispositivos de descarga.
Seções topobatimétricas	21 seções topobatimétricas executadas entre DEZ2017 e JAN2018 pela empresa VISÃO GEO no vale a jusante da UHE Curuá-Una. DATUM horizontal SIRGAS 2000. DATUM vertical IBGE.
Batimetria do reservatório	Modelo digital de terreno do reservatório da UHE Curuá-Una (CNA-S-RES-114-0002-NT-R0). DATUM horizontal: SIRGAS 2000. DATUM Vertical: IBGE.
Base cartográfica	Modelo Digital do Terreno elaborado a partir dos dados disponíveis no Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) ajustado com pontos planialtimétricos obtidos em campo e com as seções topobatimétricas. DATUM horizontal: SIRGAS 2000. DATUM Vertical: IBGE.

2.2 DESCRIÇÃO DOS MODELOS NUMÉRICOS

A análise desenvolvida empregou o software HEC-RAS, versão 5.0.3. O HEC-RAS é um modelo unidimensional e bidimensional, de fundo fixo, capaz de efetuar os cálculos dos perfis de superfície d'água em escoamento permanente e não permanente, em canais com superfície livre (HEC, 2016).

Este é um modelo difundido mundialmente com diversas aplicações em diferentes condições, sendo recomendado pela FEMA (*Federal Emergency Management Agency*) dos EUA. Seu procedimento de cálculo baseia-se na solução da equação da conservação do momento unidimensional. O modelo também utiliza as equações de momento em situações em que o perfil da superfície d'água varia rapidamente. Essas situações incluem, dentre outras, os ressaltos hidráulicos, as pontes e as confluências de rios. Permite, ainda, a avaliação do efeito de estruturas hidráulicas (pontes, galerias, barragens etc.).

O modelo possui um módulo dedicado para análise de rompimento de barragens, no qual é possível determinar os parâmetros de formação da brecha. A formação da brecha no HEC-RAS é tratada com a parametrização de largura, altura, tempo de formação e tipo de deflagração. O processo de ruptura é acoplado ao modelo hidrodinâmico. Desta forma, no decorrer da formação da brecha, o modelo HEC-RAS já inicia a propagação da onda ao longo do vale a jusante em regime não permanente e não uniforme.

2.3 FLUXOGRAMA

Os hidrogramas de ruptura foram calculados no modelo HEC-RAS, através dos dados do reservatório e dos parâmetros da brecha definidos com base em valores empíricos apresentados no memorial de cálculo do estudo (313-UHECUR-CD-PAE-001).

Após a definição dos hidrogramas de ruptura da UHE Curuá-Una, foi realizada a propagação hidráulica dos hidrogramas ao longo do vale a jusante do empreendimento.

Neste contexto, o modelo HEC-RAS 5.0.3 contemplou inteiramente o reservatório e o vale do rio Curuá-Una a jusante do empreendimento. O trecho de reservatório foi modelado através de 35 seções transversais, com espaçamento médio entre seções de 1.850 m. Essas seções foram extraídas do MDT gerado pelo levantamento topobatimétrico de atualização da curva Cota x Área x Volume (CAV) do reservatório.

Já o vale a jusante da UHE Curuá-Una foi modelado através de 322 seções transversais com espaçamento médio de 290 m, e uma ponte. Destas 322 seções, 20 eram seções topobatimétricas e 302 eram seções transversais obtidas do MDT.

Os parâmetros de formação da brecha, definidos através de características da Barragem Curuá-Una, são: Cota da geratriz inferior da brecha; Largura média da brecha (B_m); Coeficiente de vazão da brecha (C_d); Tempo de formação (T_f); e Cota operacional do reservatório no momento da ruptura.

Os hidrogramas calculados alimentam o fluxo de atividades da Figura 2.1, de modo a gerar as cartas de inundação e realizar a quantificação dos potenciais atingidos.

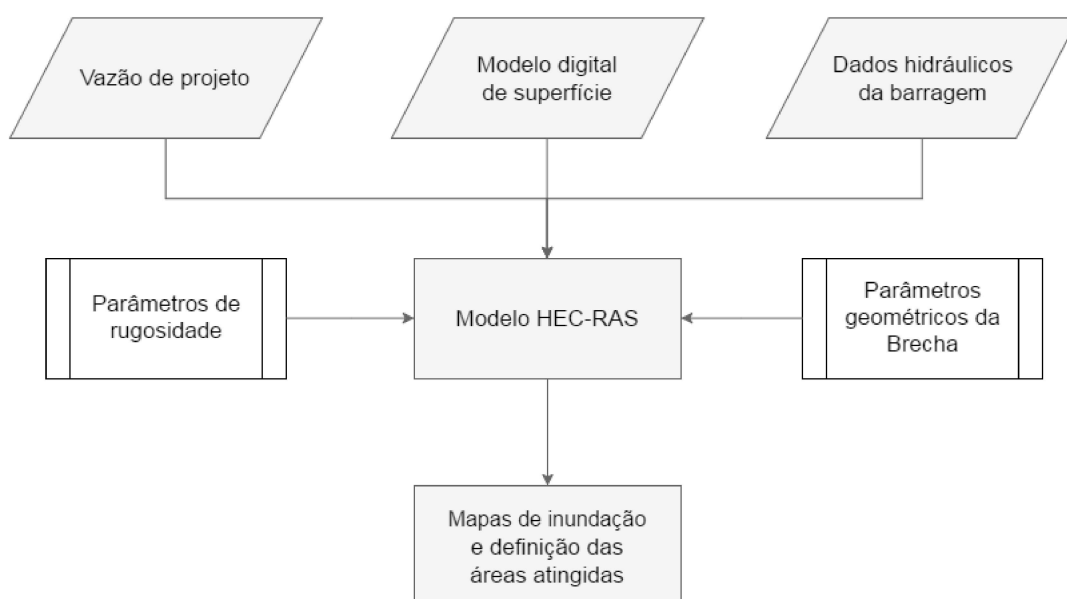


Figura 2.1: Representação esquemática de entrada e saída de dados no modelo HEC-RAS.

Os coeficientes de rugosidade de Manning foram ajustados entre 0,035 e 0,040 para a calha principal e 0,08 a 0,09 para as margens e planícies inundáveis. Os valores de coeficiente de Manning estão condizentes aos valores indicados em CHOW (1959) e pelas características fisiográficas do rio Curuá-Una.

Pelas simulações com o modelo HEC-RAS, calculou-se as características hidráulicas da onda de cheia induzida pela ruptura hipotética do barramento. Por fim, as cartas de inundação, com a identificação das áreas atingidas, são geradas com base nos resultados das simulações do modelo numérico.

2.4 HIPÓTESES DE RUPTURA

Seguindo a metodologia da APMR, e com base na análise documental, vistorias realizadas na UHE Curuá-Una e histórico das estruturas, foi estabelecida como estrutura de maior vulnerabilidade a seção da Barragem de Terra Principal.

Além de representar a seção de maior altura, indicando um maior dano potencial associado, a Barragem de Terra Principal foi objeto de algumas intervenções na região de jusante ao longo de sua vida operativa, justificando a escolha desta estrutura como a mais suscetível a falhar por *piping* ou galgamento.

Para definição dos modos de ruptura, três cenários de carregamento são preconizados: (i) CCN (Condição de Carregamento Normal), (ii) CCE (Condição de Carregamento Excepcional) e (iii) Extrapolação dos níveis de carregamento de projeto devido a falhas operativas.

