UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES NATURAIS NA AMAZÔNIA

HUGO DE SOUZA FERREIRA

ANÁLISE DE RISCO ASSOCIADA A BARRAGENS DE USOS MÚLTIPLOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URAIM EM PARAGOMINAS-PA, UTILIZANDO FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO

BELÉM-PARÁ
2025

HUGO DE SOUZA FERREIRA

ANÁLISE DE RISCO ASSOCIADA A BARRAGENS DE USOS MÚLTIPLOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URAIM EM PARAGOMINAS-PA, UTILIZANDO FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia, do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Mestre em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia.

Área de concentração: Minimização de Riscos e Mitigação de Desastres Naturais na Amazônia.

Linha de pesquisa: Vulnerabilidade de Populações em Áreas de Risco.

Orientador: Prof. Dr. Bergson Cavalcanti de Moraes.

BELÉM-PARÁ

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F383a Ferreira, Hugo de Souza.
Análise de risco associada a barragens de usos múltiplos na bacia hidrográfica do rio Uraim em Paragominas-PA, utilizando ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto / Hugo de Souza Ferreira. — 2025.
76 f.: il. color.
Orientador(a): Prof. Dr. Bergson Cavalcanti de Moraes Coorientador(a): Prof. Dr. Christian Nunes da Silva
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Gestão de Risco e Desastre na Amazônia, Belém, 2024.

1. Sensoriamento remoto. 2. Mudanças climáticas. 3. Segurança de barragens. I. Título.

CDD 621.3678

HUGO DE SOUZA FERREIRA

ANÁLISE DE RISCO ASSOCIADA A BARRAGENS DE USOS MÚLTIPLOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URAIM EM PARAGOMINAS-PA, UTILIZANDO FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia, do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial à obtenção de título de mestre em Mestre em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia.

Data de Aprovação: 21 de outubro de 2024.

Conceito: Aprovado

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
gov.br
BERGSON CAVALCANTI DE MORAES
Data: 17/01/2025 10:51:34-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Bergson Cavalcanti de Moraes - Orientador
Doutor em Ciências Agrárias
Universidade Federal do Pará

Documento assinado digitalmente
gov.br
CHRISTIAN NUNES DA SILVA
Data: 17/01/2025 15:08:26-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Christian Nunes da Silva - Membro Interno
Doutor em Ecologia Aquática e Pesca
Universidade Federal do Pará/Numa

Documento assinado digitalmente
gov.br
JOAO DE ATHAYDES SILVA JUNIOR
Data: 17/01/2025 09:01:53-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. João de Athaydes Silva Júnior - Membro Interno
Doutor em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido
Universidade Federal do Pará

Documento assinado digitalmente
gov.br
JOAO BATISTA MIRANDA RIBEIRO
Data: 17/01/2025 15:39:27-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. João Batista Miranda Ribeiro - Membro Interno
Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental
Universidade Federal do Pará

.

Aos meus pais, minha esposa Fabíola, minhas filhas, Helena e Maitê e a toda minha família que com muito carinho não mediram esforços para que eu chegasse até está importante etapa da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que permitiu que meu caminho pudesse ser trilhado mais uma vez em direção ao conhecimento e me deu condições para conseguir realizar mais este trabalho.

À minha família, em especial a minha esposa Fabíola Fonseca e minhas filhas, Helena Fonseca Ferreira e Maitê Fonseca Ferreira, pelo amor, paciência, incentivo e compreensão durante toda esta jornada.

À minha mãe Marcelina Maria de Souza Ferreira, meu irmão Marcelo de Souza Ferreira e a tia Vivi (*In Memoriam*), exemplos de coragem e persistência.

Ao Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, ao meu orientador, Prof. Dr. Bergson Cavalcanti de Moraes, pelas contribuições, observações e conselhos, para que este trabalho fosse concretizado, agradeço também ao Prof. Dr. Christian Nunes Silva pelas enriquecedoras contribuições ao trabalho.

Agradeço também, aos coordenadores e professores do curso que dispuseram do seu tempo para compartilhar seus conhecimentos. A amiga sempre solicita Yamila Oliveira, pela ajuda na normatização deste trabalho. Aos amigos do Serviço Geológico do Brasil – SGB, Geol. Homero Reis, Geol. Marcelo Leão, Geol. César Lisboa, Eng. David Lopes, Eng. João Batista Marcelo, Engª Luciana Brabo, em especial a equipe de Gestão de Riscos; Geólogos, Dianne Fonseca, Raimundo Almir, Íris Celeste e Sheila Gatinho, pelo incentivo e apoio nesta jornada. E a todos os colegas da turma de Mestrado em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia, pela interação e troca de experiências e saberes durante as nossas disciplinas e outras atividades acadêmicas.

A todos que contribuíram de maneira direta e/ou indiretamente para a elaboração e conclusão deste trabalho.

RESUMO

O impacto da atividade humana desde a década de 1950 ampliou consideravelmente a probabilidade de ocorrência de eventos climáticos extremos. O Brasil é vulnerável a esses eventos, que afetam a gestão populacional, econômica, ecossistemas, agricultura e infraestrutura. A região amazônica está especialmente em risco devido às interações sinérgicas como o desmatamento e incêndios. A utilização de barragens de usos múltiplos representa um desafio adicional, já que muitas informações são insuficientes em relação à sua segurança e é notório o aumento do risco de rompimento associado aos eventos climáticos extremos. O presente estudo tem como objetivo o mapeamento das barragens de usos múltiplos na bacia hidrográfica do rio Uraim, em Paragominas, por meio da aplicação de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, na análise foram identificadas 106 barragens dentro da área da bacia. A distribuição das barragens aponta para um cenário de alto risco para os residentes de Paragominas, pois muitas destas barragens sequer foram construídas com o mínimo da observância de critérios técnicos ou de engenharia. O estudo destacou a importância das geotecnologias na localização das barragens, evidenciando sua relevância como ferramenta crucial para o planejamento ambiental e a gestão de riscos. Recomenda-se, portanto, a realocação de moradias, a adoção de critérios técnicos rigorosos para a construção de barragens e o fortalecimento da Defesa Civil local. Essas medidas estão alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 13 e 11, que abordam, respectivamente, a ação climática em cidades e comunidades sustentáveis, também se ressalta a necessidade premente de adotar medidas de adaptação e mitigação diante dessa condição de risco.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto; Mudanças Climáticas; Segurança de Barragens.

ABSTRACT

The impact of human activity since the 1950s has considerably increased the likelihood of extreme weather events occurring. Brazil is vulnerable to these events, which affect population, economic management, ecosystems, agriculture and infrastructure. The Amazon region is especially at risk due to synergistic interactions such as deforestation and fires. The use of multiple-use dams represents an additional challenge, as much information is insufficient regarding their safety and the increased risk of failure associated with extreme weather events is well known. The present study aims to map multiple-use dams in the Uraim river basin, in Paragominas, through the application of geoprocessing and remote sensing techniques. In the analysis, 106 dams were identified within the basin area. The distribution of dams points to a high-risk scenario for the residents of Paragominas, as many of these dams were not even built with minimal compliance with technical or engineering criteria. The study highlighted the importance of geotechnologies in locating dams, highlighting their relevance as a crucial tool for environmental planning and risk management. It is therefore recommended that housing be relocated, the adoption of strict technical criteria for the construction of dams and the strengthening of local Civil Defense. These measures are aligned with Sustainable Development Goals (SDGs) 13 and 11, which address, respectively, climate action in sustainable cities and communities. The pressing need to adopt adaptation and mitigation measures in the face of this risk condition is also highlighted.

Keywords: Remote Sensing; Climate Change; Dam Safety.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Área afetada pela inundação em Paragominas em 2018. 18
Figura 2 – Moradias às margens de drenagens secundárias do Rio Uraim, Paragominas em 2018. 19
Figura 3 – Gestão de dados a partir de um sistema de informações geográficas. 20
Figura 4 – Área de estudo. 23
Figura 5 – Metodologia empregada na análise multitemporal do Uso e Cobertura do Solo da Bacia Hidrográfica do Rio Uraim – 1988 até 2022. 27
Figura 6 – Organograma da metodologia. 28
Figura 7 – Organograma metodológico do modelo HAND Model. 29
Figura 8 – Análise Multitemporal do uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do rio Uraim – 1988 até 2022. 31
Figura 9 - Diferentes usos da terra observados via ARP na bacia hidrográfica do rio Uraim. 33
Figura 10 – Localização das barragens de usos múltiplos na bacia hidrográfica do rio Uraim. Produto Técnico 1. 36
Figura 11 – Contextualização da localização das barragens de usos múltiplos com os usos do solo na bacia hidrográfica do rio Uraim. 38
Figura 12 – Pretensões minerárias na bacia hidrográfica do rio Uraim. 40
Figura 13– Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do rio Uraim. 42
Figura 14 – Mapa de declividade da bacia hidrográfica do rio Uraim. 44
Figura 15– Mapa de áreas suscetíveis a inundações na sede municipal de Paragominas. Produto Técnico 2. 46
Figura 16– Sobrevoos executados na bacia hidrográfica do rio Uraim. 48
Figura 17 – Fotografias obtidas via ARP/Drone de barramentos e barragens na bacia do rio Uraim. 49

LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional das Águas

ANM – Agência Nacional de Mineração

ARP – Aeronave Remotamente Pilotada

CBDB – Comitê Brasileiro de Segurança de Barragens

CHIRPS – Climate Hazards group Infrared Precipitation with Stations

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

CR – Categoria de Risco

DPA – Dano Potencial Associado

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

NASA – National Aeronautics and Space Administration

ODS – Objetivo do Desenvolvimento Sustentável

ONU – Organização das Nações Unidas

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change

PAE – Plano de Ações Emergenciais

PNSB – Política Nacional de Segurança de Barragens

PSB – Plano de Segurança de Barragens

RPSB – Revisão Periódica de Segurança de Barragens

SANEPAR – Agência de Saneamento de Paragominas

SGB – Serviço Geológico do Brasil

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SNISB – Sistema Nacional de Informações Sobre Segurança de Barragens

USGS – United States Geological Survey

SUMÁRIO

RESUMO ..... **VI**

ABSTRACT ..... **VII**

LISTA DE ILUSTRAÇÕES ..... **VIII**

LISTA DE SIGLAS ..... **IX**

SUMÁRIO ..... **X**

1 INTRODUÇÃO **13**

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA **15**

2.1 A Política Nacional de Segurança de Barragens 15

2.2 Os desafios das cidades amazônicas, frente ao avanço das mudanças climáticas e aos riscos e desastres associados 16

2.3 As geotecnologias como ferramenta de gestão de riscos e desastres 19

3 OBJETIVOS **21**

3.1 Objetivo geral 21

3.2 Objetivos específicos 21

4 MATERIAIS E MÉTODOS **22**

4.1 Área de estudo 22

4.2 Materiais 24

4.2.1 Softwares 24

4.2.2 Aquisição dos produtos e manipulação de imagens 25

4.2.3 Aquisição de dados de campo 25

4.3 Método 26

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES **30**

5.1 Análise multitemporal do uso e ocupação do solo 30

5.2 Variação decadal da precipitação em Paragominas 33

5.3 Mapeamento das barragens na Bacia Hidrográfica do Uraim 35

5.4 Localização das barragens a partir da classificação do uso da terra 36

5.5 Análise das pretensões minerárias na Bacia Hidrográfica do Rio Uraim 39

5.6 Mapa Hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Rio Uraim 41

5.7 Mapa de declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Uraim 43

5.8 Aplicação do Método *hand model* para a sede municipal de Paragominas 45

5.9 Levantamentos aéreos com ARP/DRONE.....47

6 CONCLUSÃO 50

REFERÊNCIAS 52

APÊNDICE A – MAPA DA GESTÃO DE DADOS HIDROMETEREOLÓGICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URAIM.....56

APÊNDICE B – MAPA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URAIM.....57

APÊNDICE C – MAPA DE GEOMORFOLOGIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URAIM. 58

APÊNDICE D – MAPA DE PEDOLOGIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URAIM. 59

ANEXO A – POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS, LEI 12.334, DE 20 DE SETEMBRO DE 2010. 61

1 INTRODUÇÃO

Desde os anos 50, a influência humana provavelmente aumentou a chance de eventos extremos. Isso inclui a frequência de ondas de calor e secas concomitantemente em escala global; “risco de incêndio” em algumas regiões de todos os continentes habitados; e inundações em algumas localidades (Ipcc, 2021).

As mudanças climáticas impõem um desafio cada vez maior as sociedades modernas. Segundo Costa (2023), o planeta encontra-se em um cenário crítico, onde as mudanças climáticas já atingem todas as partes do mundo e haverá gravíssimos efeitos ambientais, sociais e econômicos, se não for possível reduzir as emissões de gases de efeito estufa em pelo menos 43% até 2030.

Artaxo (2022) comenta que o Brasil mostra vulnerabilidades importantes nas áreas ambientais e climáticas. O aumento na frequência e intensidade dos eventos climáticos extremos tem provocado impactos significativos em diversos aspectos, como a gestão da população, a economia, o funcionamento dos ecossistemas, a produção agrícola, a infraestrutura, a disponibilidade de recursos hídricos, entre outros.

No Brasil, os estudos de rompimento de barragens e a fiscalização de seu cumprimento são responsabilidades, respectivamente, do empreendedor e do órgão fiscalizador, devendo este último informar a situação à União (Ferla, 2018).

As barragens de usos múltiplos segundo o Comitê Brasileiro de Barragens (CBDB, 2022), são caracterizadas pela sua utilização genérica, onde podemos encontrar as seguintes finalidades: abastecimento de água potável, recreação, uso agrícola, industrial, aquicultura, entre outros.

O rompimento de barragens em cascata são aqueles causados pela possibilidade de ruptura de uma barragem, gerando uma onda de cheia e galgamento ou transbordamento de barragens existentes a jusante (em um mesmo curso d’água ou talvegue), (Campo; Cardia, 2019).

De acordo com o relatório de setorização de áreas de risco geológico do município de Paragominas produzido em 2022 pelo Serviço Geológico do Brasil-SGB, as áreas classificadas como de alto risco e muito alto risco aumentaram em relação ao primeiro mapeamento realizado em 2018 (SGB, 2018, 2022).

Melo *et al.* (2023), afirmam que o uso de ferramentas das geotecnologias pode contribuir para a aquisição, recuperação, organização, visualização e análise de informações sobre as

barragens de rejeito ou de usos múltiplos, seu entorno e a possível rota dos rejeitos em caso de rompimento.

Neste contexto torna-se indispensável o uso destas ferramentas para que seja possível o entendimento espacial dos fenômenos relacionados ao rompimento de barragens, inundações e enxurradas. Por esse motivo, existe uma necessidade urgente de obtenção de informações, quantitativas e qualitativas, sobre as barragens de usos múltiplos que se localizam na bacia hidrográfica do rio Uraim.

O geoprocessamento é elaborado por meio de geotecnologias que envolvem desde processo de aquisição de dados espaciais, não espaciais, à sua modelagem, atualização, análises e tratamento, até os mecanismos de visualização e saída (Ferreira, 2019).

O objetivo deste trabalho foi elaborar o mapa de localização das barragens de usos múltiplos na bacia hidrográfica do rio Uraim em Paragominas e elaborar o mapa de áreas suscetíveis a inundação decorrente de rompimento de barragens na bacia hidrográfica do rio Uraim em Paragominas, utilizando ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto.

Esta dissertação está organizada da seguinte maneira: após a introdução, apresenta-se a revisão da literatura, dividida em três tópicos principais. O primeiro aborda a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB); o segundo discute os desafios enfrentados pelas cidades amazônicas diante das mudanças climáticas e dos riscos e desastres associados; e o terceiro destaca o uso das geotecnologias como ferramenta para a gestão de riscos e desastres na Amazônia.

Após a apresentação dos objetivos, são delineados os materiais e métodos utilizados, seguidos pelos resultados e discussões. Estes últimos são divididos em: análise multitemporal do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Rio Uraim; Análise da Variação decadal da precipitação em Paragominas; Mapeamento das barragens de usos múltiplos na bacia do Rio Uraim (Produto técnico 1); Localização das barragens a partir da classificação do uso da terra; análise espacial das pretensões minerárias na mesma bacia hidrográfica; Mapeamento hipsométrico; Mapeamento da declividade; Aplicação do Método HAND Model para a sede municipal de Paragominas (Produto técnico 2); Sobrevoos realizados por aeronave remotamente pilotada - ARP em pontos estratégicos da bacia do Rio Uraim; e os últimos itens abordados são as conclusões relacionadas a esta pesquisa e as referências utilizadas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A Política Nacional de Segurança de Barragens

A necessidade de construir barramentos está intimamente ligada à necessidade de subsistência e produção de riqueza, uma vez que direta ou indiretamente a maioria das atividades econômicas necessita de barragens para seu pleno desenvolvimento. No Brasil, os reservatórios criados a partir da implantação de barragens viabilizam uma expressiva parte dos sistemas de reserva para abastecimento de água e para as mais diversas destinações (Silva *et al.*, 2021).

A Política Nacional de Segurança de Barragens-PNSB (lei nº 12.334/2010), define a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico-ANA como instituição responsável por fiscalizar a segurança de barragens de acumulação de água localizadas em rios de domínio da União (ANA, 2021).

A ANA dispõe do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens – SNISB, que informa que as barragens ou reservatórios de usos múltiplos, são a modalidade de barragem que menos apresenta informações dentro do cadastro nacional (ANA/Snisb, 2022) e a ausência de informações relevantes sobre essa modalidade de barragem causa insegurança, pois em alguns casos pode existir o risco iminente de rompimento.

Dados do relatório anual de segurança de barragens (SNISB, 2021). Apontam a existência de 22.654 barragens cadastradas por 33 órgãos fiscalizadores no Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB). Desse total, 50% possuem informações sobre empreendedor; 87% sobre capacidade; 54% sobre altura; e 51% possuem informações sobre autorização, outorga ou licenciamento.

Do total de barragens cadastradas, 5.474 estão submetidas à Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e 4.313 não estão. As outras 12.867 barragens cadastradas (57%) não possuem informações suficientes para classificação quanto à submissão à Lei nº 12.334/2010.

Existem ainda 9.451 barragens classificadas, sendo 1.219 classificadas simultaneamente como Categoria de Risco (CRI) e Dano Potencial Associado (DPA). Além disso, há 8.286 barragens sem pendências quanto à classificação relativa a CRI, sendo 6.507 classificadas quanto a CRI e 1.779 não submetidas à PNSB, não sendo, portanto, necessária tal classificação. Das 5.474 barragens submetidas à PNSB, cerca de 28% possuem Plano de Segurança de Barragem (PSB), mas somente 6% foram objeto de ao menos uma inspeção de segurança no ano de 2021.

Verifica-se que 12% das barragens submetidas à PNSB possuem Revisão Periódica de Segurança de Barragens (RPSB). A maioria dos PSB e seus componentes elaborados referem-se às barragens destinadas à geração de energia hidrelétrica e contenção de rejeitos de mineração.

Na visão de Fonseca (2019), o amplo debate entre as diversas organizações governamentais dos setores de recursos hídricos e irrigação, geração de energia e de mineração, representantes da sociedade civil, associações técnicas, órgãos de classe e comitês de bacias hidrográficas, resultou em uma lei única que atende a diversidade de usos do empreendimento de barragem.

Porém, a notória fragilidade verificada no controle e na fiscalização das atividades que necessitam de barragens ou barramentos tem contribuído para a produção de desastres/catástrofes ambientais com grande impacto na sociedade. Infelizmente, Mariana e Brumadinho configuram dois exemplos dessa equação (ARMADA, 2021).

Neste contexto, Ferreira (2022) afirma que a segurança de barragens é um tema de grande interesse, pois chama a atenção do poder público e da sociedade para os potenciais riscos associados, para a ausência das normas técnicas de construção e controle de segurança a serem observadas pelos empreendedores. Desta forma, a PNSB estabeleceu, entre os seus objetivos e fundamentos, o de fomentar a cultura da segurança de barragens, a gestão de riscos e a promoção de mecanismos de participação e controle social.

2.2 Os desafios das cidades amazônicas, frente ao avanço das mudanças climáticas e aos riscos e desastres associados

De acordo com as Nações Unidas (2021), a frequência dos eventos climáticos extremos tende a aumentar em função do crescimento da temperatura média global. No que se refere ao ciclo hidrológico, prevê-se uma intensificação das chuvas e, consequentemente, o aumento da ocorrência de inundações. Espera-se também que as secas se tornem mais severas em diversas regiões, enquanto a precipitação se intensificará em outras. Nas áreas costeiras, o nível do mar deverá continuar a subir, o que poderá agravar a incidência de enchentes em regiões litorâneas de baixa altitude, além de intensificar os processos de erosão costeira.

Como estratégia para mitigar os impactos das mudanças climáticas e estabelecer diretrizes para a promoção do desenvolvimento sustentável em escala global, a Organização das Nações Unidas (ONU) implementou, em 2015, os 17 Objetivos de Desenvolvimento

Sustentável (ODS). Este trabalho fundamenta-se, em particular, nos ODS 13 (Ação contra a mudança global do clima) e 11 (Cidades e comunidades sustentáveis).

O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 13, que trata da ação contra a mudança global do clima, está subdividido em metas específicas. Entre elas, destacam-se: o fortalecimento da resiliência e da capacidade de adaptação a riscos relacionados ao clima e a desastres naturais em todos os países; a integração de medidas relativas à mudança do clima nas políticas, estratégias e planejamentos nacionais; e a promoção da educação, da conscientização e do fortalecimento das capacidades humanas e institucionais voltadas à mitigação, adaptação, redução de impactos e sistemas de alerta precoce (ONU, 2023).

O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11, que trata de cidades e comunidades sustentáveis, também fundamenta este trabalho, uma vez que aborda a necessidade de tornar os centros urbanos e os assentamentos humanos mais inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. Entre suas metas, destaca-se a redução significativa do número de mortes e de pessoas afetadas por desastres, bem como a diminuição substancial das perdas econômicas diretas associadas, em proporção ao produto interno bruto global. Essa meta inclui os desastres relacionados à água e enfatiza a proteção das populações pobres e em situação de vulnerabilidade (ONU, 2023).

Algumas ações encontram-se em curso em âmbito nacional e tem o intuito de mitigar os impactos causados pelas mudanças climáticas e por eventos climáticos extremos, um exemplo é o Plano Nacional de Defesa Civil, que entre outras ações, deve disponibilizar a identificação de riscos e cenários prováveis de atuação. Tal documento traça cenários para os anos de 2030, 2034 e 2040 para diversos tipos de desastres, como chuvas intensas, alagamentos, enxurradas, vendavais, erosões, estiagem e seca, entre outros (AGÊNCIA GOV, 2024).

A região amazônica é vista como estando em grande risco devido à variabilidade e às mudanças climáticas. O risco não se deve apenas às alterações climáticas projetadas, mas também às interações sinérgicas com outras ameaças, como o desmatamento, a fragmentação florestal e os incêndios detectados no presente (MARENGO *et al.*, 2018).

Santos *et al.* (2020) concluem que na Amazônia paraense o inverno amazônico constitui motivo de grande preocupação, em razão da sua capacidade de gerar danos e prejuízos às populações vulneráveis, sendo possível a ocorrência de situações de emergências ou de calamidade pública com potencial de se tornar uma verdadeira catástrofe.

O Governo Federal instituiu o Sistema Nacional de Defesa Civil por meio do Decreto nº 7.257, de 4 de agosto de 2010, o qual foi posteriormente revogado pelo Decreto nº 11.219, de 5 de outubro de 2022. A nova regulamentação atualiza aspectos da gestão da Defesa Civil, mas mantém a definição de desastre como “o resultado de eventos adversos, naturais ou

provocados pelo homem, sobre um ecossistema vulnerável, causando danos humanos, materiais ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais" (Brasil, 2010, 2022).

As inundações são eventos esperados por conta da dinâmica hidrológica dos rios, porém com o advento de eventos climáticos extremos podemos ter cenários catastróficos. DUARTE et al. (2021), relatam que no dia 12 de abril de 2018, em apenas uma hora, choveu 110 mm, o que é considerado muito acima das médias já registradas para o município de Paragominas, sendo a média mensal de 154 mm. A elevada precipitação pluviométrica desse dia causou grandes inundações, ocorrendo também o rompimento de três barragens de terra localizadas a montante do rio Uraim, ocasionando um segundo processo, a enxurrada, onde cerca de 40% da cidade ficou alagada. Algumas das consequências deste sinistro podem ser visualizadas nas **Figura 1** e **Figura 2**.

Figura 1 – Área afetada pela inundação em Paragominas em 2018.

Fonte: JÚNIOR, Josenaldo (2018).

Figura 2 – Moradias às margens de drenagens secundárias do Rio Uraim, Paragominas em 2018.

Fonte: ROGÉRIO, Cleyton (2018).

2.3 As geotecnologias como ferramenta de gestão de riscos e desastres

Na opinião de Vinhal (2023), o geoprocessamento permite identificar e mapear as áreas de maior risco ambiental, permitindo a tomada de decisão bem como suporte aos serviços de defesa civil e planejamento urbano para minimizar os riscos de desastres naturais. Essas geotecnologias desempenham um papel fundamental na gestão e mitigação de desastres naturais em todo o mundo. As expertises incluem sistemas de informações geográficas (SIG), sensoriamento remoto, geoprocessamento, georreferenciamento, modelagem espacial e oferecem uma ampla gama de ferramentas para monitorar, prever e responder a eventos catastróficos.

Nos últimos anos, houve um aumento de desastres ambientais no Brasil, por causas naturais ou devido a ações humanas, ocasionando diversos danos à sociedade, ao meio ambiente e prejuízos econômicos. Em virtude desse aumento, é preciso que haja avanços nas técnicas de monitoramento das áreas de risco, a fim de propor medidas mitigatórias para prevenção de acidentes (LUCCHETTA; OLIVEIRA, 2020).

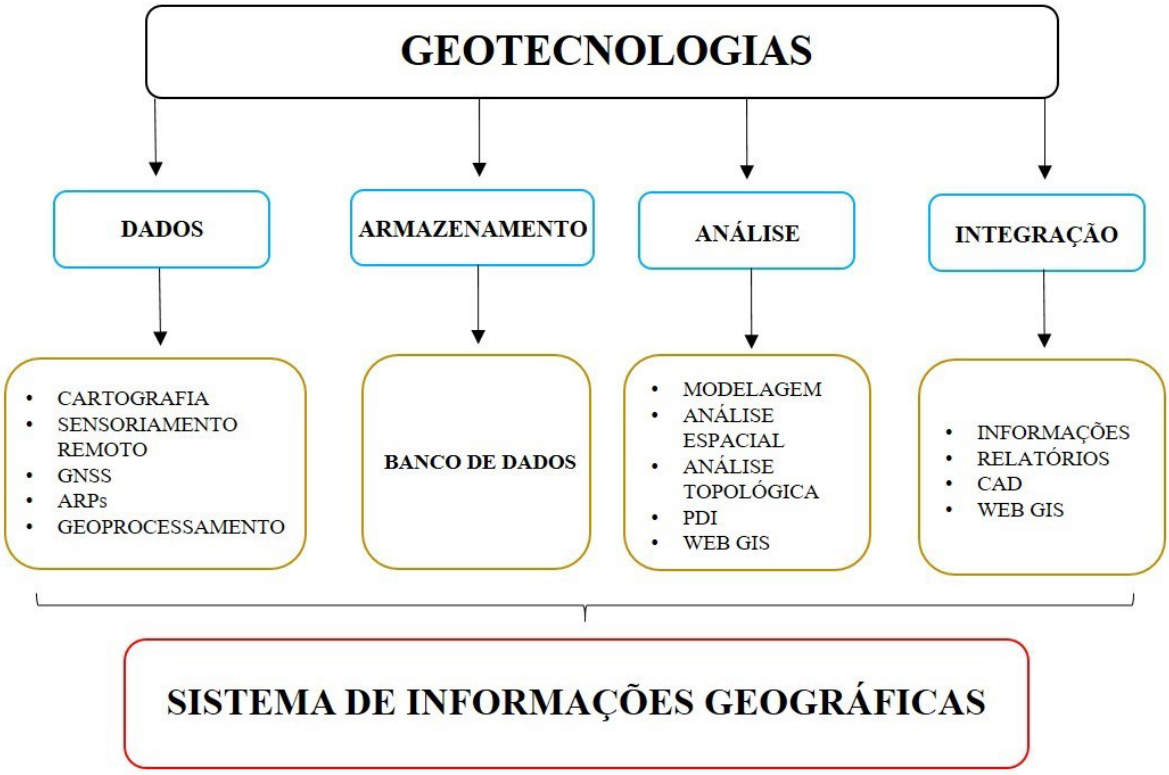
É importante destacar a importância que as geotecnologias desempenham na prevenção e no planejamento de desastres. Os modelos de simulação e análise espacial permitem avaliar cenários hipotéticos e antecipar os impactos de eventos naturais, auxiliando na elaboração de

estratégias de evacuação, na definição de áreas seguras para abrigos temporários e na concepção de medidas de mitigação.

Para Silva (2023). O geoprocessamento e os sistemas de informação geográfica desempenham um papel fundamental no planejamento urbano, fornecendo subsídios para a análise espacial, identificação de áreas de risco, tomada de decisões embasadas em dados geográficos e promoção de um desenvolvimento urbano sustentável.

A **Figura 3** destaca a natureza multidisciplinar das geotecnologias, demonstrando sua capacidade de integrar dados de diversas fontes e analisá-los rapidamente para obter informações estratégicas de maneira eficiente e eficaz.

Figura 3 – Gestão de dados a partir de um sistema de informações geográficas.



Fonte: Do Autor.

Em síntese as geotecnologias constituem-se em uma ferramenta primordial para todas as fases da gestão de risco e desastres, planejamento, acompanhamento de sinistros e resposta a desastres.

Segundo Ferreira (2024). Nos últimos anos, as geotecnologias, têm possibilitado um maior entendimento do espaço geográfico, de seus fenômenos e da criação de cenários hipotéticos. Essa possibilidade de criação de cenários surge como uma ferramenta importante

para a gestão governamental, pois indica ao gestor onde, como e quando alocar recursos para mitigar os efeitos de determinada ação de risco natural.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Elaborar um mapeamento de riscos associados ao rompimento de barragens de usos múltiplos na bacia hidrográfica do rio Uraim em Paragominas-PA.

3.2 Objetivos Específicos

- Mapear as barragens de usos múltiplos localizadas nas proximidades da cidade de Paragominas.
- Apontar áreas críticas impactadas por inundação ou eventual enxurrada na sede municipal de Paragominas-PA.
- Propor ações de mitigação, em face ao potencial risco estabelecido pela construção de barragens construídas de forma inadequada.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O estudo será realizado no município de Paragominas, no Estado do Pará, mais especificamente na bacia hidrográfica do Rio Uraim, localizada cerca de 300 km da capital, Belém. O município de Paragominas faz parte da mesorregião Sudeste Paraense e se limita com o estado do Maranhão, a Leste; e com cinco municípios paraenses ao norte; Ulianópolis, Goianésia do Pará e Dom Eliseu, ao sul; e Ipixuna do Pará, a oeste (**Figura 4**).

Paragominas foi elevada à categoria de município e distrito pela Lei Estadual nº 3.225, de 04 de janeiro de 1965, sendo desmembrado do município de São Domingos do Capim e Viseu. O município possui cerca de 19.342 km² de área, sua sede está localizada sob as coordenadas, latitude 02º59'45" Sul e longitude 47º21'10" Oeste, com uma altitude média de 90 metros acima do nível do mar.

O município possui uma população estimada em 2022 de 105.550 habitantes, sendo uma proporção média de 78% residentes na área urbana e 22% área rural (CENSO/IBGE, 2022).

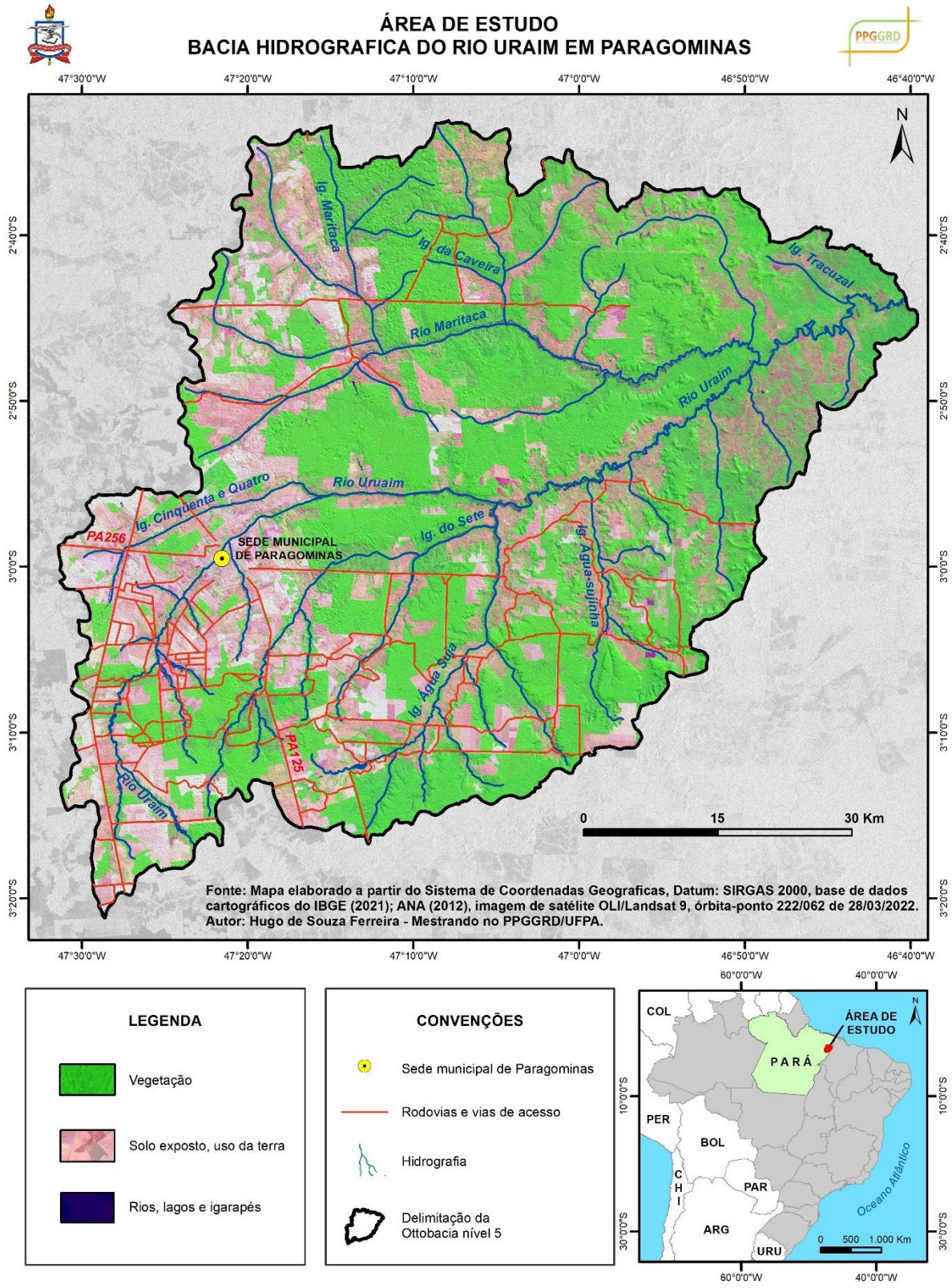
Segundo a SANEPAR (2014). A bacia hidrográfica do rio Uraim ocupa uma área de 4.668 km² o que corresponde a cerca de 21,75% da área total do município e possui vinte e sete rios que deságuam no seu leito e contribuem para forma uma vazão média anual de 268.423,35 m³/h.

O clima é tropical semiúmido, com temperatura média anual em torno dos 26,6º C e índice pluviométrico elevado, próximo aos 1 800 milímetros anuais. No que diz respeito ao uso e cobertura da terra, cerca de 48% da área do município é recoberta por floresta, o restante serve de pastagem ou área de agricultura ou ainda outros fins (FERREIRA, 2021).

O município de Paragominas é um importante polo do agronegócio no Estado do Pará, sua sede municipal é cortada pelo Rio Uraim. A primeira atividade a se estabelecer na área que hoje é o município de Paragominas foi a agricultura de corte-e-queima. Os colonos chegaram à região na década de 1930, vindos de São Miguel do Guamá, um antigo povoamento de ribeirinhos situado ao norte (ROCHA; MAIA, 2018).