Os cenários hidrológicos são associados aos prováveis modos de ruptura da barragem, definidos na APMR, conforme identificação de pontos vulneráveis nas estruturas associadas. Neste caso, o abatimento da onda de cheia é avaliado conforme recomendação de FEMA (2013), sendo a referência de 100 anos de período de retorno para o cenário de *Sunny Day* e a mesma vazão do evento natural para os cenários hidrológicos críticos.

Desta forma, o estudo de ruptura hipotética da UHE Curuá-Una está condicionado a três cenários de carregamento, onde a ruptura dos barramentos pode ocorrer mediante *piping* ou galgamento.

2.5 POTENCIAIS MODOS DE RUPTURA

A definição dos potenciais modos de ruptura levou em consideração, primeiramente, o Termo de Referência do processo licitatório, no qual 3 (três) modos foram identificados. Esses prováveis modos de ruptura estão de acordo com o estudo elaborado pela FRACTAL ENGENHARIA seguindo a metodologia da APMR.

Os modos de ruptura indicam cenários em que a barragem poderá romper segundo situações de emergência, as quais estão detalhadas nas Fichas de Ação do Apêndice 2 do documento CRU.SBR-PSB-2024-620. A descrição dos prováveis modos de ruptura da Barragem Curuá-Una está detalhada na Tabela 2.2.

Tabela 2.2: Prováveis Modos de Ruptura

Modo de ruptura	Causa	Evidência/Consequência
Modo RDC1 – Rompimento por piping da Barragem de Terra Principal em Condição de Carregamento Excepcional (CCE), durante evento de vazão Decamilenar com reservatório na El. 32,78 [m-IBGE];	Falha do sistema de drenagem interna.	Surgência d’água; Carreamento de partículas; Aumento de poropressão (leitura dos piezômetros); Redução de vazão (leitura dos medidores de vazão); Subsidência; Vazão descontrolada e ruptura do aterro e/ou fundação.
	Gradientes hidráulicos elevados;	Surgência d’água; Carreamento de partículas;

Modo de ruptura	Causa	Evidência/Consequência
Modo RDC2 – Rompimento por piping da Barragem de Terra Principal em Condição de Carregamento Normal (CCN), durante evento de vazão média de longo termo (Sunny day), com o reservatório no Nível El. 32,28 [m-IBGE].	Falha do sistema de drenagem interna.	Aumento ou redução de poropressão (leitura dos piezômetros); Aumento ou redução de vazões. Subsidência; Vazão descontrolada do aterro e/ou fundação.
	Fluxo concentrado no contato/interface com estrutura de concreto.	Surgência d'água; Carreamento de partículas; Aumento de poropressão (leitura dos piezômetros);
	Fluxo preferencial criado por vegetação e/ou animais.	Formação de trincas no contato entre estruturas; Subsidência; Vazão descontrolada e ruptura do aterro e/ou fundação.
Modo RDC 3 – Rompimento por galgamento da Barragem de Terra Principal, durante evento de vazão milénar e com problemas no sistema de comportas do vertedouro. Nível do reservatório na El. 35,57 [m-IBGE].	Falha na regra operativa do vertedouro.	Inexistência de regra operativa atualizada; Sistema de gestão de risco falho ou inexistente, levando a operação tardia das comportas;
	Falha na operação do vertedouro por erro humano	Técnicos não qualificados, acarretando em erro na operação;
	Emperramento/Anomalia no funcionamento normal das comportas	Diminuição na velocidade de abertura e fechamento das comportas; Falhas em operações de abertura e fechamento; Deterioração dos componentes eletromecânicos; Deterioração por corrosão dos componentes do sistema de comportas.

- **Modo RDC 1** – Rompimento por *piping* da Barragem de Terra Principal em Condição de Carregamento Excepcional (CCE), durante evento de vazão Decamilenar com reservatório na El. 32,78 [m-IBGE]; e
- **Modo RDC 2** – Rompimento por *piping* da Barragem de Terra Principal em Condição de Carregamento Normal (CCN), durante evento de vazão média de longo termo (*Sunny day*), com o reservatório no Nível El. 32,28 [m-IBGE].
- **Modo RDC 3** – Rompimento por galgamento da Barragem de Terra Principal, durante evento de vazão milénar, considerando falha na operação das comportas do vertedouro (uma comporta completamente fechada/emperrada, outra 70% aberta e a última completamente aberta), permitindo a sobrelevação do reservatório até a El. 35,57 [m-IBGE].

O fluxo de atividades do estudo hidráulico está representado na Figura 2.2.

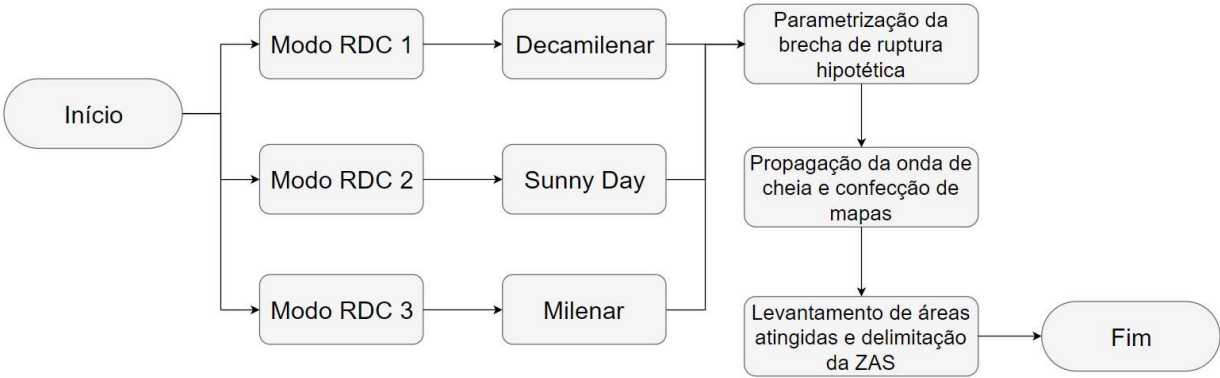


Figura 2.2: Cenários de ruptura da Barragem Curuá-Una.

Os 3 (três) modos de ruptura hipotética identificados poderão se concretizar caso o Nível 3 de Segurança (Emergência) seja atingido. Os níveis de segurança são balizados, devendo o coordenador do PAE estar atento às Fichas de Ação expostas no Apêndice 2 do documento CRU.SBR-PSB-2024-620. O Nível de Segurança 3 (três) é identificado em cor vermelha nos quadros de situações de emergência.

2.6 PROPAGAÇÃO HIDRÁULICA DA ONDA DE RUPTURA

A análise hidráulica da propagação da onda induzida pela ruptura hipotética da UHE Curuá-Una foi desenvolvida com a simulação de 3 (três) cenários, variando o provável modo de ruptura segundo duas condições hidrológicas distintas, vazão de projeto Decamilenar (TR 10.000 anos), *Sunny Day* (Q_{mlt}) e Milenar (TR 1.000 anos). A condição *Sunny Day* representa o rompimento numa condição normal de operação, sem ocorrência de evento hidrológico significativo com reservatório operado a nível normal.

Tendo em vista as características locais do trecho a jusante e do aproveitamento em estudo, estima-se que a onda induzida pela ruptura da Barragem Curuá-Una apresente grandes magnitudes.