Hoje, segundo a Prefeitura de Paragominas (2020), O dinamismo econômico do município é promovido por diversas atividades, como: a pecuária bovina, o forte extrativismo madeireiro, a agricultura em seus segmentos comercial e familiar e mais recentemente o extrativismo mineral, com a exploração da bauxita.

Figura 4 – Área de estudo.



Fonte: Do Autor.

4.2 MATERIAIS

Para a construção deste trabalho foram adquiridos, material bibliográfico, artigos, teses, fontes jornalísticas de dados públicos, com o intuito de obter referencial teórico e suporte para a construção da metodologia.

Base cartográfica em meio digital, elaborada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE; atualizada em 2021. Base cartográfica em meio digital, elaborada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA; atualizada em 2022. Base cartográfica em meio digital, elaborada pelo Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM; atualizada em 2021. Todas as informações cartográficas foram obtidas em meio digital em formato *Shapefile* (.shp), de domínio público e facilmente aceitas pelos diversos sistemas de informações geográficas.

Além disso, foram utilizadas cenas do satélite Landsat 5, da órbita-ponto 222/062, sensor TM *(Thematic Mapper),* bandas 3 (0,63 – 0,69 μm), 4 (0,76 – 0,90 μm) e 5 (1,55 – 1,75 μm), das seguintes datas: 16/08/1988, 05/07/1996, 26/06/2010, composição colorida 345.

Imagem Landsat 8, órbita-ponto 222/062, sensor OLI *(Operational Land Imager),* bandas 6 (1,57 – 1,65 μm), 5 (0,85 – 0,88 μm) e 4 (0,64 – 0,67 μm), da seguinte data: 23/09/2022, composição colorida 654 para a construção da análise multitemporal do uso do solo na bacia hidrográfica do rio Uraim.

As imagens foram escolhidas no período de junho a setembro de cada ano, por se tratar de um período com menor incidência de cobertura de nuvens na região amazônica.

A aquisição das cenas se deu no catálogo de imagens, disponível no site do Serviço Geológico Norte Americano-USGS (disponível em: https://earthexplorer.usgs.gov/).

A aquisição das cenas do ASTER-GDEM se deu no catálogo de imagens, disponível no site da Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço-NASA (disponível em: https://www.earthdata.nasa.gov/) e serviu de base para a elaboração do mapa de altimetria e declividade, além de ser o principal insumo do HAND model.

4.2.1 Softwares

Para a execução da análise espacial, classificação da área de estudo e operações de estatísticas espaciais e demais cálculos foi utilizado o programa ArcGis versão 10.8.2 (http://www.esri.com/), e a planilha da *Microsoft* (Excel), além do software de processamento de imagens Envi versão 5.6, GPS TrackMaker e Google Earth para análises espaciais preliminares.

4.2.2 Aquisição dos produtos e manipulação de imagens

A primeira etapa foi constituída pela escolha das datas das imagens Landsat; posteriormente foram realizados pedidos de aquisição dos produtos Landsat, esses produtos foram adquiridos através do acesso ao site < https://earthexplorer.usgs.gov/>. Foi utilizada a projeção geográfica e formato Geotiff e em seguida, as imagens foram importadas para o software ENVI 5.6. Nesta fase, primeiramente trabalhou-se a correção geométrica das imagens relativas a todas as cenas Landsat. Para registrar as imagens foram utilizadas as cenas correspondentes, extraídas do mosaico *basemap/ESRI,* com projeção LAT/LONG e Datum WGS84. Estas foram reprojetadas para coordenadas planimétricas, projeção UTM Zona 22 Sul e Datum SIRGAS2000.

O registro automático entre a imagem de base e as imagens pré-selecionadas, foi realizado no programa ArcGis 10.8.2, a partir da extensão de correção geométrica. Esta extensão adota um algoritmo que é capaz de gerar centenas de pontos de controle e produzir um modelo matemático para a correção das imagens a serem registradas.

Este método de georreferenciamento é denominado (imagem a imagem), onde a partir de uma imagem georreferenciada, é possível se georreferenciar outras, desde que estas tenham o mesmo número de colunas e linhas em sua formação. Além disso, é necessário que estas imagens ocupem a mesma órbita ponto. O método de correção geométrica tem sua maior eficiência quando as imagens utilizadas apresentam percentual inferior a 5% de nuvens em cada quadrante da cena. Este processo elimina quase que completamente a coleta manual de pontos.

Após a execução anterior o método foi replicado para as imagens dos anos restantes obedecendo ao critério de cenas. O resultado do georreferenciamento foi um erro médio (RMS) variando entre 0,3 e 0,8 p*ixel*s. Terminado o registro, as imagens foram recortadas de acordo com os limites da área de estudo.

4.2.3 Aquisição de dados de campo

Foram adquiridas informações das incursões a campo, para apoiar o georreferenciamento das barragens de usos múltiplos em diferentes épocas do ano, as informações constam nos relatórios do programa de Setorização de Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Movimentos de Massa, Enchentes e Inundações do Serviço Geológico do Brasil - SGB para o município de Paragominas dos anos de 2018 e 2022 (Dados públicos).

A variação decadal da precipitação para a região de Paragominas foi obtida a partir do método CHIRPS. O *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations* (CHIRPS) é

um conjunto de dados de precipitação desenvolvido pelo *United States Geological Survey* (USGS) e pelo *Climate Hazards Group at the University of California*, (Dados públicos).

Os dados auxiliares foram coletados com o receptor GNSS Garmin/Etrex20 compatível com a recepção dos sinais do GPS/NAVSTAR e GLONASS, com a aeronave ARP DJI Mavic Mini 3 com câmera de 4K de resolução.

4.3 Método

A metodologia de pesquisa está embasada no levantamento bibliográfico e documental de publicações, artigos, teses, notas técnicas e matérias veiculadas em jornais e revistas, que tratam sobre os eventos relacionados a enxurradas, enchentes e inundações, relacionados com rompimento ou transbordamento de barragens.

O processamento das imagens de sensoriamento remoto e o tratamento das informações cartográficas será realizado com o auxílio dos programas ArcGis 10.8 e Envi 5.6, com autorização do Serviço Geológico do Brasil-SGB que concederá as licenças dos programas para o desenvolvimento do trabalho.

As imagens utilizadas para a elaboração do trabalho de pesquisa foram obtidas a partir do acervo do Serviço Geológico Americano-USGS e do acervo da Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço-NASA, serão utilizadas imagem de satélite TM/Landsat5 e OLI/Landsat8 para verificar o histórico de ocupação e degradação na bacia hidrográfica do rio Uraim e ao longo de suas margens.

As localizações das barragens de usos múltiplos foram adquiridas também a partir da análise da imagem de satélite OLI/Landsat8, a partir de uma classificação não supervisionada que foi posteriormente validada com outras imagens de maior resolução espacial.

Inicialmente, consultou-se o banco de imagens de satélite da USGS em busca da imagem mais adequada, priorizando aquelas com baixo percentual de cobertura de nuvens e com a data mais recente possível. Optou-se pela imagem de satélite OLI/Landsat 8, órbita-ponto 222/062, obtida em 23/09/2022, e composta pelas bandas 6 (1,57 – 1,65 μm), 5 (0,85 – 0,88 μm) e 4 (0,64 – 0,67 μm), que resultaram na composição colorida 654.

Posteriormente, a imagem foi importada para o software ENVI 5.6, onde foi realizada a correção geométrica. A imagem foi corrigida resultando em um arquivo no Sistema de Coordenadas Geográficas e Datum SIRGAS2000, conforme legislação cartográfica vigente.

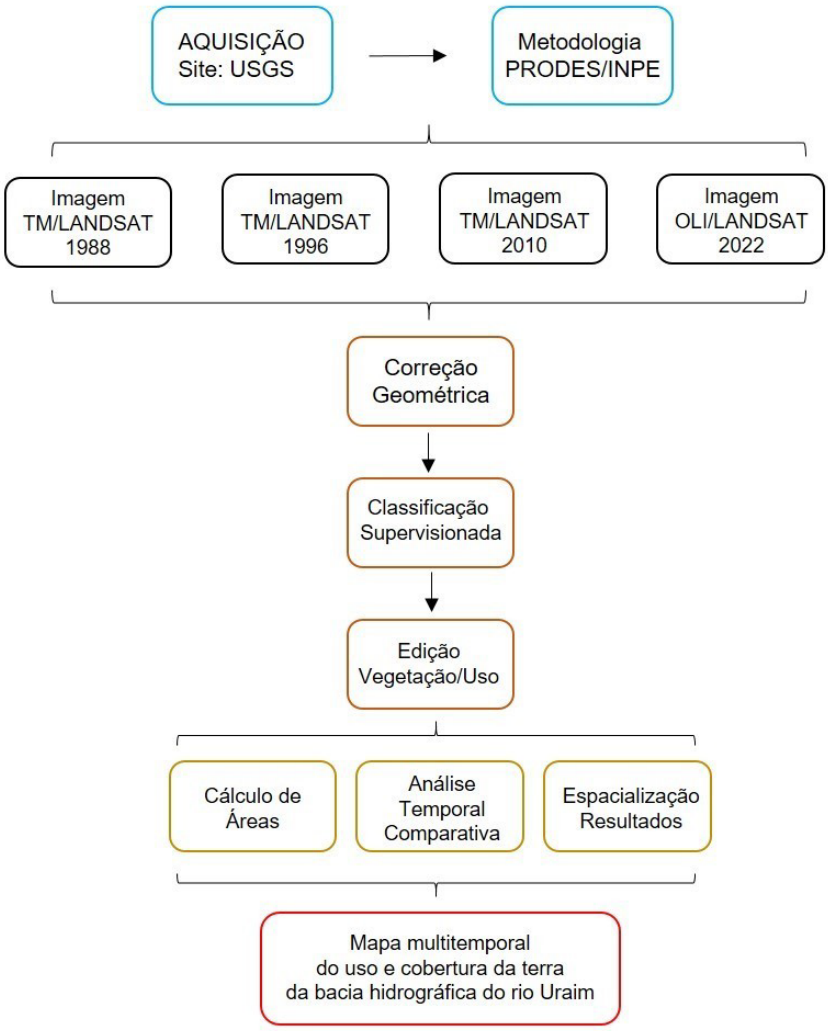
Em seguida, foi conduzida uma classificação não supervisionada para identificar três classes principais: vegetação, uso da terra e água. Os indícios de espelho d'água resultantes

dessa classificação foram isolados e analisados como possíveis ocorrências de barragens ou barramentos.

Após o cruzamento de dados coletados em campo, em fontes bibliográficas e no banco de imagens do *Basemap/ESRI*, foram identificados os indícios positivos de barragens, diferenciando-os das ocorrências naturais de espelhos d'água. Essa análise permitiu a determinação precisa da localização das barragens na bacia do rio Uraim, conforme ilustrado na figura 10.

Abaixo, na **Figura 5**, temos o organograma da metodologia empregada na elaboração do mapeamento multitemporal do uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do Uraim.

Figura 5 – Metodologia empregada na análise multitemporal do Uso e Cobertura do Solo da Bacia Hidrográfica do Rio Uraim – 1988 até 2022.

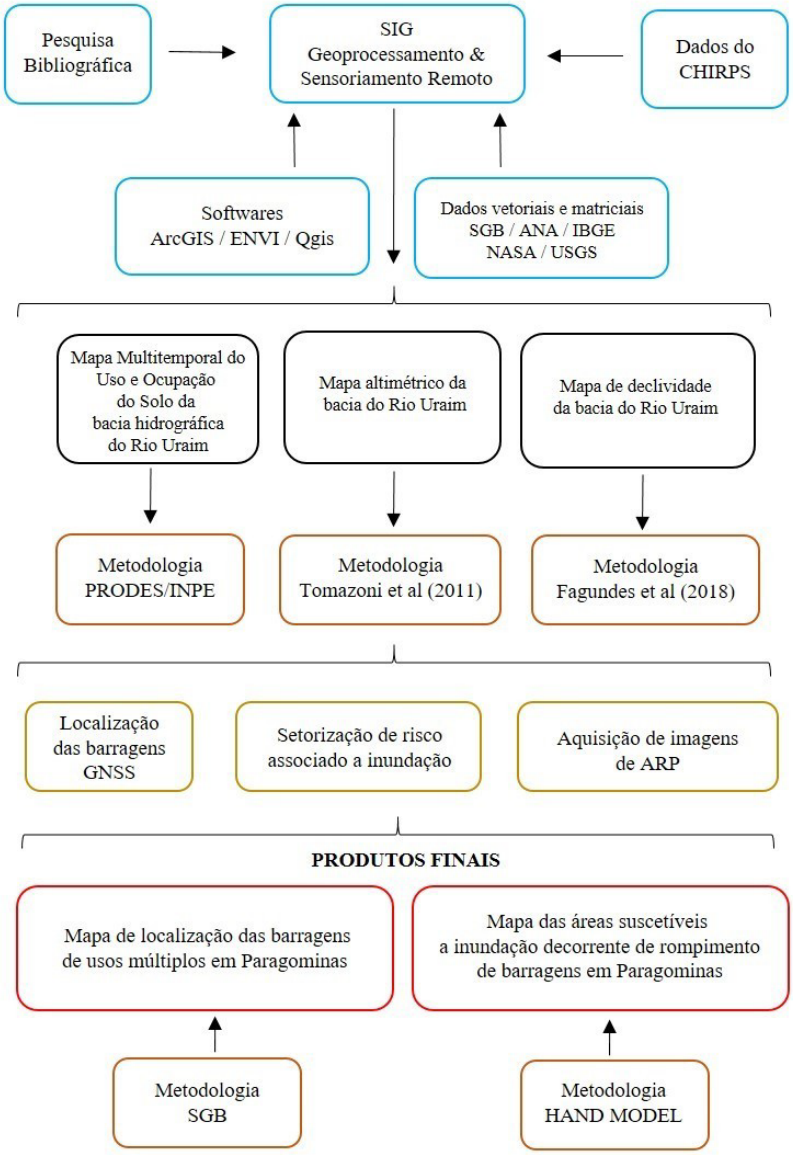


Fonte: Do Autor.

Foram utilizadas imagens do sensor ASTER/GDEM para elaboração de mapas de altimetria e declividade, que dão suporte a execução do mapa de áreas suscetíveis a inundação na sede municipal de Paragominas, as imagens do ASTER/GDEM foram obtidas a partir do sítio da Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço-NASA.

A **Figura 6** apresenta o organograma metodológico geral desta pesquisa, delineando a criação de dois produtos técnicos principais: o primeiro consiste no mapa de localização das barragens de usos múltiplos em Paragominas, enquanto o segundo abrange o mapeamento das áreas suscetíveis a inundação em caso de rompimento das barragens na mesma região.

Figura 6 – Organograma da metodologia.



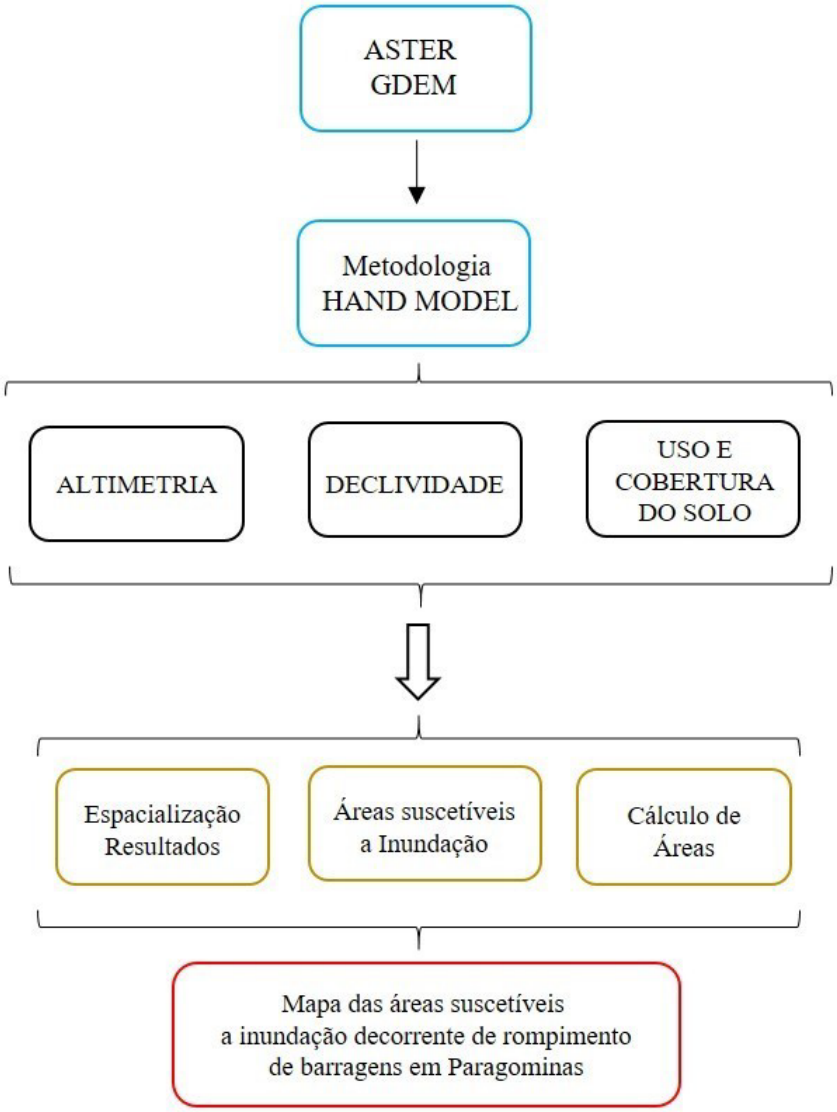
Fonte: Do Autor.

A localização das barragens de usos múltiplos na bacia do rio Uraim, será mapeada através de levantamento em imagens de satélite, trabalho de campo e sobrevoo de ARP.

Os dados da setorização de riscos da cidade de Paragominas levantados pelo Serviço Geológico do Brasil, também foram utilizados para efeito de contexto na análise do risco associado à inundação e outras categorias de risco.

Para a elaboração do Mapa de áreas suscetíveis a inundação decorrente de rompimento de barragens em Paragominas, utilizou-se a metodologia HAND MODEL, que utiliza dados de modelo digital de elevação-MDE para atribuir classificações de suscetibilidade à inundação (**Figura 7**).

Figura 7 – Organograma metodológico do modelo HAND Model.



Fonte: Do Autor.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Análise multitemporal do uso e ocupação do solo

O mapeamento multitemporal a partir de imagens de satélite é uma poderosa técnica de sensoriamento remoto que permite monitorar e analisar mudanças na superfície terrestre ao longo do tempo. Essa abordagem envolve uma comparação de imagens de satélite coletadas em diferentes momentos para identificar e quantificar alterações nas características da paisagem, como, cobertura vegetal, uso do solo, recursos hídricos.

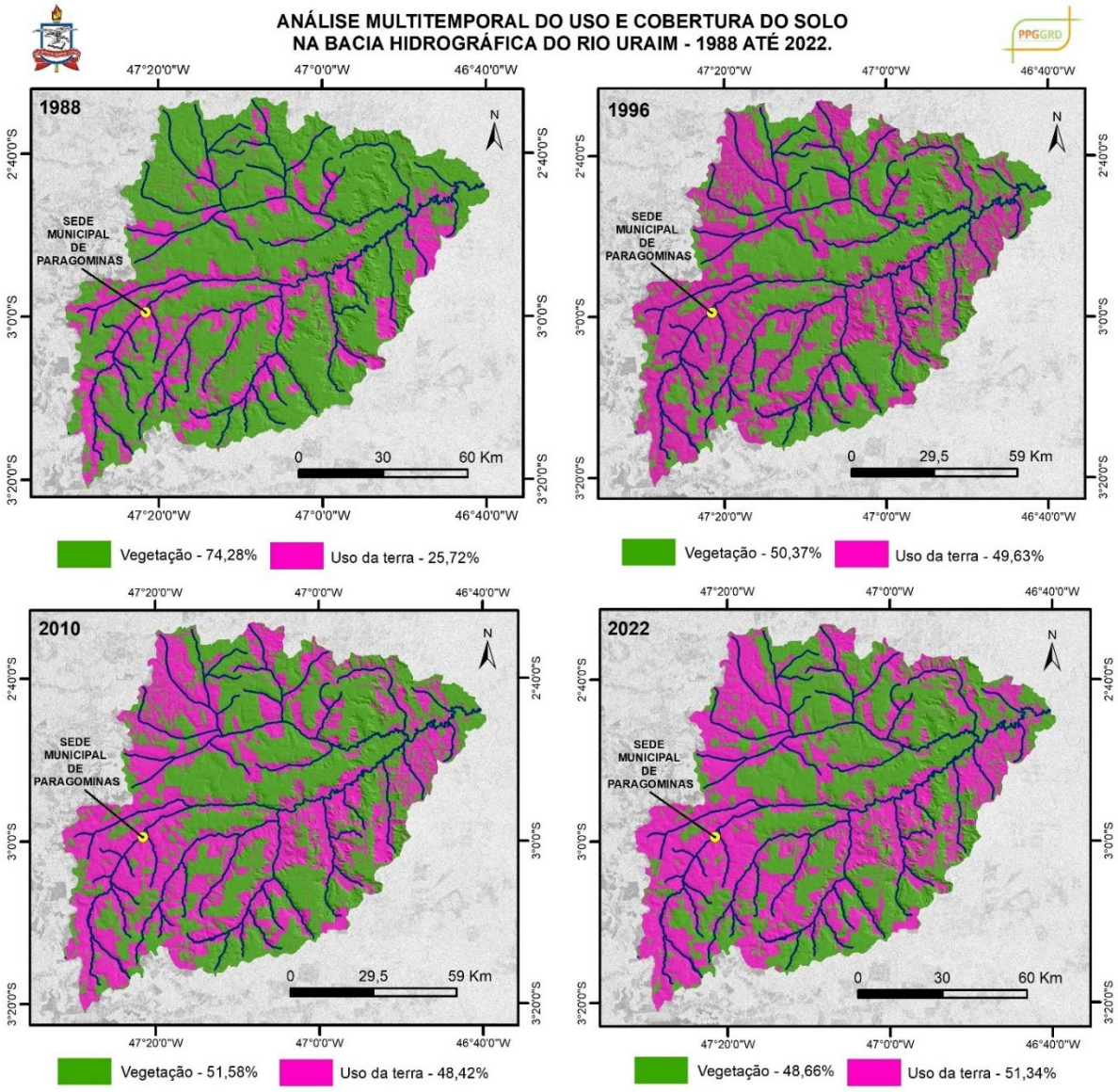
Uma das principais vantagens do mapeamento multitemporal é sua capacidade de detectar mudanças sutis ou significativas na paisagem que podem passar despercebidas em análises pontuais.

Ao comparar imagens de satélites obtidas em diferentes épocas, podemos identificar padrões de mudança, entender os processos subjacentes e prever tendências futuras. Isso é crucial para uma variedade de aplicações, incluindo o monitoramento ambiental, gestão de recursos naturais, planejamento urbano, agricultura e a gestão de riscos, entre outros.

O mapeamento multitemporal do uso e cobertura do solo da bacia do rio Uraim foi produzido tendo como base a metodologia empregada no Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia – PRODES/INPE, foram adquiridas 4 cenas do satélite Landsat/NASA, órbita-ponto 222/062, TM/Landsat5 de 16/08/1988, TM/Landsat5 de 05/07/1996, TM/Landsat5 de 26/06/2010, em composição colorida 543, e OLI/Landsat9 de 28/03/2023, em composição colorida 654.

As imagens foram corrigidas geometricamente tendo como base o BASEMAP/ESRI, após o processo de correção foi efetuada a classificação supervisionada com 3 classes, vegetação, uso do solo e água. Adicionalmente, as técnicas de detecção de mudança podem ser divididas em duas categorias: supervisionadas e não supervisionadas, conforme apresentado na **Figura 8**.

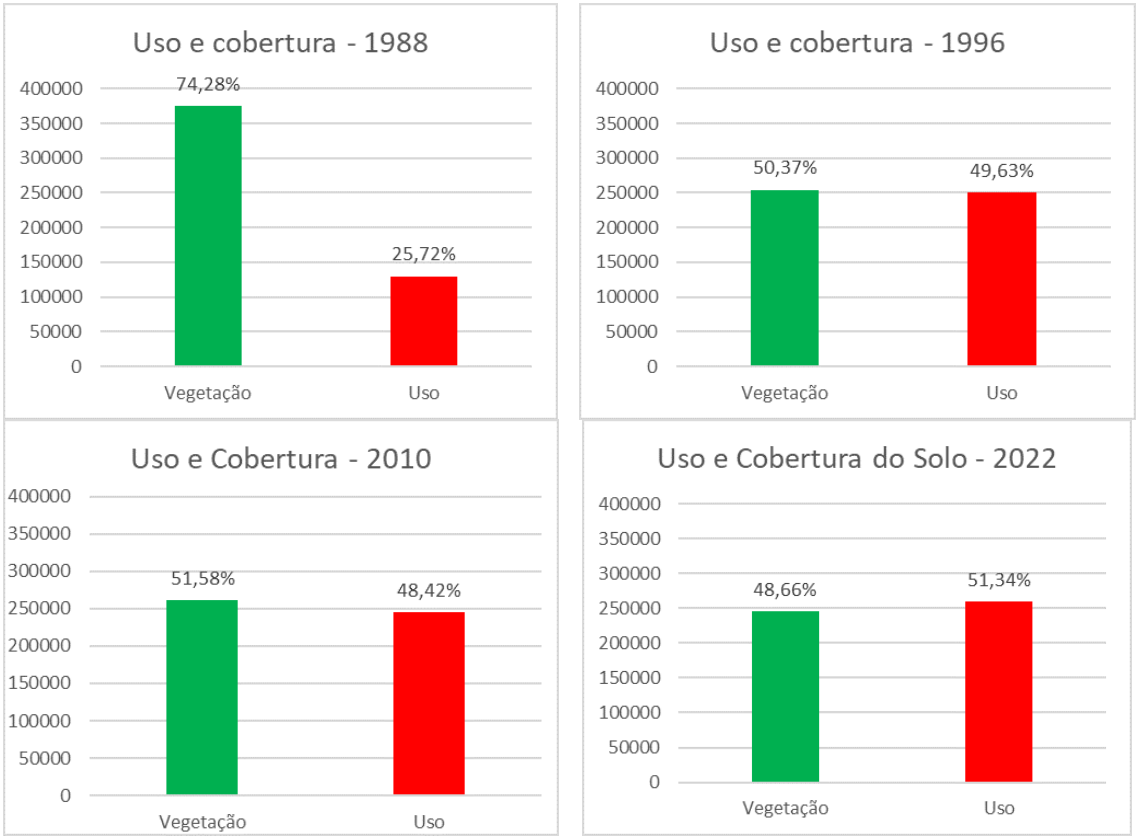
Figura 8 – Análise Multitemporal do uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do rio Uraim – 1988 até 2022.



Fonte: Do Autor.

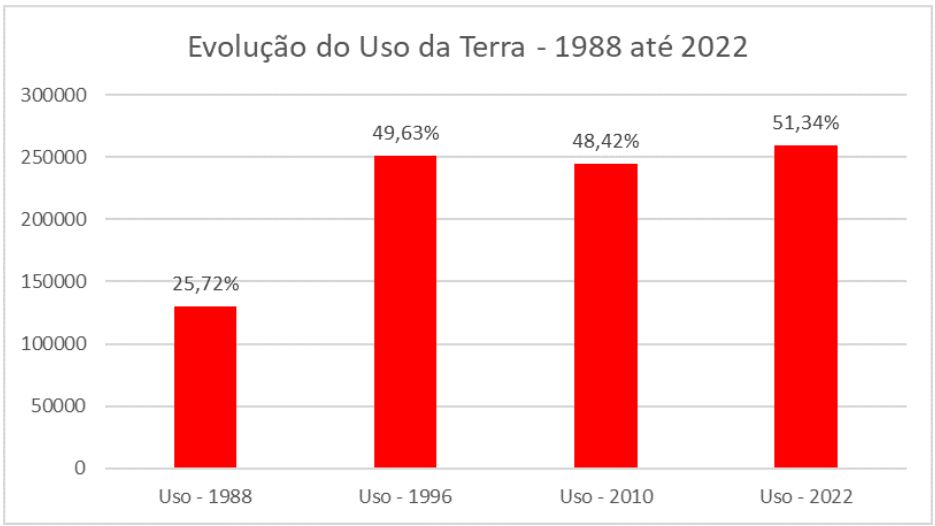
Os principais resultados com o mapeamento do uso e cobertura do solo foram o incremento de 25,62% na taxa de uso e ocupação do solo nos últimos 34 anos na área da bacia do rio Uraim. Além disso, é possível observar o aumento considerável da utilização das margens do rio Uraim para fins agrossilvipastoris entre os anos analisados. Constatou-se também uma diminuição drástica na cobertura vegetal, **Gráfico 1** e **Gráfico 2**, entre os anos de 1988 e 1996 e após esse período uma estabilização na taxa de supressão da vegetação para os anos subsequentes.

Gráfico 1– Evolução do incremento do uso e ocupação da terra, em hectares, na bacia hidrográfica do Rio Uraim – 1988 até 2022.



Fonte: Do Autor.

Gráfico 2– Incremento do uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Rio Uraim – 1988 até 2022.



Fonte: Do Autor.

O período entre 1996 e 2010 foi marcado por uma transformação significativa na dinâmica das atividades produtivas em Paragominas. A intervenção do governo local nas políticas ambientais desempenhou um papel crucial na mudança desse cenário.

A estabilização nas ações de uso da terra, especialmente a partir de 2008, refletiu um compromisso mais concreto com a preservação ambiental e a adoção de práticas sustentáveis. Esse esforço resultou na notável conquista de retirar Paragominas da lista dos municípios que mais desmatavam a Amazônia nos anos subsequentes, demonstrando o potencial de conciliar o desenvolvimento econômico com a conservação ambiental na região.

As áreas de uso agrossilvipastoris e de práticas extrativistas compõem quase que em sua totalidade a área antropizada desta bacia, exemplo na **Figura 9** outra questão importante a ser ressaltada é o potencial para a atividade mineral e por consequência as pretensões minerais.

Figura 9 - Diferentes usos da terra observados via ARP na bacia hidrográfica do rio Uraim.

Fonte: Do Autor.

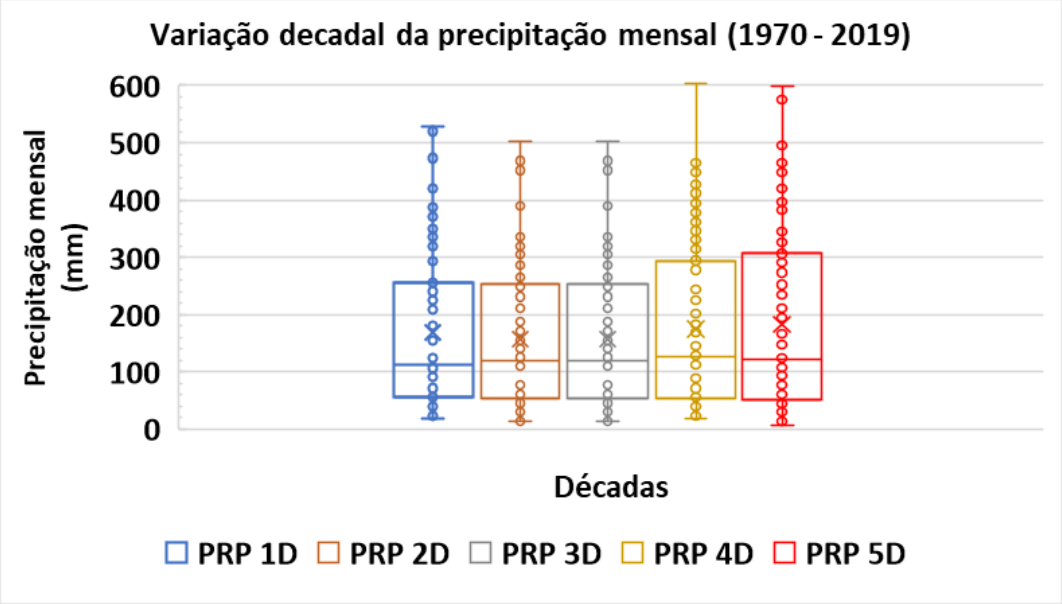
5.2 Variação decadal da precipitação em Paragominas

O entendimento sobre a variação, intensidade e periodicidade da precipitação em uma determinada região é fator crucial no entendimento dos riscos associados a rompimentos de barragens das mais diversas naturezas. A resiliência destas construções deve ser dimensionada, sempre levando em consideração o fator precipitação.

A variação decadal da precipitação para a região de Paragominas foi obtida a partir do método CHIRPS, segundo COSTA (2019). O *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation*

with Stations (CHIRPS) é um conjunto de dados de precipitação desenvolvido pelo *United States Geological Survey* (USGS) e pelo *Climate Hazards Group at the University of California, Santa Barbara* (UCSB). Nesse produto, as estimativas de precipitação são compostas por diversas fontes de informações.

Gráfico 3– Variação decadal da precipitação em Paragominas.



Fonte: (Moraes, 2024).

Como mostra o **Gráfico 3**, os valores de precipitação de PRP 1D correspondem a variação de precipitação entre os anos de 1970 a 1979, PRP 2D corresponde a variação de precipitação entre os anos de 1980 a 1989, PRP 3D corresponde a variação de precipitação entre os anos de 1990 a 1999, PRP 4D a variação de precipitação entre os anos de 2000 a 2009 e PRP 5D corresponde a variação de precipitação entre os anos de 2010 a 2019.

É notório o aumento dos valores máximos medidos entre as duas últimas décadas, os valores de precipitação PRP 4D e PRP 5D, que correspondem a variação cumulativa entre os anos de 2000 a 2019, as máximas decadais saíram de 500mm em PRP 3D, para 600 mm de precipitação a partir de PRP 4D. É possível notar também o aumento na média de precipitação, que até o volume de precipitação PRP 3D apresentava 250 mm de precipitação e a partir de PRP 4D salta para 300 mm.

As duas últimas décadas, com extremos máximos em torno de 600 mm, indicam uma maior tendência a eventos climáticos extremos o que pode acarretar às barragens de usos múltiplos, extravasamentos ou rompimentos, com consequências devastadoras a sede municipal de Paragominas.

5.3 Mapeamento das barragens na Bacia Hidrográfica do Uraim

Identificar a localização das barragens de usos múltiplos na bacia hidrográfica do Uraim, especificamente às que se encontram às margens do rio Uraim, é vital para a gestão de riscos e desastres nesta região. Para obter essa informação, foi realizado um processo que envolveu técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto.

O mapa final (**Figura 10** – Produto Técnico 1), que também corresponde ao produto técnico número 1 desta dissertação, foi elaborado a partir da base cartográfica do IBGE (2021) na escala de 1:250.000, também utilizando a camada de informação geográfica referente ao limite da bacia hidrográfica de 5ª ordem, obtida através do banco de dados geográfico da ANA. Além disso, foram incluídas as coordenadas geográficas das barragens de usos múltiplos e suas altimetrias baseadas no MDE do ASTER/GDEM.

A partir do resultado da análise dos pontos de espelho d'água, foi possível identificar 106 barragens ou barramentos na área da bacia hidrográfica do rio Uraim (**Figura 10**). A identificação dessas barragens é um passo importante no entendimento dos riscos associados aos rompimentos de barragens em Paragominas, dada a escassez sobre está informação.