A capacidade destrutiva da onda deve ser analisada mediante seu perigo hidrodinâmico. O Tabela 2.3 apresenta classes de interpretação das prováveis consequências esperadas da onda de ruptura, baseada na magnitude da variável perigo hidrodinâmico ou inundação dinâmica.

Tabela 2.3: Consequências em função do perigo hidrodinâmico.

Parâmetro HxV [m²/s]	Consequências esperadas
<0,50	Crianças e deficientes são arrastados
0,50 – 1,00	Adultos são arrastados
1,00 – 3,00	Danos de submersão em edifícios e estruturais em casas
3,00 – 7,00	Danos estruturais em edifícios e possível colapso
>7,00	Colapso de certos edifícios

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

Ainda existem critérios de graduação do perigo hidrodinâmico em relação ao potencial de dano a vida humana. Estes encontram-se descritos no Tabela 2.4. As graduações de níveis podem ser empregadas nas sinalizações para demarcação das áreas atingidas, dentro e fora da ZAS.

Tabela 2.4: Graduação do perigo hidrodinâmico para seres humanos.

Nível	Classe	Inundação dinâmica (HxV) [m ² /s]
Reduzido	Verde	$HxV < 0,50$
Médio	Amarela	$0,50 < HxV < 0,75$
Importante	Laranja	$0,75 < HxV < 1,00$
Muito importante	Vermelha	$HxV > 1,00$

Fonte: Adaptado de Viseu (2006).

O perigo hidrodinâmico ou inundação dinâmica é uma variável calculada hidraulicamente pelas características da inundação, com a qual é possível classificar o quão importante é o nível de dano potencial da inundação. Desta forma, valores superiores a 1 m²/s, indicam situações de escoamento onde objetos podem ser arrastados, edifícios podem ser danificados e até colapsados.

A espacialização do perigo pode ser visualizada no Apêndice 3, referente às cartas de perigo hidrodinâmico, estando as gradações de perigo em acordo com as classes do Tabela 2.3. O perigo hidrodinâmico é uma informação útil para planejamento de ações de prevenção e evacuação, as quais deverão ser empregadas pelas Defesas Civas, envolvidas na confecção dos Planos de Contingência de Proteção e Defesa Civil dos municípios potencialmente atingidos, em consonância com a Lei Federal Nº 12.608/2012, alterada pela Lei Federal Nº 14.750/2023.

2.7 CARTAS DE INUNDAÇÃO

Mediante os resultados obtidos com os cenários de ruptura, constante em 313-UHECUR-CD-PAE-II-001-R2, fez-se a identificação da Zona de Autossalvamento (ZAS), bem como a fotointerpretação do trecho de, aproximadamente, 95 km a jusante do barramento, considerando imagens de 2018. Os mapas de inundação, por estarem georreferenciados e plotados em pranchas padronizadas, segundo ABNT, são chamados de cartas de inundação.

Todas as informações estratégicas, para fins de subsidiar ações em momentos de crise, estão sumarizadas nas pranchas das cartas de inundação, as quais servirão para subsidiar a confecção dos Planos de Contingência de Proteção e Defesa Civil, dos municípios potencialmente atingidos, pelas Defesas Civil, em acordo com a Lei Federal Nº 12.608/2012, alterada pela Lei Federal Nº 14.750/2023.

Nas cartas de inundação, são apresentados os resultados extraídos do pós-processamento do modelo hidráulico numérico das seguintes variáveis:

- Cota de pico [m-IBGE];
- Cota TR 100, TR 1.000 e TR 10.000 anos [m-IBGE];
- Cota QMLT [m-IBGE];
- Altura [m];

- Altura Incremental [m];
- Vazão de pico durante a passagem da onda [m³/s];
- Tempo de chegada do pico da onda [00H00M];
- Tempo inundado [00H00M];
- Tempo de chegada do início da onda [00H00M]; e,
- Velocidade média da onda [km/h].

As cotas são extraídas dos perfis hidráulicos da superfície da linha d'água ao longo do vale a jusante da área em estudo.

Por sua vez, a altura é calcula pela diferença entre as cotas do cenário de escoamento da vazão de referência Q_{MLT} e as ondas induzidas pelos modos de ruptura hipotética. Nesta linha, a altura incremental é a diferença entre as cotas do cenário de escoamento das vazões de referência de 100, 1.000 e 10.000 anos de período de retorno e as ondas induzidas pelos modos de ruptura.

A vazão de pico é extraída dos hidrogramas da cheia em diferentes locais, ou pontos de interesse, do vale a jusante.

O tempo de pico é calculado pela diferença entre o instante de início da ruptura e o instante de pico do cotograma, para cada local do vale a jusante determinado como estratégico. O tempo de inundação é calculado como o tempo de permanência do nível d'água superior a uma determinada cota de referência. O tempo de chegada da onda é determinado no instante que a cota atinge uma cota de referência do terreno ou altura incremental em relação ao terreno.

Por fim, a velocidade média da onda é calculada com base no tempo de deslocamento dos picos do cotograma ao longo do vale a jusante. A velocidade da onda é calculada em km/h em relação a toda a massa d'água em movimento. É uma informação estratégica para planejamento das áreas prioritárias para ações de prevenção e evacuação. O tempo de inundação, ou submersão, associado à informação de velocidade da onda é crucial para avaliar a capacidade e dificuldades de locomoção das populações atingidas.

Também é representado em cartas de inundação perigo hidrodinâmico referente aos cenários em estudo. Este é o produto direto entre a velocidade e a profundidade do escoamento, sendo uma variável importante na tomada de decisão, a qual ilustra espacialmente a capacidade destrutiva de uma onda induzida pela ruptura hipotética da Barragem Curuá-Una.

Por fim, são apresentadas as cartas de inundação do cenário sem ruptura, para as vazões com TR 10.000, 1.000 e 100 anos, assim como vazão Q_{mlt} e a máxima cheia observada. Desta forma é possível analisar quais as regiões que estão, naturalmente, expostas a riscos hidrológicos no vale a jusante da barragem.

As cartas de inundação encontram-se resumidas no Apêndice 3, com indicação de codificação e escala da plotagem.

2.7.1 ZONA DE AUTOSSALVAMENTO (ZAS)

De acordo com recomendações de FEMA (2013) e FERC (2014), bem como de documentação da ANA (2015), a Zona de Autossalvamento (ZAS) é definida como a região, imediatamente a jusante da barragem, em que se considera não haver tempo suficiente para uma adequada intervenção dos serviços e agentes de proteção civil em caso de acidente. Para a definição da ZAS são utilizadas as seguintes referências: 10 km ou a extensão que corresponda ao tempo de chegada da onda de inundação igual a trinta minutos. Para a UHE Curuá-Una, a distância percorrida pela onda no intervalo de 30 min é inferior a 10 km, neste caso, definiu-se a Zona de Autossalvamento (ZAS) da Barragem Curuá-Una como a distância de 10 km a jusante de seu barramento. Tal condição é válida para o pior cenário identificado nas simulações. O Apêndice 5 apresenta a tipificação desta região.

Tendo em vista que a distância percorrida pela onda no intervalo de 30 min é inferior a 10 km, a Zona de Autossalvamento (ZAS) da Barragem Curuá-Una corresponde a maior distância entre esses dois parâmetros, isto é, ao trecho de 10 km a jusante de seu barramento. Tal condição é válida para o pior cenário identificado nas simulações. A Figura 2.3 ilustra a Zona de Autossalvamento da UHE Curuá-Una.