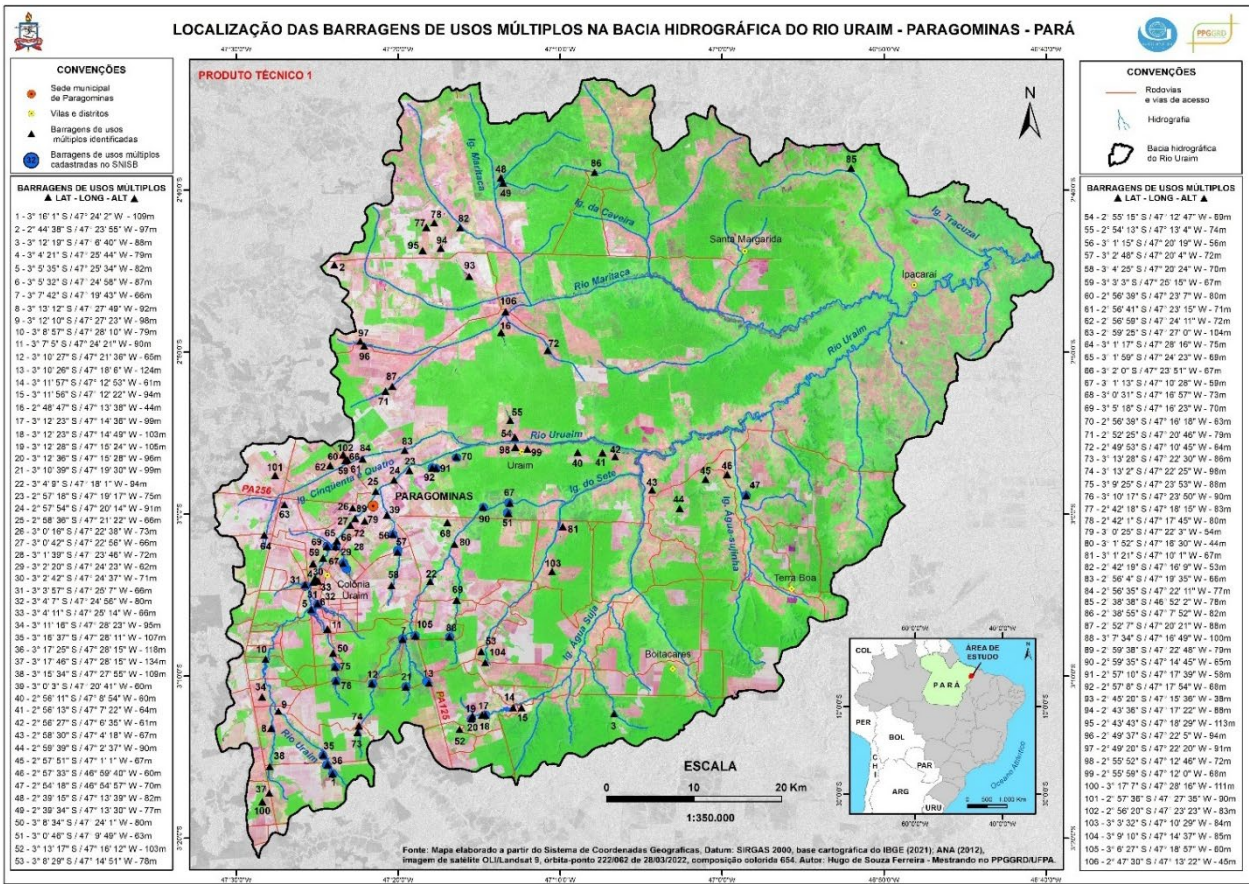
A identificação destas barragens conflita com a informação cadastrada no SNISB, o que é temerário, do ponto de vista da gestão de riscos associados ao rompimento de barragens.

O SNISB reporta que na bacia hidrográfica do rio Uraim, em Paragominas, existem 32 barragens de usos múltiplos, distribuídas da seguinte forma: 21 para irrigação, 2 para regularização de vazão, 1 para recreação, 5 para aquicultura e 3 para dessedentação animal.

Segundo o cadastro do SNISB, das 32 barragens cadastradas na bacia hidrográfica do rio Uraim, 24 apresentam um alto potencial de dano, 4 têm potencial de dano médio e 4 são classificadas com baixo potencial de dano. O Dano Potencial Associado – DPA avalia as possíveis consequências negativas em caso de falha ou rompimento de uma barragem, considerando impactos econômicos, sociais e ambientais, independentemente da probabilidade de o evento ocorrer.

Das 24 barragens classificadas com alto DPA, 19 apresentam Categoria de Risco alta (CR), a classificação de Categoria de Risco avalia a probabilidade técnica e estrutural de falha das barragens. Decorrente de uma estrutura inadequada ou mesmo sem critérios técnicos de engenharia na sua concepção.

Figura 10 – Localização das barragens de usos múltiplos na bacia hidrográfica do rio Uraim. Produto Técnico 1.



Fonte: Do Autor.

5.4 Localização das barragens a partir da classificação do uso da terra

A análise espacial da distribuição das barragens identificadas revela que o principal beneficiário dessas estruturas de engenharia está localizado às margens do rio Uraim, utilizando a água represada para diversas finalidades; Irrigação, aquicultura, recreação, entre outras. Além disso, observa-se uma concentração significativa de barragens a jusante da bacia, próximas à sede municipal de Paragominas.

A partir da análise multitemporal do uso e cobertura do solo, foi possível evidenciar o desmatamento em áreas de proteção permanente, nas bordas do rio Uraim, o que conota uma questão ambiental de extrema importância e preocupação, pois impacta diretamente a saúde dos ecossistemas aquáticos e terrestres. As Áreas de Proteção Permanente-APP, referem-se às áreas de vegetação nativa localizada ao longo das margens de rios, córregos, lagos e nascentes. Essas áreas desempenham papéis cruciais na proteção dos corpos d'água, na conservação da biodiversidade e na regulação do ciclo hidrológico.

Infelizmente, o desmatamento dessas áreas é um problema comum em muitas regiões do mundo, impulsionado principalmente pela expansão agrícola, urbanização, extração de

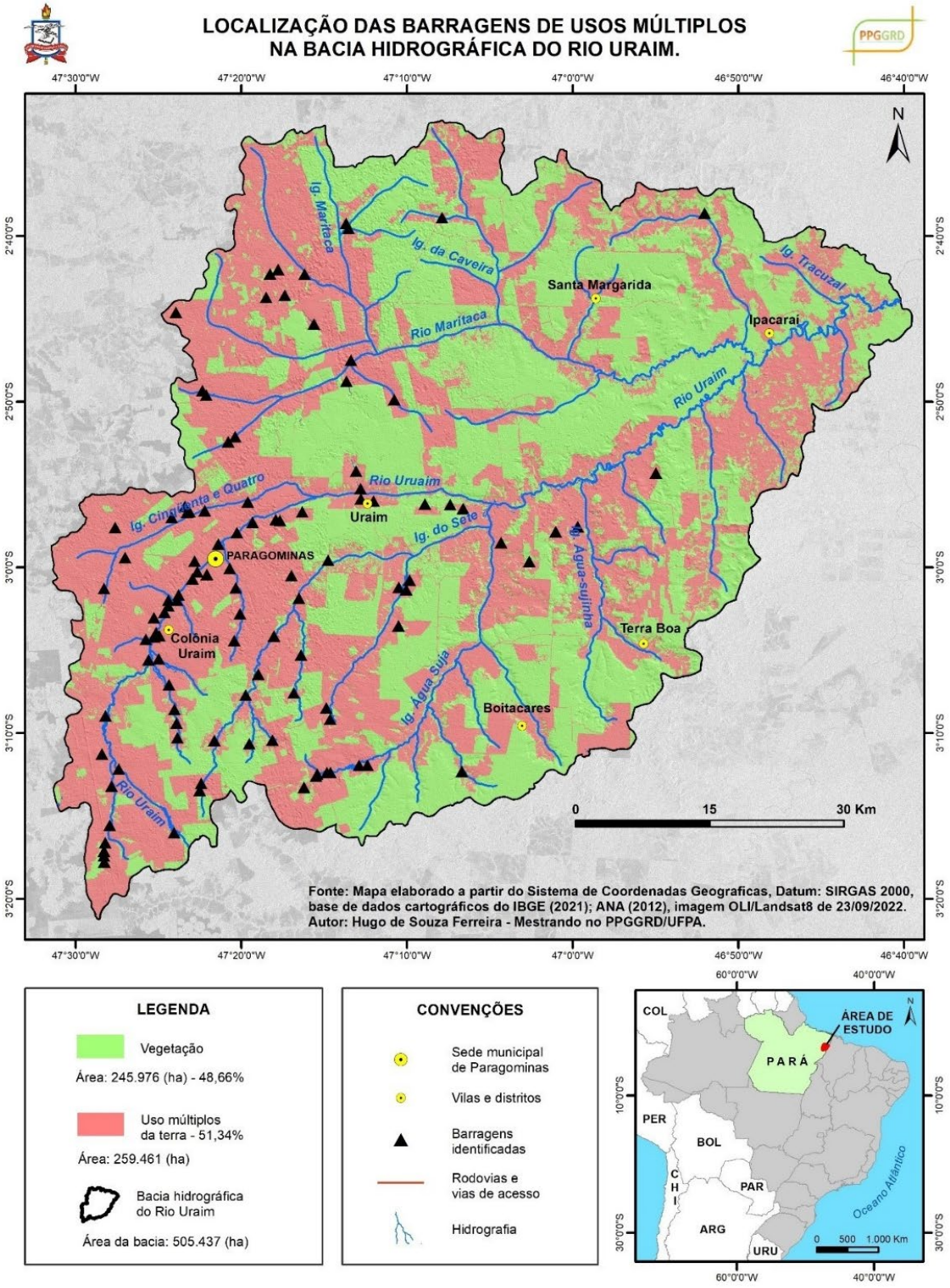
recursos naturais e atividades de infraestrutura. As consequências do desmatamento em apps são devastadoras e incluem: Erosão do solo, assoreamento dos rios, perda de biodiversidade e degradação da qualidade da água.

No caso de Paragominas as barragens que foram criadas pelos pequenos agricultores as margens do rio Uraim ainda representam um risco adicional, pois na maioria dos casos não houve atenção as regras de engenharia para a construção desses empreendimentos. E em caso de um evento climático extremo muito provavelmente teremos algum sinistro associado.

A partir do cruzamento da localização das barragens com a camada de informação de uso e ocupação do solo e ainda com os dados cartográficos de ocupação do solo do IBGE (2021), foram identificadas 5 barragens próximas a sede municipal de Paragominas-PA, 75 barragens para fins de utilização em atividades agrossilvipastoris, 29 barragens em áreas com potencial extrativista e nenhuma barragem em áreas potenciais para uso em mineração (**Figura 11**).

Essa configuração sugere um cenário de alto risco para os moradores locais, devido à falta de procedimentos adequados de engenharia na construção dessas barragens, o que pode ocasionar um novo rompimento sequencial de barragens, fazendo que um efeito cascata possa atingir a sede municipal de Paragominas.

Figura 11 – Contextualização da localização das barragens de usos múltiplos com os usos do solo na bacia hidrográfica do rio Uraim.



Fonte: Do Autor.

5.5 Análise das pretensões minerárias na Bacia Hidrográfica do Rio Uraim

A análise das pretensões minerárias na bacia do rio Uraim é essencial para fomentar uma administração responsável dos recursos naturais e para mitigar potenciais desastres ambientais. A localização estratégica da sede municipal de Paragominas na região em questão acrescenta urgência nesta análise.

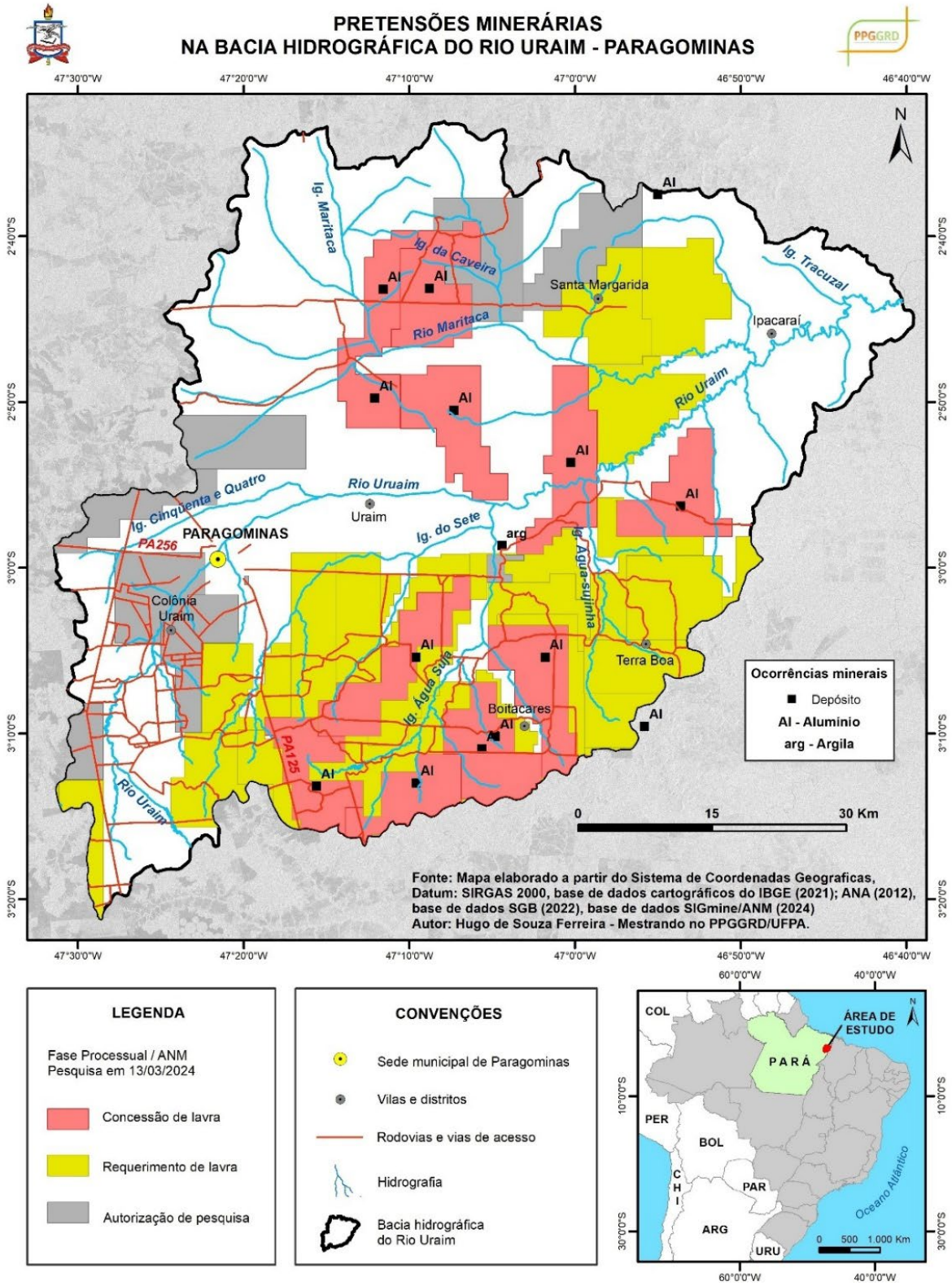
Entre os estados brasileiros, o Pará representa 89,5% da produção nacional de bauxita. Em 2017, a produção de alumina registrou 11 Milhões de toneladas, com variação positiva de 1,3% em relação ao ano anterior, e desta forma, mantendo o crescimento da produção nos últimos anos (ANM, 2018).

A bacia hidrográfica do rio Uraim apresenta, segundo o Mapa Geológico do Estado do Pará (SGB, 2008), três principais unidades litoestratigráficas. A primeira é a Cobertura Laterítica Matura, caracterizada por formações superficiais residuais e concrecionárias, com predominância de materiais aluminíferos, bauxíticos, caulinítico, fosfáticos, argilosos e ferruginosos. A segunda unidade é o Grupo Itapecuru, composto por arenitos arcoseanos estratificados, de granulação grossa a conglomerática, intercalados com níveis pelíticos, típicos de ambientes sedimentares como shoreface, lagunas, canais fluviais e de maré. Por fim, a Formação Ipixuna é caracterizada por arenitos de granulação fina, boa seleção granulométrica, ausência de seixos, matriz caulinítica, presença de bancos de caulim e abundante estratificação cruzada tangencial.

Segundo levantamento dos recursos minerais do estado do Pará, elaborado pelo Serviço Geológico do Brasil - SGB existe um alto potencial para extração de bauxita na região. A partir do minério é possível obter o alumínio e para que a produção de alumínio seja economicamente viável, a bauxita deve apresentar no mínimo 30% de óxido de alumínio (Al2O3) aproveitável. A bauxita é comumente usada na produção de alumínio metálico, a bauxita não metalúrgica é utilizada para a produção de: abrasivos, refratários, produtos químicos, cimentos de alta alumina, prótese humanas, entre outras aplicações.

O Sistema de Informações Geográficas da Mineração –SIGMINE, uma plataforma online, desenvolvida pela Agência Nacional de Mineração – ANM, que contém os processos minerários ativos da ANM, informa que na área da bacia de estudo, temos em março de 2024, 10 autorizações de pesquisa mineral, 25 requerimentos de pesquisa mineral e 10 concessões de lavra, totalizando 45 processos de relevante interesse mineral, conforme a **Figura 12**.

Figura 12 – Pretensões minerárias na bacia hidrográfica do rio Uraim.



Fonte: Do Autor.

Os dados do SIGMINE/ANM evidenciam que existe um alto potencial para extração de recursos minerais na região, o que pode vir a ser efetivado se os empreendimentos com concessão de lavra, já expedida pela ANM, tornem-se economicamente viáveis.

A extração de bauxita está associada a construção de barragens de mineração, por conta do resíduo que se acumula a partir do processo industrial, resta saber se teremos a implementação de mais essa categoria de barragem as proximidades da sede municipal de Paragominas, lembrando que já existe uma operação de extração de bauxita há cerca de 50km da sede do município.

5.6 Mapa Hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Rio Uraim

O mapeamento hipsométrico constitui uma ferramenta essencial para a compreensão do espaço geográfico, pois possibilita a análise e a visualização das variações de altitude em uma determinada área. O termo refere-se à representação das diferentes elevações do relevo em um mapa, permitindo identificar padrões topográficos que influenciam diretamente aspectos ambientais, hidrológicos e de ocupação do território.

Por meio deste processo, as características do relevo de uma região são destacadas e interpretadas, proporcionando valiosas informações para uma variedade de aplicações, desde planejamento urbano e gestão de recursos naturais, estudos ambientais e geológicos.