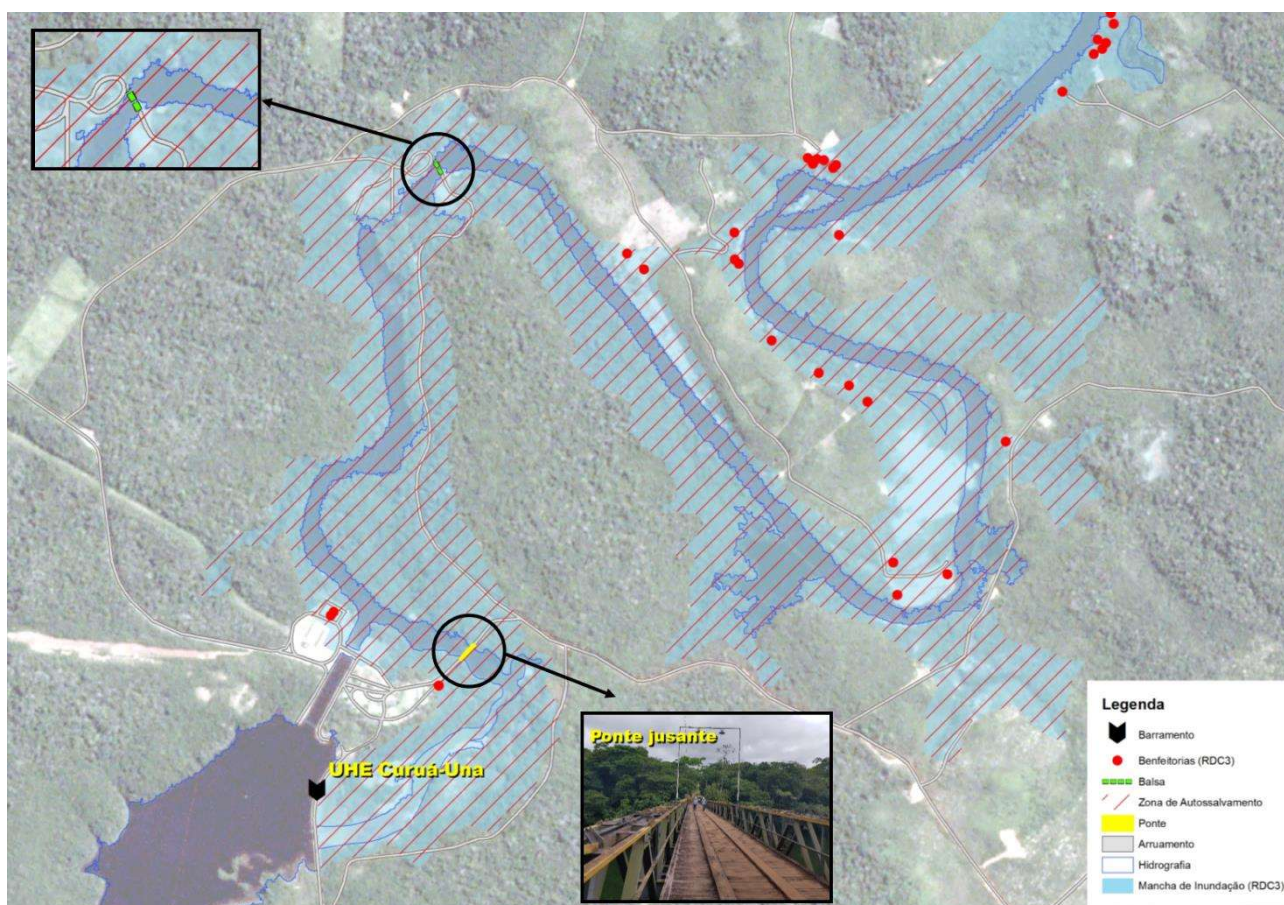


Figura 2.3: Zona de Autossalvamento da UHE Curuá-Una.

Localizada no município de Santarém, PA, esta região caracteriza-se como uma área rural, não sendo identificados aglomerados populacionais de tamanho notável, apenas esparsas construções identificadas por polígonos vermelhos na Figura 2.3 e na Figura 2.4.

Nesta linha, conforme levantamento realizado em 2018, observa-se que a distribuição populacional no trecho a jusante da barragem, é mais intensa na margem esquerda, com a presença de esparsas construções de agricultores e ribeirinhos, acessadas pelo rio e/ou estradas. Por sua vez, a margem direita é caracterizada por grandes extensões de vegetação primária preservada.

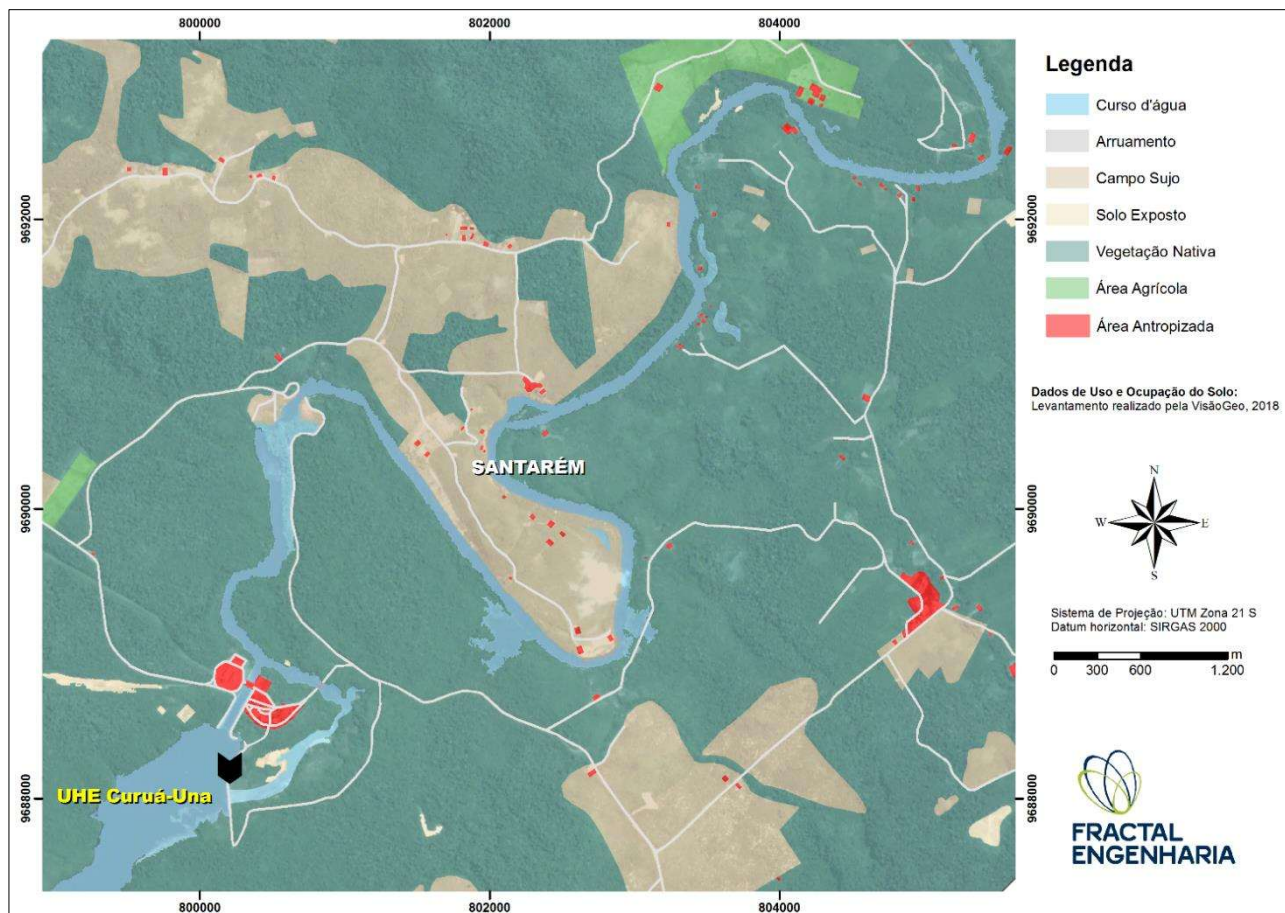


Figura 2.4: Uso e Ocupação do Solo na ZAS da UHE Curuá-Una.

As estradas próximas ao rio Curuá-Una, na Zona de Autossalvamento, são vias locais, predominantemente de chão batido, acessadas a partir da estrada de acesso à usina. O acesso às localidades da margem direita é feito principalmente pela via que passa sobre a Casa de Força, seguida por uma ponte imediatamente a jusante da usina, potencialmente afetada pelo rompimento hipotético da barragem. Alternativamente, o acesso à margem direita pode ser realizado mediante travessia de balsa. Esta se encontra localizada cerca de 5,2 km a jusante do barramento da UHE Curuá-Una.

O levantamento das estruturas e pontos vulneráveis foi realizado em 2018 por fotointerpretação², sendo identificadas benfeitorias e estruturas diversas ao longo da Zona de Autossalvamento (ZAS)

² Material disponibilizado pela VisãoGeo em MAR2018.

e de todo vale a jusante, atingidas pela onda induzida pela ruptura hipotética da Barragem Curuá-Una.

A Tabela 2.5 expõe os quantitativos de atingidos, considerando o pior cenário identificado nas simulações do estudo de ruptura da UHE Curuá-Una. Para o cálculo da estimativa da população afetada, realizado em 2018, fez-se uso de dados apresentados pelo IBGE no Censo de 2010, sendo considerada uma média de 3,34³ habitantes por economia.

Tabela 2.5: Número aproximado de atingidos – Levantamento de 2018

Região	Número Aprox. de atingidos	
	Economias	Habitantes
Dentro da ZAS	23	77
Fora da ZAS	145	485
Total	168	562

Cabe salientar que se considerou como benfeitorias atingidas todas as residências localizadas dentro da mancha de inundação, bem como aquelas parcialmente atingidas por ela. Desta forma, o número exato de imóveis e famílias afetadas, somente será obtido após validação em campo com cadastro de atingidos.

2.7.2 RESULTADOS DO LEVANTAMENTO CADASTRAL - 2023

Neste item, apresenta-se o resultado do levantamento cadastral da população da Zona de Autossalvamento, em atendimento à Lei Federal Nº 12.334/2010, alterada pela Lei Federal Nº 14.066/2020, incluindo a identificação de vulnerabilidades sociais.

O cadastramento foi realizado em campo, pela equipe designada pelo empreendimento. A partir dos dados coletados, foi possível a caracterização das edificações e a contabilização dos habitantes nelas inseridas.

Para a classificação da vulnerabilidade social, foi considerada a interação entre as características socioeconômicas, biofísicas e culturais das populações, a fim de alcançar uma perspectiva mais abrangente e representativa da população potencialmente afetada na região da ZAS, de maneira a estimar a sua capacidade de resiliência, resistência e resposta a incidentes, acidentes ou desastres.

A partir do levantamento cadastral constatou-se que a área da ZAS abrange cerca de 72 edificações visitadas pela equipe de campo da Geometrisa, juntamente com a Defesa Civil Municipal de Santarém-PA. Destas, 28 edificações são habitadas, sendo 20 cadastradas com a presença do morador. Foram identificadas ainda 37 edificações não habitadas, 6 pontos sensíveis, além de uma edificação inacessível.

³ IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico de 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>> Acesso em 27MAR2018.

Foram contabilizados aproximadamente 55 indivíduos residentes no local, sendo a maioria adultos entre 50 e 59 anos. Os cadastrados possuem majoritariamente ensino fundamental incompleto e a ocupação de maior parcela compreende agricultores e estudantes. Destaca-se dois indivíduos que afirmaram ter alguma condição de comorbidade, sendo ambas de natureza visual.

A maioria das edificações cadastradas conta com meios de transporte, principalmente motos, que representam 53% dos veículos cadastrados e a grande maioria dos indivíduos informaram possuir também dispositivos de comunicação, tais como acesso à internet, WhatsApp, televisão e rádio, que desempenham um papel importante na obtenção de informações.

No que se refere à criação de animais, é relevante mencionar um total de 390 animais registrados, abrangendo uma variedade que inclui aves, cães, gatos, bovinos, suínos, caprinos e equinos, sendo a primeira categoria a mais numerosa. Por fim, quanto ao tipo construtivo e abastecimento de água das edificações, predominam as construções de madeira abastecidas por poços artesanais.

A Figura 2.5 a Figura 2.7 correspondem, respectivamente, aos mapas da distribuição das estruturas cadastradas, das vulnerabilidades sociais e dos pontos sensíveis na região, proporcionando uma visão geoespacial das áreas que requerem atenção especial em situações de risco. No fluxograma da **Figura 2.8**, estão detalhadas as principais informações das edificações inventariadas. Demais detalhamentos podem ser obtidos no relatório do Levantamento Cadastral (GE-RA-001-UHE-CUR-08-23).