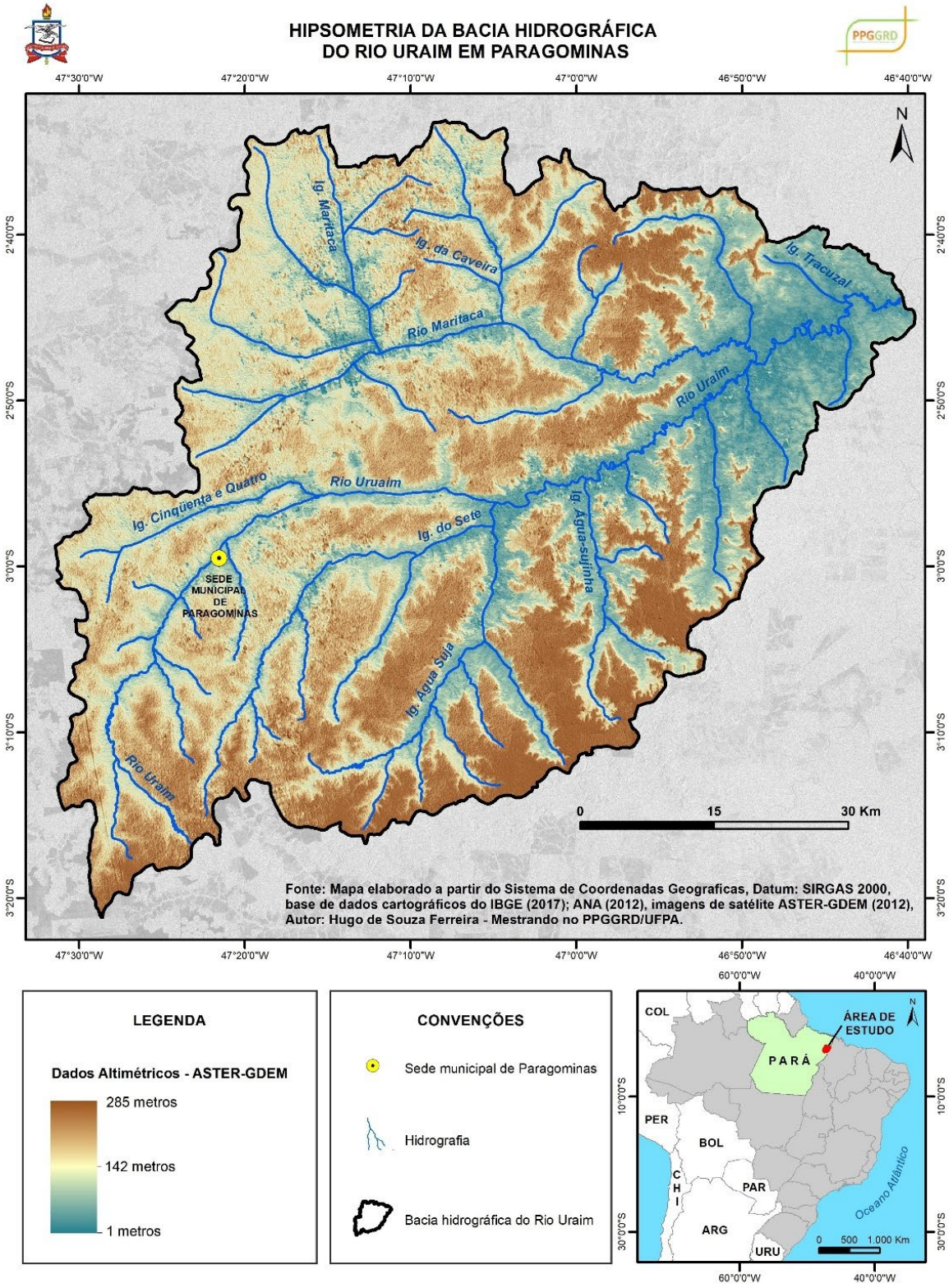
O mapeamento hipsométrico geralmente é realizado por meio de técnicas de sensoriamento remoto, como imagens de satélite e dados coletados por aeronaves. Esses métodos permitem a captura de informações detalhadas sobre as variações de altitude da superfície terrestre.

O mapeamento da altimetria da bacia do rio Uraim, foi concebido através da imagem de radar ASTER-GDEM, que tem resolução espacial de 30 metros, corrigida por pares estereoscópicos em sua terceira versão, o que acentuou a qualidade radiométrica das imagens. O sensor ASTER-GDEM faz parte da plataforma orbital japonesa TERRA, sua missão foi iniciada em 2008 e o sensor produz imagens com resolução de até 15 metros na versão V3 (METI, 2023).

As aplicações do mapeamento hipsométrico são vastas e abrangem diversos campos. Na gestão de riscos e desastres, por exemplo, esse tipo de mapeamento é essencial para a identificação de áreas suscetíveis a deslizamentos de terra, inundações e outros desastres naturais. No planejamento urbano, o conhecimento das variações de altitude é fundamental para o desenvolvimento de infraestruturas resilientes e eficientes.

O modelo hipsométrico da bacia hidrográfica do rio Uraim, **Figura 13**, apresenta uma variação de 284 metros e é informação essencial para entendimento da bacia e para a produção dos produtos deste trabalho.

Figura 13– Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do rio Uraim.



Fonte: Do Autor.

5.7 Mapa de declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Uraim

O mapeamento da declividade é uma técnica fundamental para a análise e compreensão da topografia de uma determinada área. Consiste na identificação e representação das variações de inclinação do terreno, fornecendo informações essenciais para diversas aplicações, como o planejamento urbano, a gestão ambiental, o controle de erosão, o uso e ocupação do solo e a avaliação de áreas suscetíveis a deslizamentos.

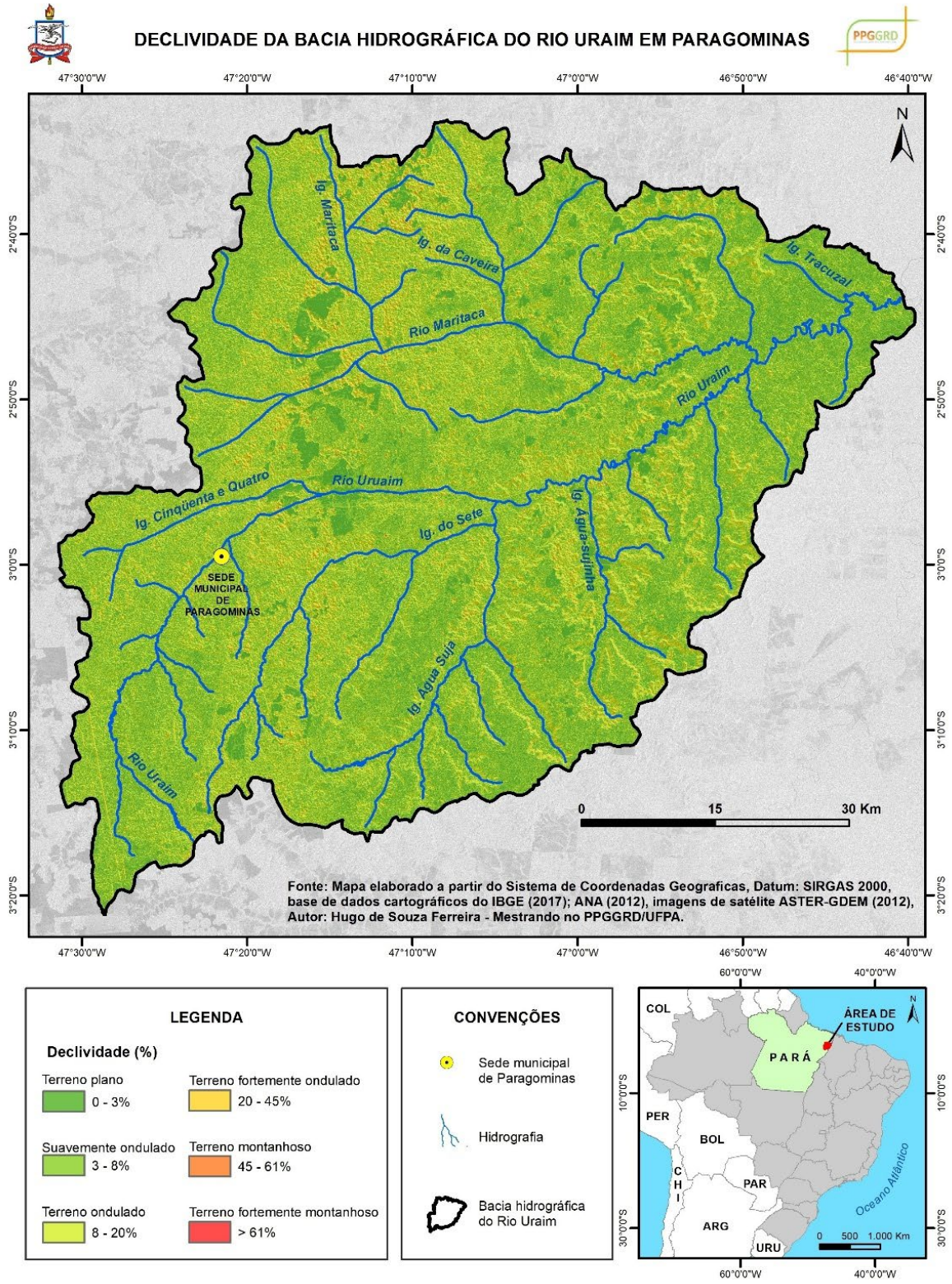
O princípio básico do mapeamento de declividade está na medição da mudança vertical de altitude em relação à distância horizontal. Isso é frequentemente expresso como uma proporção, como porcentagem ou graus, indicando a inclinação do terreno em uma determinada localização. A partir desses dados é possível criar mapas de declividade que ilustram visualmente as características do terreno, desde suaves declives até encostas íngremes.

Existem várias técnicas para realizar o mapeamento de declividade, sendo a mais comum a utilização de sistemas de informação geográfica (SIG) e dados de levantamentos geodésicos ou topográficos. Por meio de algoritmos e análises espacializadas, essas ferramentas podem calcular com precisão a declividade em cada ponto de interesse, permitindo a geração de mapas detalhados.

As aplicações do mapeamento de declividade são diversificadas e abrangentes. No contexto do planejamento urbano, por exemplo, esse tipo de mapeamento é essencial para identificar áreas propensas a deslizamentos de terra e inundações, ajudando na implementação de medidas de mitigação de riscos.

O mapeamento da declividade da bacia do rio Uraim (**Figura 14**) também foi elaborado através da imagem do radar ASTER-GDEM, a declividade foi classificada em porcentagem com as seguintes classes: 0 – 3% terreno plano, 3 – 8% terreno suavemente ondulado, 8 – 20% terreno ondulado, 20 – 45% terreno fortemente ondulado, 45 – 61% terreno montanhoso e > 61% terreno fortemente montanhoso. A maior parte da bacia apresenta terrenos planos, suavemente ondulados e ondulados.

Figura 14 – Mapa de declividade da bacia hidrográfica do rio Uraim.



Fonte: Do Autor.

5.8 Aplicação do Método *Hand Model* para a sede municipal de Paragominas

O HAND Model é uma aplicação que foi desenvolvida por especialistas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE e do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais–CEMADEN, com o objetivo de aprimorar as tecnologias de geoprocessamento e modelagem hidrológica, seu nome significa Height Above Nearest Drainage (altura acima da drenagem mais próxima). Conforme Nobre *et al*. (2011), este avançado modelo surgiu da necessidade de aumentar a precisão dos mapas de inundação, utilizando análise espacial de última geração e dados de elevação corrigidos para prever áreas de acumulação de água durante períodos de chuvas intensas.

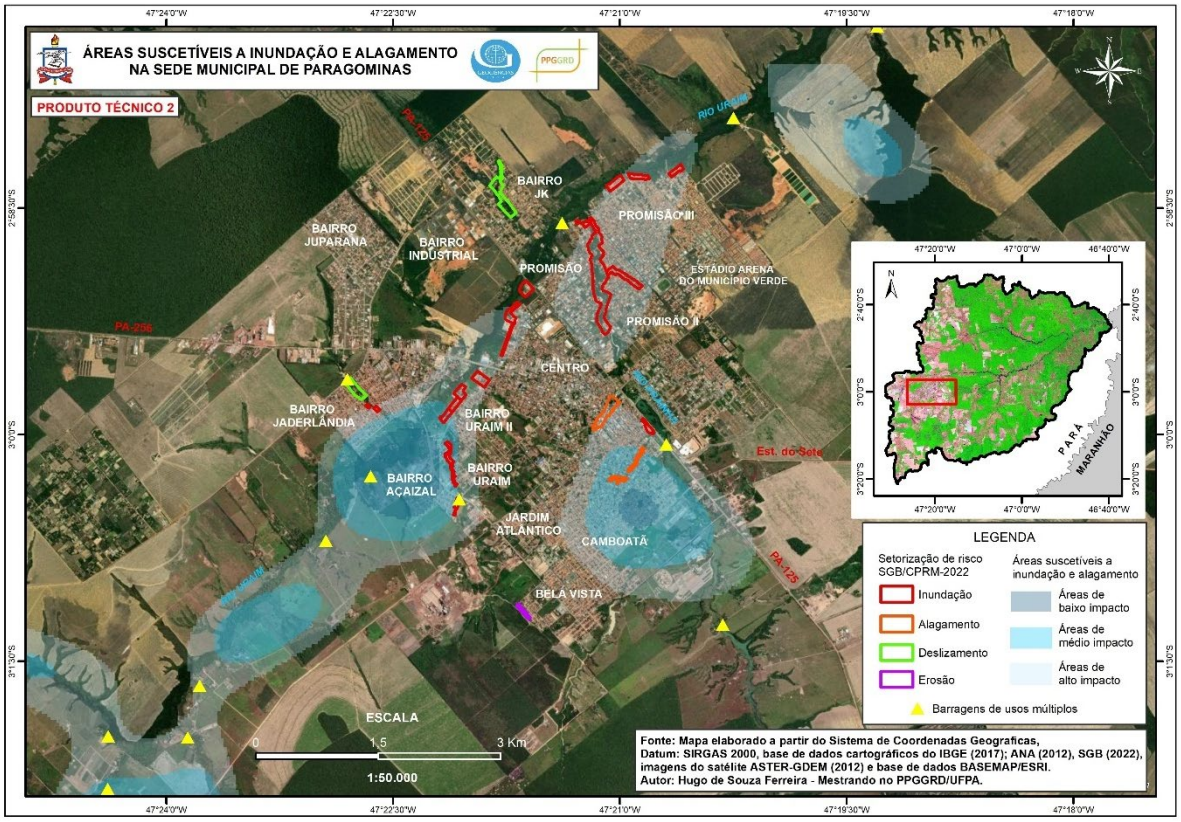
O modelo HAND também desempenha um papel importante na identificação de áreas sujeitas a inundação ou potencialmente inundáveis. Ele permite visualizar zonas de risco, áreas que necessitam de medidas preventivas e mitigadoras mais eficazes. Ao prever o comportamento do fluxo de água na paisagem, o HAND Model facilita o desenvolvimento de infraestruturas que reduzem significativamente os impactos das enchentes.

O modelo ajuda na identificação e no mapeamento preciso de áreas vulneráveis a inundações, utilizando a elevação em relação ao nível dos corpos d'água como critério principal, fornece suporte crucial a urbanistas e autoridades locais na formulação de estratégias para o desenvolvimento urbano seguro, considerando cuidadosamente os riscos potenciais de inundações e surge como instrumento de preparação e resposta a desastres naturais, possibilitando a implementação eficiente de medidas preventivas e de mitigação.

Para este estudo foram combinados os dados do HAND Model e os dados de uso e ocupação do solo. Para elaborar o mapa de áreas suscetíveis a inundações, foram utilizados dados de contexto de outros levantamentos como o relatório de setorização de riscos do Serviço Geológico do Brasil.

A análise espacial realizada pelo modelo HAND para a cidade de Paragominas revela que alguns bairros estão sob risco maior de alagamentos e inundações na sede municipal de Paragominas, apresentada na **Figura 15** (Produto Técnico 2).

Figura 15– Mapa de áreas suscetíveis a inundações na sede municipal de Paragominas. Produto Técnico 2.



Fonte: Do Autor.

Devido ao ciclo hidrológico do rio Uraim, a crescente média de precipitação de chuvas na região e a falta de infraestrutura na construção das barragens de usos múltiplos, podem considerar alta, a possibilidade de novos rompimentos de barragens. Bairros como Promissão, Promissão II e Promissão III têm sido historicamente afetados por tais eventos. Os bairros Uraim e Uraim II também estão localizados em áreas suscetíveis.

Em áreas da cidade onde ocorre um rápido processo de expansão urbana e ocupação desordenada, como os bairros, Bela Vista, Aragão e Jardim Atlântico, fica evidente a urgência de intervenção do poder público para um ordenamento territorial eficaz.

De acordo com o modelo, os bairros Açaizal e Camboatã devem enfrentar severos impactos estruturais em cenários de inundação. É crucial considerar o realojamento da população residente e até mesmo a remoção de novas ocupações em áreas propícias a esses desastres naturais, especialmente nas zonas próximas aos igarapés e afluentes menores do rio Uraim.

5.9 Levantamentos aéreos com ARP/DRONE

A utilização de Aeronave Remotamente Pilotada - ARP, popularmente conhecidas como drone, revolucionou o levantamento de informações sobre uma ampla gama de características naturais. Essa tecnologia é capaz de potencializar a coleta de dados, muitas vezes substituindo os sensores orbitais, devido à sua capacidade de capturar imagens da superfície terrestre, sem a necessidade de espera por longos períodos.