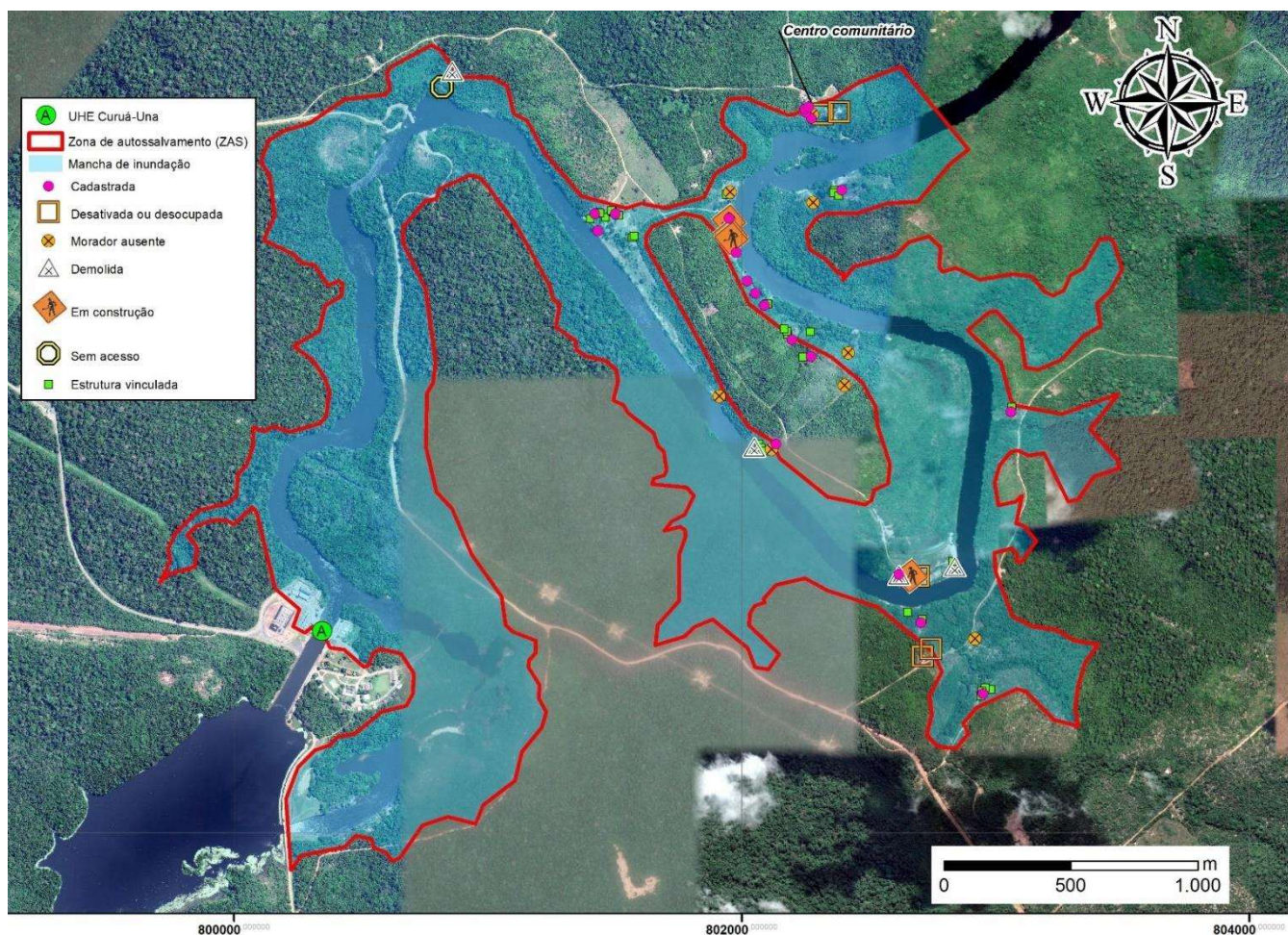


Figura 2.5: Distribuição das estruturas cadastradas
 Fonte: Geometrisa, 2023.

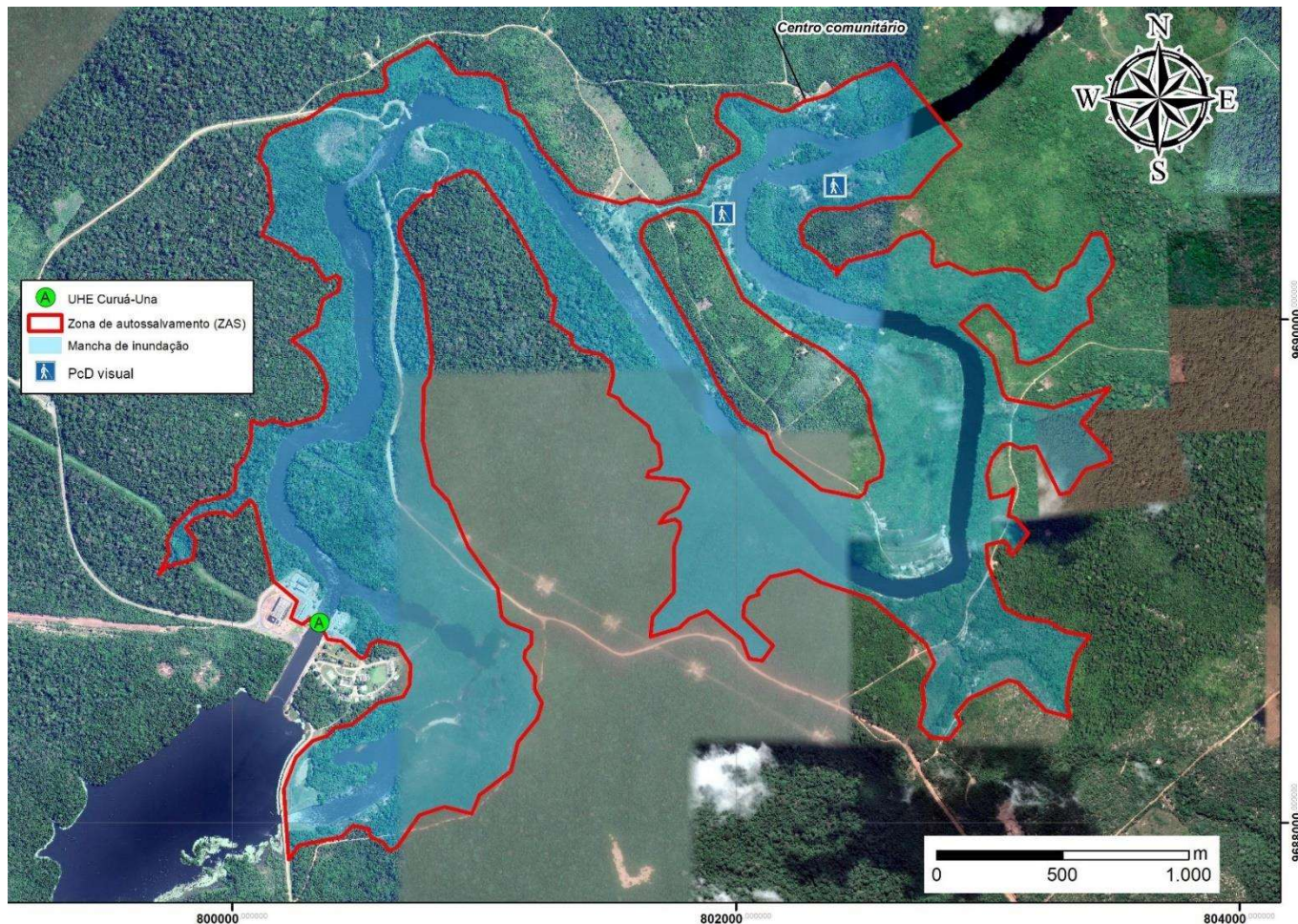


Figura 2.6: Distribuição dos pontos de vulnerabilidade social
 Fonte: Geometrisa, 2023.

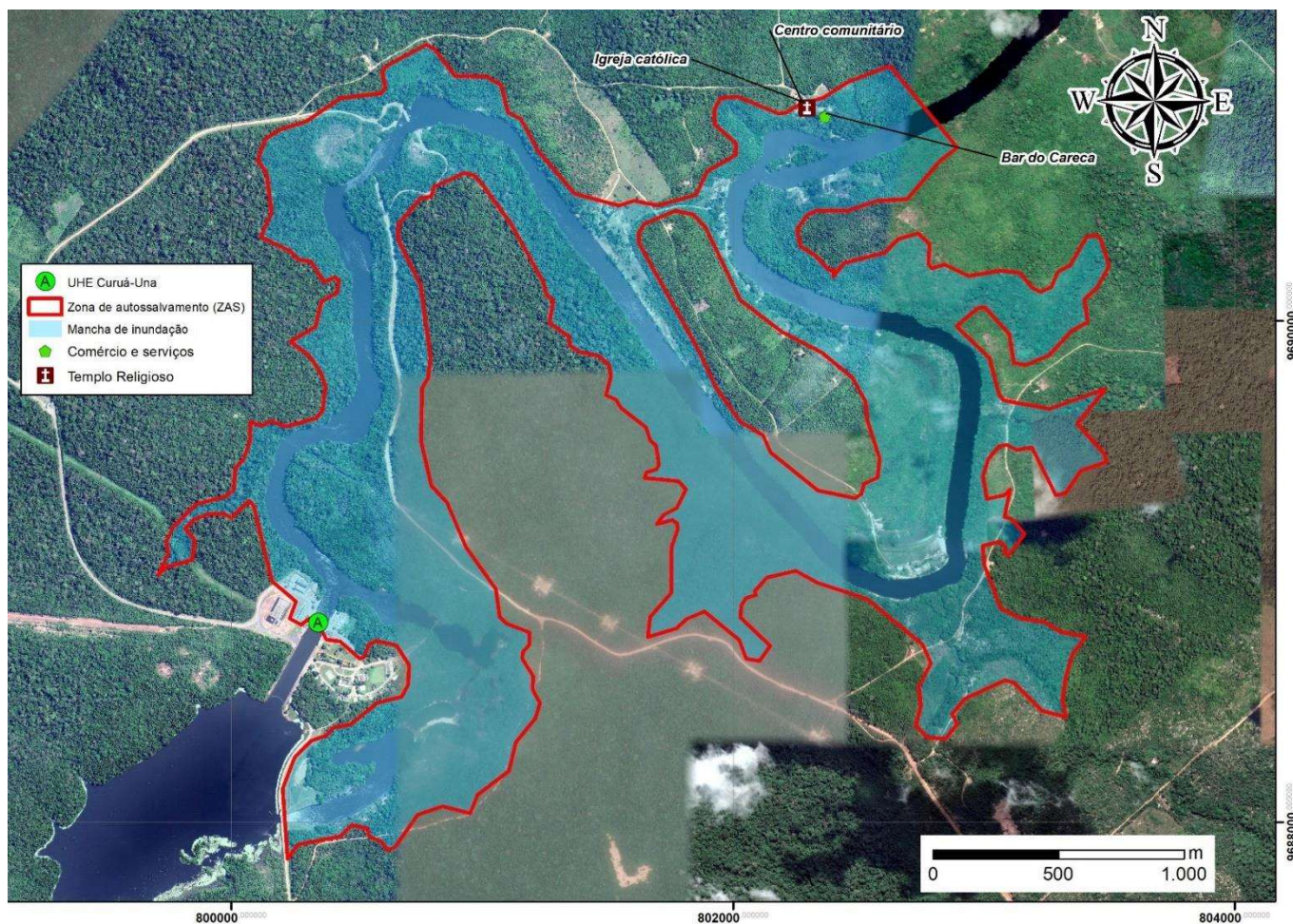


Figura 2.7: Distribuição de pontos sensíveis
Fonte: Geometrisa, 2023.

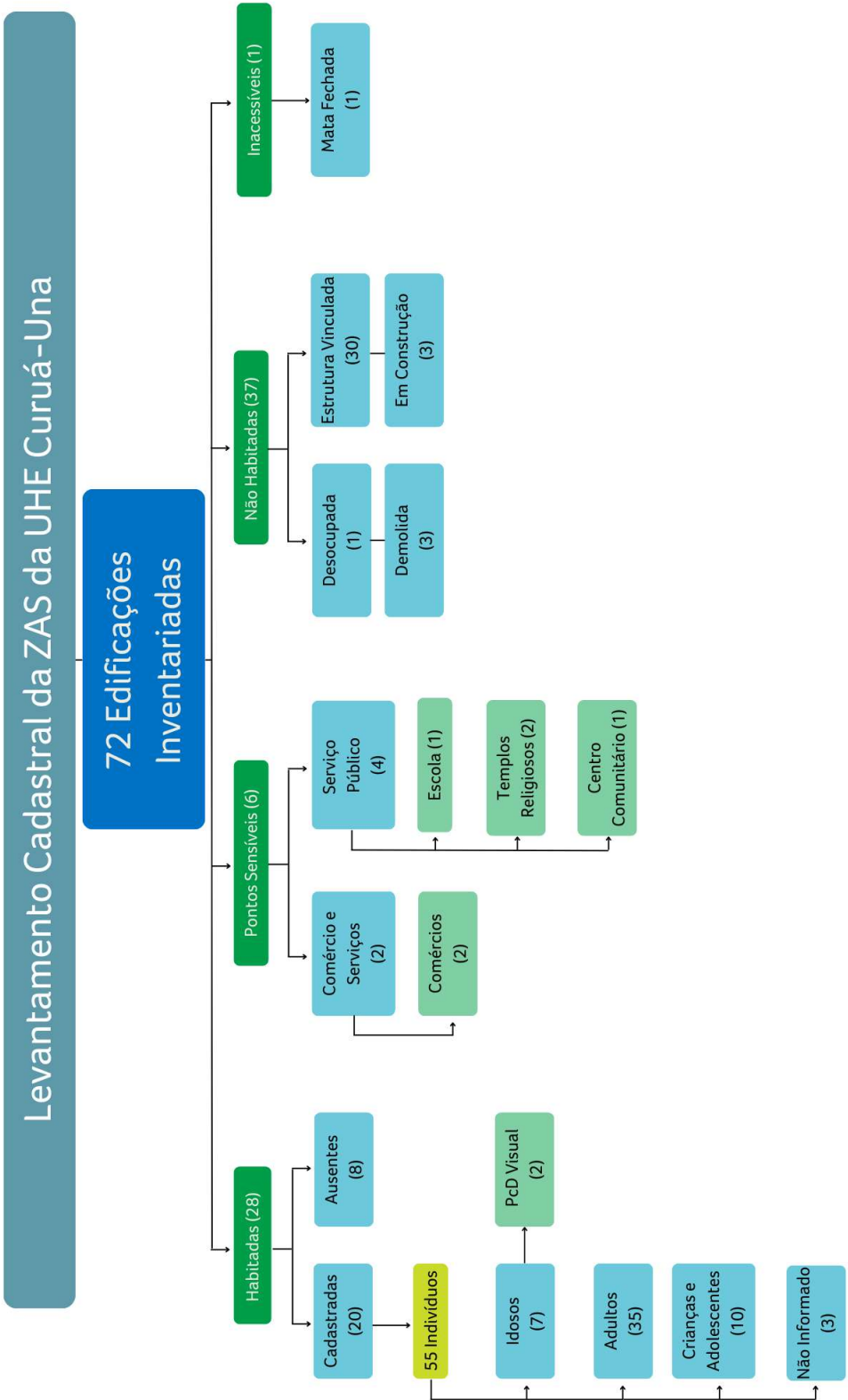


Figura 2.8 – Fluxograma de Cadastramento
Fonte: Geometrisa, 2023

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

2.8 RESTRIÇÕES LOCAIS

Algumas restrições de mobilidade em momentos de crise devem ser verificadas. Dentre elas, o acesso às localidades da área de inundação, previsto mediante as rodovias e estradas expostas nas cartas de inundação (Apêndice 3).

Neste contexto, nas cartas de inundação estão indicadas as estradas e pontes atingidas pela onda induzida pela ruptura hipotética da barragem Curuá-Uma, considerando levantamento realizado em 2018. Estas deverão ser mapeadas pelos órgãos de Defesa Civil, para que o isolamento e a interdição das vias sejam adequadamente planejados para momentos de crise.