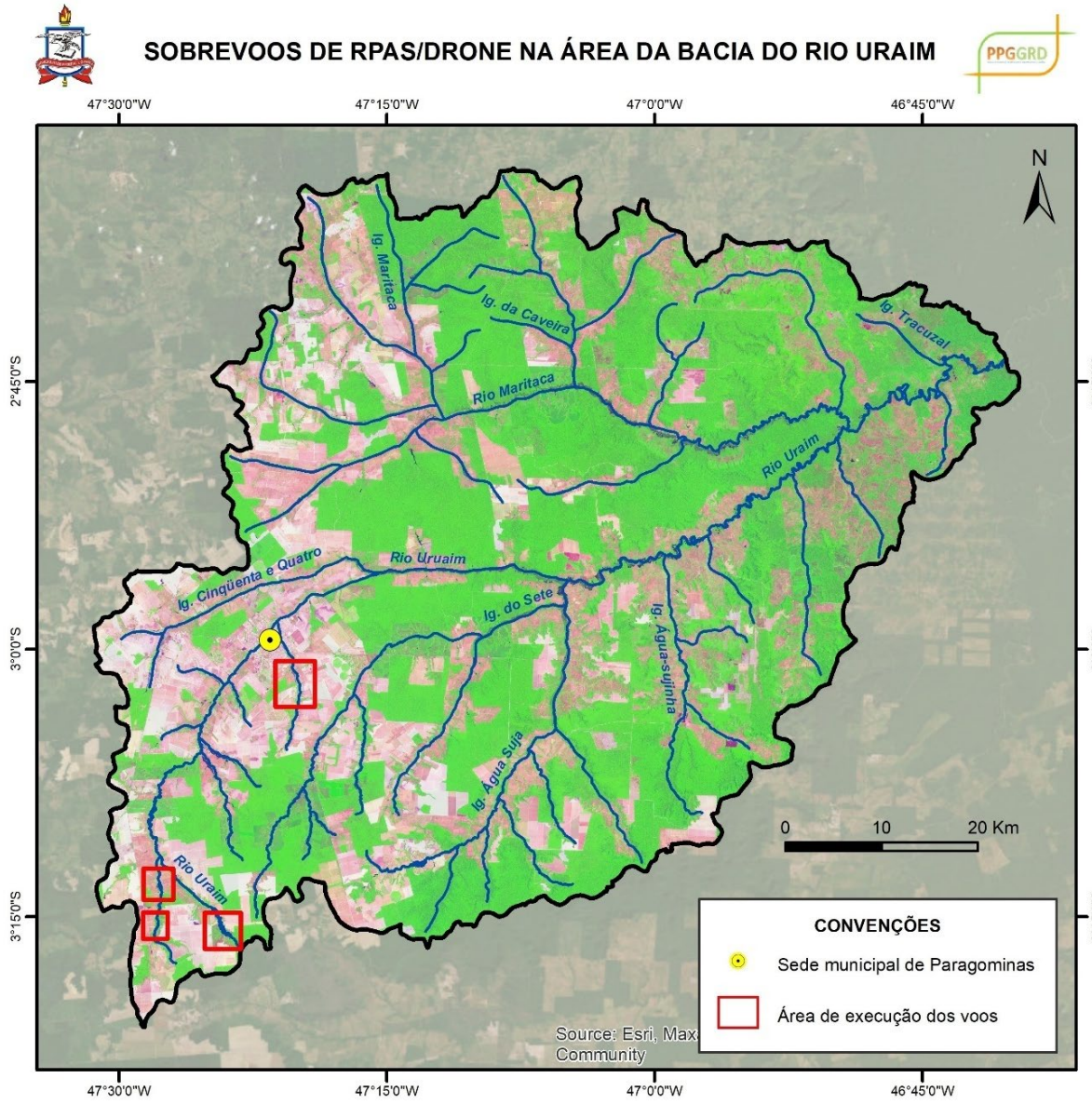
O emprego de drones para análise, monitoramento e diagnóstico ambiental representa uma inovação significativa nos processos de gestão de riscos e desastres.

Equipados com câmeras de alta resolução e sensores avançados, os ARPs podem capturar imagens detalhadas e vídeos em tempo real, fornecendo às autoridades, informações cruciais para a tomada de decisões imediatas. Essa capacidade de mapeamento aéreo permite identificar áreas mais afetadas, determinar a extensão dos danos e priorizar os recursos de forma eficiente.

A tecnologia desempenha um papel estratégico em todas as fases de um desastre, desde a avaliação de riscos até a implementação de medidas de resposta e a posterior análise de danos. Sua aplicação representa uma verdadeira transformação nas operações de emergência, ao proporcionar maior agilidade, precisão e eficiência na gestão de crises e na tomada de decisões.

Eles oferecem uma combinação única de rapidez, segurança e eficiência, tornando-se ferramentas indispensáveis para a mitigação, resposta e recuperação de desastres. À medida que a tecnologia avança, é esperado que a utilização de drones se destaque na proteção de vidas e na reconstrução de comunidades afetadas por desastres.

Figura 16– Sobrevoos executados na bacia hidrográfica do rio Uraim.



Fonte: Do Autor.

A **Figura 16** demonstra onde foram efetuados os quatro levantamentos aéreos, que geraram cerca de 100 fotografias das áreas de barragens ao longo da bacia hidrográfica do rio Uraim. Essas regiões constam no SINSB como as que detém o maior número de barragens de usos múltiplos cadastradas, as incursões foram feitas pela equipe de Gestão de Riscos do SGB em maio de 2022.

As fotografias obtidas via ARP, ilustram a situação das barragens e corroboram com o que foi levantado por outras fontes desta pesquisa, foram encontradas diversas barragens, que foram construídas sem as mínimas condições técnicas de engenharia conforme

.

Figura 17 – Fotografias obtidas via ARP/Drone de barramentos e barragens na bacia do rio Uraim.

Fonte: SGB (2022).

6 CONCLUSÃO

Os resultados da pesquisa demonstram a eficácia da metodologia na capacidade de identificar e obter a localização das barragens de usos múltiplos na bacia hidrográfica do rio Uraim em Paragominas. Também foi satisfatória a identificação de áreas suscetíveis a inundações, a partir da geração de informações, utilizando à metodologia HAND Model A aplicação dessas ferramentas de geotecnologia impacta positivamente na redução de tempo e custos para a obtenção de informações estratégicas, essenciais para o planejamento ambiental e a gestão de riscos e desastres. Ressalta-se, ainda, que a maioria das barragens da região foi implantada sem o devido planejamento técnico ou o cumprimento das normas de engenharia vigentes, o que reforça a importância do uso dessas tecnologias no monitoramento e na prevenção de possíveis eventos críticos.

Foi possível identificar 106 barragens na bacia hidrográfica do rio Uraim e a maior densidade dessas barragens encontra-se a jusante da sede municipal de Paragominas, indicando um quadro de alto risco a população residente.

A análise temporal do uso e ocupação do solo demonstrou que houve o incremento de 25,62% na taxa de uso e ocupação do solo nos últimos 34 anos na área da bacia do rio Uraim, e a partir da análise espacial foi possível observar o aumento considerável da utilização das margens do rio Uraim para fins agrossilvipastoris entre os anos analisados.

Barragens de usos múltiplos oferecem uma variedade de benefícios e é importante reconhecer que também podem apresentar desafios e impactos negativos, como a perturbação de ecossistemas aquáticos, o deslocamento de comunidades ribeirinhas e a alteração do regime natural dos rios. Portanto, o planejamento e a gestão cuidadosa dessas estruturas são essenciais para maximizar os benefícios e mitigar os impactos adversos.

A sede municipal de Paragominas demanda melhorias significativas em sua infraestrutura urbana com o objetivo de mitigar os impactos potenciais de eventos climáticos extremos. Essa necessidade torna-se ainda mais urgente diante da presença de diversas barragens localizadas às margens do rio Uraim, muitas das quais apresentam condições estruturais precárias. Em 2018, o rompimento de três dessas barragens resultou em uma enxurrada que atingiu a área urbana do município, evidenciando a vulnerabilidade existente. Considerando as projeções que apontam para o aumento da frequência e intensidade dos eventos climáticos extremos nos próximos anos, cresce também o risco de novas catástrofes relacionadas a possíveis rompimentos de barragens, o que exige ações preventivas e investimentos em planejamento urbano e gestão de riscos.

O presente trabalho apoia-se nos ODS 11 e 13, quem abordam respectivamente sobre cidades e comunidades sustentáveis e sobre a ação da mudança global do clima, o reforço da resiliência e a capacidade de adaptação a riscos relacionados aos extremos climáticos e por consequência às catástrofes naturais em todos os países.

A integração de medidas da mudança do clima nas políticas, estratégias e planejamentos nacionais e a melhoria da educação para aumentar a conscientização e a capacidade humana e institucional sobre mitigação, adaptação, redução de impacto e alerta precoce da mudança do clima, são algumas das estratégias vinculadas a esses ODS.

Realocar a população residente às margens do rio Uraim, estabelecer critérios técnicos para construção de barragens e barramentos ao longo do rio e fortalecer a Defesa Civil local, são algumas das recomendações desta pesquisa, que estão apoiadas nos objetivos do desenvolvimento sustentável.

Torna-se imperativo uma mudança de paradigma na gestão da bacia com medidas de conservação e manejo sustentável dos recursos naturais. Além disso, a pesquisa reforça a importância de políticas públicas eficazes que promovam o equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e a proteção ambiental, a fim de garantir um futuro sustentável para a região e suas populações.

REFERÊNCIAS

Agência de Saneamento de Paragominas – SANEPAR. **Bacia Uraim**. [*S.l.*]: SANEPAR, 2014. Disponível em: http://saneparagominas.com.br/agua/bacia_uraim/ Acesso em: mar. 2023.

Agência Gov. **Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil: Brasil traça estratégias integradas para enfrentar desastres naturais.** Agência Gov, 1 fev. 2024. Disponível em:https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202402/plano-nacional-de-protecao-e-defesa-civil-brasil-traca-estrategias-integradas-para-enfrentar-desastres-naturais. Acesso em: 19 fev. 2024.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA. **Fiscalização de barragens.** [Brasília, DF]: ANA, 2021. Disponível em:https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/regulacao-e-fiscalizacao/fiscalizacao/fiscalizacao-de-seguranca-de-barragens. Acesso em: 30 set. 2023.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA. **Relatório de segurança de barragens.** Brasília, DF: ANA, 2021. Disponível em: https://www.snisb.gov.br/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/2021/rsb-2021.pdf. Acesso em: 30 mar. 2024.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA. **Sistema nacional de informações sobre segurança de barragens.** [Brasília, DF]: SNISB, 2022. Disponível em:https://www.snisb.gov.br/. Acesso em: 30 set. 2023.

Agência Nacional de Mineração. **Sumário mineral brasileiro.** Brasília, DF: ANM, 2018. Disponível em: https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/pasta-sumario-brasileiro-mineral2018/aluminio#:~:text=Entre%20os%20estados%20brasileiros%2C%20o,da%20produ%C3%A7%C3%A3o%20nacional%20de%20bauxita. Acesso em: 17 mar. 2024.

Armada C. A. S. **Os desastres ambientais de Mariana e Brumadinho em face ao estado socioambiental brasileiro**. *Revista Territorium*, v. 10, n. 28, p. 13-21, 2021. Disponível em: https://impactum-journals.uc.pt/territorium/article/view/6392. Acesso em: 14 jan. 2024.

Artaxo, P. E. N. **Mudanças climáticas: caminhos para o Brasil**. *Revista Ciência e Cultura*, 2023. Disponível em: https://revistacienciaecultura.org.br/?p=3633. Acesso em: 20 set. 2023.

Aster Digital Global Elevation Model. ***Ministry Of Economy. Trade and industry of Japan*** (METI), 2022. Disponível em: https://www.jspacesystems.or.jp/ersdac/GDEM/E/. Acesso em: 30 maio 2023.

Brasil. **Lei nº 7.257, de 04 de agosto de 2010.** Dispõe sobre a regulamentação do Sistema Nacional de Defesa Civil e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Distrito Federal, 2010.

Brasil. **Lei nº 11.219, de 5 de outubro de 2022.** Regulamenta parcialmente a Lei nº 12.340, de 2010, que dispõe sobre o apoio complementar federal às ações de prevenção, resposta e recuperação. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2022.

Brasil. **Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010.** Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 21 set. 2010.

Campos, A. L. B; Cardia, R. J. R. **Análise da possibilidade do rompimento em cascata para a classificação de barragens localizadas no município de Várzea Grande, MT.** *In:* Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 12., 2019, Foz do Iguaçu. Anais [**...**]. Foz do Iguaçu: [*s.n.*], 2019. p. 2-9.

Comitê Brasileiro de Barragens - CBDB. **Reservatórios de usos múltiplos.** [*S.l.*]: CBDB, 2022. Disponível em: http://cbdb.org.br/reservatorios-de-usos-multiplos. Acesso em: 30 set. 2023.

Costa, M. L. G. **Mudanças climáticas e impactos ambientais.** Orientadora: Profª. Dra. Gizelli Moiano de Paula. 2023. 82f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Santa Maria, Campus Frederico Westphalen, Santa Maria, 2023.

Duarte, J. M.; Blanco, C. J. C.; O. M. S.; Santana, L. R. **Estimativa de vazão máxima para projetos de barragem na bacia hidrográfica do rio Uraim em Paragominas/PA.** *Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental*, Florianópolis. v. **10**, n. 1, p. 262-281, maio 2021.

Ferla, R. **Metodologia simplificada para análise de aspectos hidráulicos em rompimento de barragens.** Orientador: Prof. Dr. Eder Daniel Teixeira; Coorientador: Prof. Dr. Marcelo Giulian Marques. 2018. 223f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

Ferreira, A. J. **Avaliação dos planos de segurança de barragens e sua efetividade em relação à prevenção de acidentes.** Orientador: Prof. Dr. Juan Antonio Altamirano Flores; Coorientador: Prof. Dr. Murilo da Silva Espíndola. 2022. 130f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Desastres Naturais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022.

Ferreira, A. S. **Uso de geoprocessamento e geotecnologias no mapeamento de áreas de vulnerabilidade a inundação no perímetro urbano do município de Humaitá, Sudoeste da Amazônia**. Orientador: Prof. Dr. Marcelo Rodrigues do Anjos; Coorientador: Msc. Diogo André Pinheiro da Silva. 2019. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Amazonas, Amazonas, Humaitá, 2019.

Ferreira, B. G. **Impactos das mudanças climáticas no risco de ocorrência de incêndios florestais em Paragominas-PA.** Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Graduação em Engenharia Florestal), Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2021.

Fonseca, D. D. F. **Panorama das Barragens de Rejeito Mineral dos Estados do Pará e Amapá.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.

Fonseca, Dianne Danielle Farias; Miyagawa, Luciana de Jesus Penha Pamplona**. Setorização de áreas em alto e muito alto risco a movimentos de massa, enchentes e inundações: Paragominas**. Belém: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2018. Disponível em: https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/20404?mode=full. Acesso em: 30 set. 2022.

Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística - IBGE. **IBGE Censo.** IBGE, 2022. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 30 mar. 2024.

Júnior, Josenaldo. **Enxurrada mata duas crianças e Paragominas declara calamidade pública.** Portal Tailândia, 2018. Disponível em: https://portaltailandia.com/para/enxurrada-mata-duas-criancas-e-paragominas-declara-calamidade-publica/. Acesso em: 29 set. 2022.

Lucchetta, B. C; Oliveira F. S. **Uso de Imagens do OLI/Landsat 8 no Estudo de Desastres Ambientais: Estudo de Caso do Rompimento da Barragem em Brumadinho – MG**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2020.

Marengo, J. A; Junior, C. M. S.; Thonicke, K; Burton, C; Halladay, K; Betts, R. A; Alves, L. M; Soares, W. R. **Changes in Climate and Land Use Over the Amazon Region: Current and Future Variability and Trends.** *Frontiers in Earth Science*, Curitiba, v. **6**, p. 1-21, dez. 2018.

Melo, J. C.; Carmona, S.; Funi, C.; Santos, V. F**. Mapeamento de Áreas Potencialmente Impactadas por Barragens de Rejeito no Estado do Amapá**. *In:* Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 20. (SBSR), 2023, Florianópolis. Anais [...] São José dos Campos: INPE, 2023. p. 2583-2586.

National Aeronautics And Space Administration. ***Shuttle radar topography mission*** (SRTM). 2023. Disponível em: https://www2.jpl.nasa.gov/srtm. Acesso em: 30 maio 2023.

Nobre, A. D.; Cuartas, L. A.; Hodnett, M. Rennó, C.D.; Rodrigues, G.; Silveira, A.; Waterloo, M.; Saleska, S. *Height. **Above the Nearest Drainage – a hydrologically relevant new terrain model. Journal of Hydrology***, v.**404**, p. 13-29, 2011.

Oliveira, L. V.; Negri, R. G.; Santos, L. B. L. **Análise de técnicas de detecção de mudança para mapeamento de desastres com uso de dados de sensoriamento remoto.** *Revista Brasileira de Cartografia*, Rio de Janeiro, v. **71**, n. 1, p.177-189, dez. 2020.

Organização Das Nações Unidas-ONU. **Aquecimento global sem precedentes tem clara influência humana, diz ONU**. ONU, 9 ago. 2021. Disponível em: https://news.un.org/pt/story/2021/08/1759272. Acesso em: 30 out. 2023.

Organização Das Nações Unidas - ONU. **Objetivo de desenvolvimento sustentável 11, cidades e comunidades sustentáveis.** ONU. Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/11. Acesso em: 28 fev. 2024.

Organização Das Nações Unidas - ONU. **Objetivo de desenvolvimento sustentável 13, ação contra a mudança global do clima**. ONU. Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/13. Acesso em: 28 fev. 2024.

Painel Intergovernamental do Clima - IPCC**. Mudança do clima 2021: contribuição do grupo de trabalho I ao sexto relatório de avaliação do painel intergovernamental sobre mudança do clima**. Brasília, DF: IPCC, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-do-ipcc/arquivos/pdf/IPCC_mudanca2.pdf. Acesso em: 30 set. 2023.

Prefeitura de Paragominas. **Revisão do plano diretor de Paragominas, diagnóstico da realidade municipal.** Paragominas, 2020. Disponível em: https://paragominas.pa.gov.br/wp-content/uploads/2020/12/CADERNO-02-DIAGN%C3%93STICO-DA-REALIDADE-MUNICIPAL-CAP%C3%8DTULOS-3-a-6.pdf. Acesso em: 30 mar. 2024.

Rocha, L. S.; Maia S. V. S. **Perfil da produção de agricultores familiares, da Colônia do Uraim, Paragominas - PA.** Orientador: Danielle Silva Pinto. 2018. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Pará, Paragominas, 2018.

Rogério, Cleyton. **Confira os pontos de doação de mantimentos para os atingidos pelas enchentes de Paragominas**. Portal Tailândia, 2018. Disponível em: https://portaltailandia.com/para/enxurrada-mata-duas-criancas-e-paragominas-declara-calamidade-publica/. Acesso em: 29 set. 2022.

Santos, L. S.; Silva Junior, O. M.; Rocha, M. A. N. **Mapa de múltiplas ameaças: um sobreaviso a população amazônica.** *In:* Magnoni Júnior, L. *et al.* (org.). *Redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano.* **2.** ed. São Paulo: Centro Paula Souza, 2020. p. 626-641.