Estas informações deverão ser utilizadas pelos Entes Federados, a fim de cumprir as respectivas competências a nível Federal, Estadual e Municipal, em atendimento aos requisitos da Lei Federal Nº 12.608/2012, alterada pela Lei Federal Nº 14.750/2023.

2.9 ESTRATÉGIA, RECURSOS E MEIO DE DIVULGAÇÃO E ALERTA

A Eletrobras Eletronorte - Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. é responsável pelo suporte aos Entes Federados na assistência da população residente na Zona de Autossalvamento (ZAS), cooperando com a divulgação de informações, para as áreas externas à ZAS, sob responsabilidade de órgãos públicos e entidades civis.

O detalhamento dos meios e procedimentos de comunicação estão no documento da Seção III do PAE (CRU.SBR-PSB-2024-630). As responsabilidades dos agentes, desde o proprietário da barragem até os Entes Federados, estão descritas no documento da Seção IV do PAE (CRU.SBR-PSB-2024-640).

REFERÊNCIAS

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

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

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

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

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

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

SYNAVEN, K. The pilot Project Kyrkojarvi dam and reservoir, Seinajoki, Finland. In: INTERNACIONAL SEMINAR AND WORKSHOP RISK ASSESMENT, DAM-BREAK FLOOD ANÁLISIS AND EMERGENCY ACTION PLANNING. Seinajoki: Finnish Environment Institute, 2000.

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

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

WISEU, T. Segurança dos vales a jusante de barragens – metodologias de apoio à gestão dos riscos. 2006. 482f. Tese (Doutorado) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2006.

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

APÊNDICES

O estudo de ruptura hipotética da Barragem Curuá-Una encontra-se no **Caderno de Apêndices** desta unidade, código 313-UHECUR-CD-PAE-II-001 (Apêndice 1).

Apêndice 1: Documento do estudo hidráulico da ruptura hipotética da barragem.

Título	Código
Memória de Cálculo do Estudo de Ruptura Hipotética	313-UHECUR-CD-PAE-II-001

As Cartas de Inundação, referentes à Barragem Curuá-Una, encontram-se no **Caderno de Apêndices** desta unidade. A Listagem e codificação destes documentos está resumida no Apêndice 2.

Apêndice 2: Cartas de Inundação.

MODO	Cartas de Inundação	
	APMR (1:20.000)	ZAS (1:5.000)
RDC 1	313-UHECUR-DES-APMR-01	313-UHECUR-DES-ZAS-01
RDC 2	313-UHECUR-DES-APMR-02	313-UHECUR-DES-ZAS-02
RDC3	313-UHECUR-DES-APMR-03	313-UHECUR-DES-ZAS-03

MODO	Cartas de Inundação	
	Distrito Pacoval - Prainha, PA (1:5.000)	Perigo Hidrodinâmico (1:20.000)
RDC 1	313-UHECUR-DES-ZUR-01	313-UHECUR-DES-PER-01
RDC 2	313-UHECUR-DES-ZUR-02	313-UHECUR-DES-PER-02
RDC3	313-UHECUR-DES-ZUR-03	313-UHECUR-DES-PER-03

VAZÕES	Cartas de Inundação
	Tempo de Recorrência (1:20.000)
Máxima Provável	313-UHECUR-DES-TR-01
TR 100 anos	313-UHECUR-DES-TR-02
TR 1.000 anos	313-UHECUR-DES-TR-03
TR 10.000 anos	313-UHECUR-DES-TR-04

As coordenadas das benfeitorias atingidas, referentes aos modos de ruptura da Barragem Curuá-Una, encontram-se no **Caderno de Apêndices** desta unidade (Apêndice 3).



Apêndice 3: Coordenadas das benfeitorias atingidas.

Título	Código
Caderno de Coordenadas	313-UHECUR-CD-PAE-II-004

A tipificação da Zona de Autossalvamento (ZAS) encontra-se no **Caderno de Apêndices** desta seção (Apêndice 4).

Apêndice 5: Tipificação da ZAS.

Título	Código
Tipificação da Zona de Autossalvamento (ZAS)	313-UHECUR-CD-PAE-II-005

CRU.SBR-PSB-2024-650-R00.pdf

Documento número #18fc62fa-7756-4fa7-ae80-82902eb9236b

Hash do documento original (SHA256): d43959e210996b73e8426f2537d27c3f51aa86d2f33495e70a28fd9d11093e6c

Assinaturas

✓ RAFAEL MARQUES CARDOSO

[Redacted Signature]

Assinou em 26 nov 2024 às 16:57:54

✓ Camila de Goes Silva

[Redacted Signature]

Assinou em 26 nov 2024 às 16:51:10

Log

26 nov 2024, 14:33:59	Operador com email TDSR@intertechne.com.br na Conta 95b49d73-c497-4ce7-86fa-dd20740970d8 criou este documento número 18fc62fa-7756-4fa7-ae80-82902eb9236b. Data limite para assinatura do documento: 26 de novembro de 2024 (16:30). Finalização automática após a última assinatura: habilitada. Idioma: Português brasileiro.
26 nov 2024, 14:34:00	Operador com email TDSR@intertechne.com.br na Conta 95b49d73-c497-4ce7-86fa-dd20740970d8 adicionou à Lista de Assinatura: RM@INTERTECHNE.com.br para assinar, via E-mail, com os pontos de autenticação: Token via E-mail; Nome Completo; CPF; endereço de IP. Dados informados pelo Operador para validação do signatário: nome completo RAFAEL MARQUES CARDOSO e CPF [Redacted]
26 nov 2024, 14:34:00	Operador com email TDSR@intertechne.com.br na Conta 95b49d73-c497-4ce7-86fa-dd20740970d8 adicionou à Lista de Assinatura: CDGS@intertechne.com.br para assinar, via E-mail, com os pontos de autenticação: Token via E-mail; Nome Completo; CPF; endereço de IP. Dados informados pelo Operador para validação do signatário: nome completo Camila de Goes Silva e CPF [Redacted]
26 nov 2024, 16:51:10	Camila de Goes Silva assinou. Pontos de autenticação: Token via E-mail CDGS@intertechne.com.br. CPF informado: [Redacted]. IP: [Redacted]. Componente de assinatura versão 1.1056.0 disponibilizado em https://app.clicksign.com.
26 nov 2024, 16:57:55	RAFAEL MARQUES CARDOSO assinou. Pontos de autenticação: Token via E-mail RM@INTERTECHNE.com.br. CPF informado: [Redacted]. IP: [Redacted]. Localização compartilhada pelo dispositivo eletrônico: [Redacted]. URL para abrir a localização no mapa: https://app.clicksign.com/location. Componente de assinatura versão 1.1056.0 disponibilizado em https://app.clicksign.com.
26 nov 2024, 16:57:56	Processo de assinatura finalizado automaticamente. Motivo: finalização automática após a última assinatura habilitada. Processo de assinatura concluído para o documento número 18fc62fa-7756-4fa7-ae80-82902eb9236b.



Documento assinado com validade jurídica.

Para conferir a validade, acesse <https://www.clicksign.com/validador> e utilize a senha gerada pelos signatários ou envie este arquivo em PDF.

As assinaturas digitais e eletrônicas têm validade jurídica prevista na Medida Provisória nº. 2200-2 / 2001

Este Log é exclusivo e deve ser considerado parte do documento nº 18fc62fa-7756-4fa7-ae80-82902eb9236b, com os efeitos prescritos nos Termos de Uso da Clicksign, disponível em www.clicksign.com.