Silva, J. A. S. **Uso de geotecnologias para gestão de desastres naturais hidrológicos: estudo de caso do bairro Coelhos, Recife-Pernambuco.** Orientador: Prof. Dr. Osvaldo Girão da Silva. 2023. 50f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2023.

Silva, R. S. A.; Medeiros, A. B. S.; Oliveira Júnior A. P.; Santos Júnior, O. F. **Acidentes e Incidentes em Barragens Brasileiras: Uma Análise dos Dados Disponíveis nos Relatórios de Segurança de Barragens e da Legislação Vigente**. *Revista Holos*, Natal, v. **6**, n. 1, p. 1-17, mar. 2021.

Teixeira, Sheila Gatinho; Conceição, Raimundo Almir Costa da. **Setorização de áreas de risco geológico: Paragominas*, Pará.*** Belém: CPRM-Serviço Geológico do Brasil, 2022. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/22742. Acesso em: 30 set. 2022.

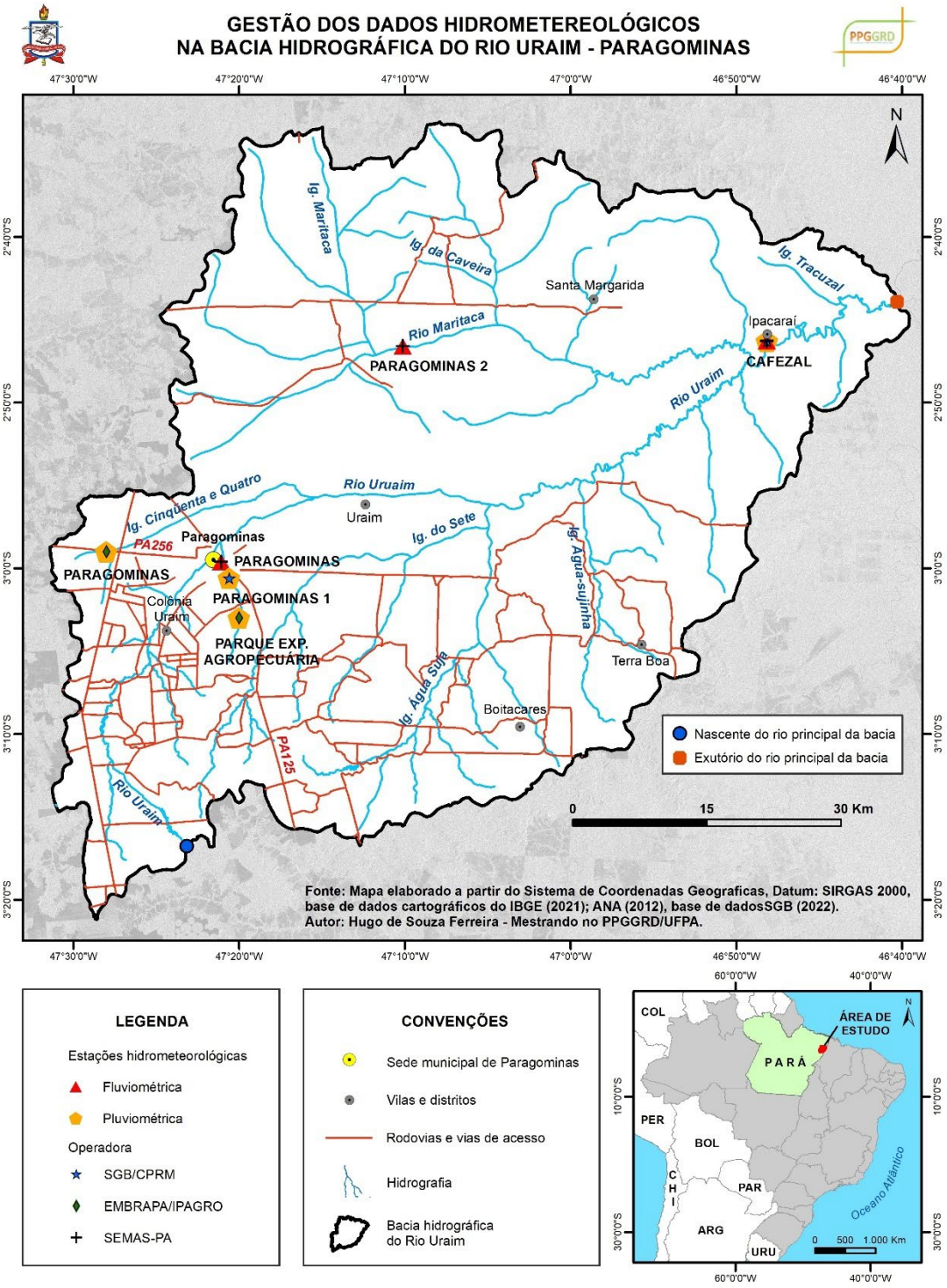
United States Geological Survey - USGS. ***Download de imagens TM/Landsat5, OLI/Landsat9, Shuttle/SRTM*.** [S.l.]: USGS. Disponível em: https://earthexplorer.usgs.gov/. Acesso em:30 abr. 2023.

United States Geological Survey. ***Download de dados Chirps, Paragominas, Série Histórica 1979–2019.*** Virginia: USGS. Disponível em: ftp://ftp.chg.ucsb.edu/pub/org/chg/products/CHIRPS-2.0/. Acesso em: 14 mar. 2024.

Vasquez, Marcelo Lacerda; Rosa-Costa, Lúcia Travassos da. **Geologia e recursos minerais do estado do Pará. Belém: CPRM-Serviço Geológico do Brasil, 2008**. Disponível em: https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/10443. Acesso em: 30 mar. 2023.

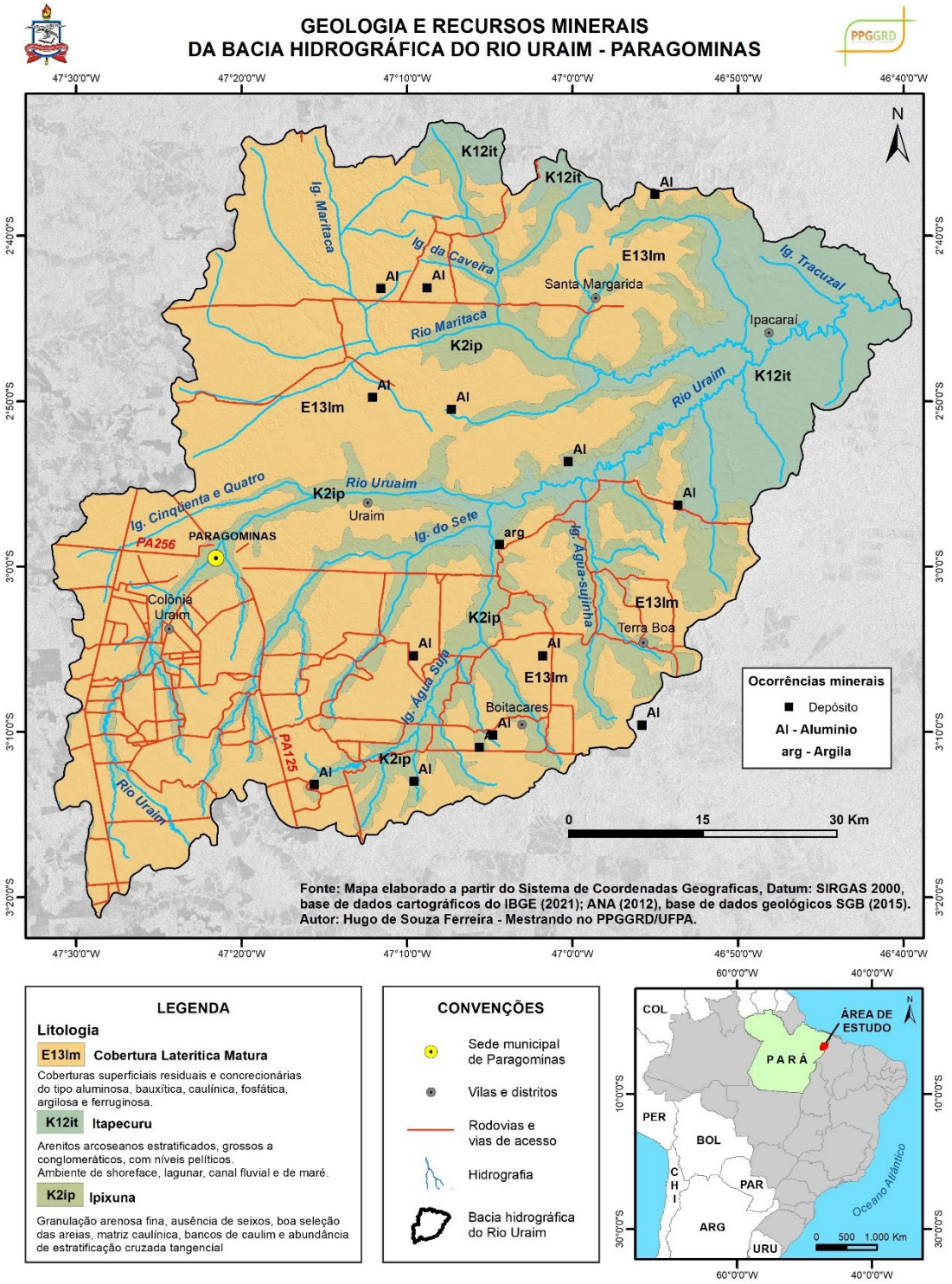
Vinhal, C. P. **Geoprocessamento aplicado ao estudo de risco a alagamento**. *In:* Seminário De Ensino, Pesquisa E Extensão Da Ueg, 2023, Quirinópolis. Anais [...]. Quirinópolis: UEG, 2023. p. 367-375.

APÊNDICE A – MAPA DA GESTÃO DE DADOS HIDROMETEREOLÓGICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URAIM.



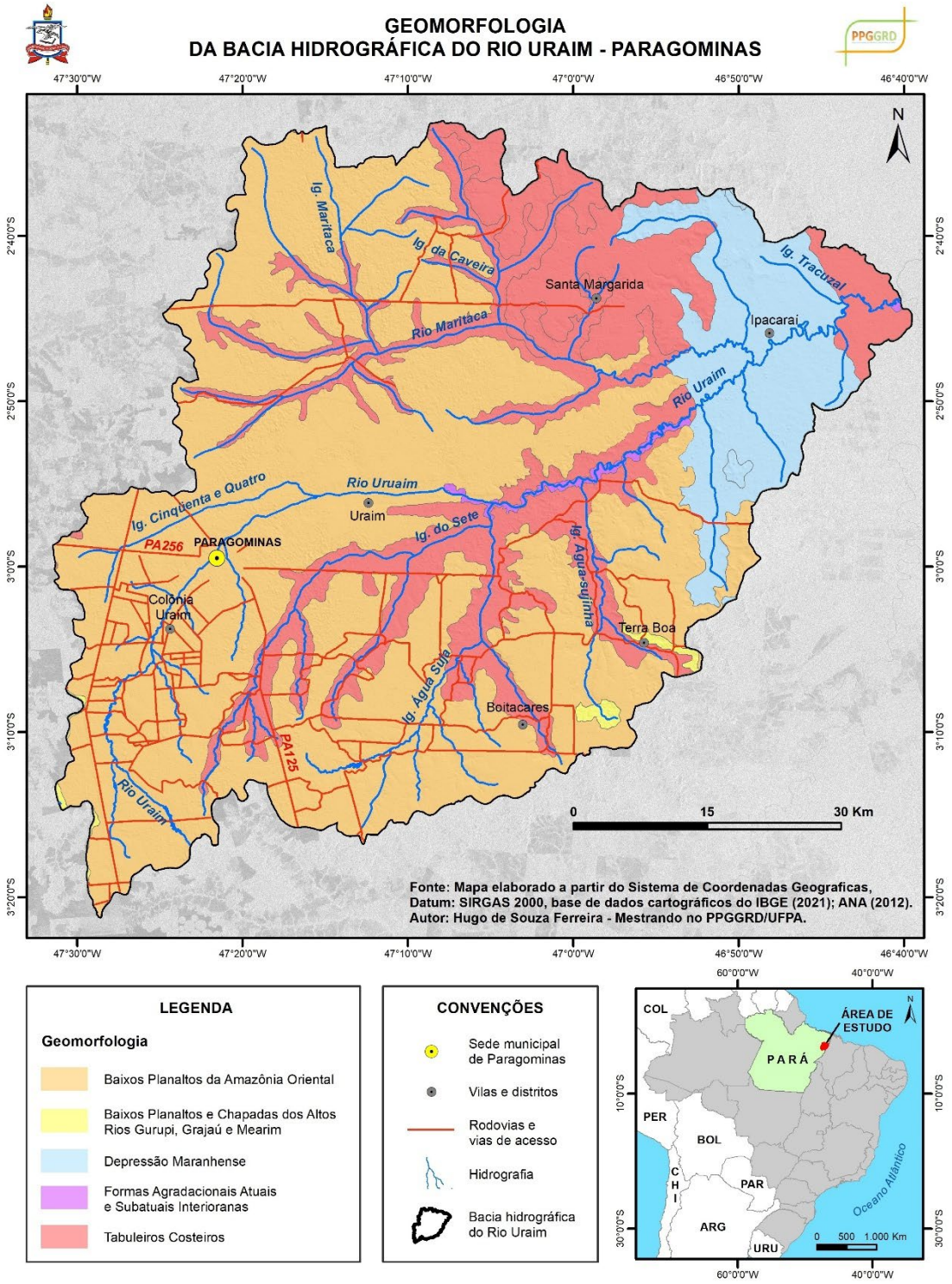
Fonte: Do Autor.

APÊNDICE B – MAPA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URAIM.



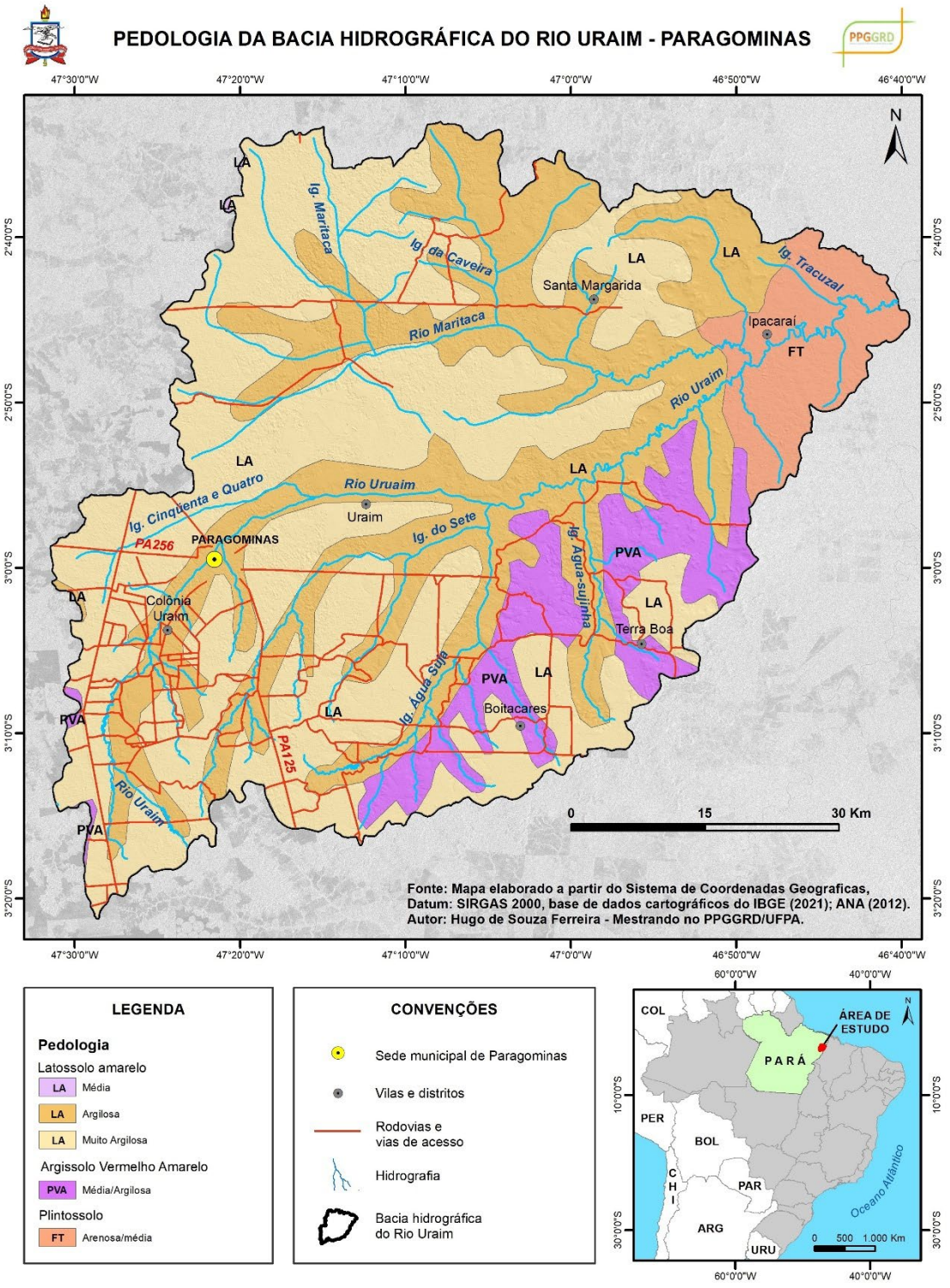
Fonte: Do Autor.

APÊNDICE C – MAPA DE GEOMORFOLOGIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URAIM.



Fonte: Do Autor.

APÊNDICE D – MAPA DE PEDOLOGIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URAIM.



Fonte: Do Autor.

ANEXO

ANEXO A – POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS, LEI 12.334, DE 20 DE SETEMBRO DE 2010.

Presidência da República
Casa Civil
Subchefia para Assuntos Jurídicos

LEI Nº 12.334, DE 20 DE SETEMBRO DE 2010.

Regulamento

Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000.

O PRESIDENTE DA REPÚBLICA Faço saber que o Congresso Nacional decreta e eu sanciono a seguinte Lei:

CAPÍTULO I

DISPOSIÇÕES GERAIS

Art. 1º Esta Lei estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB).

Parágrafo único. Esta Lei aplica-se a barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais que apresentem pelo menos uma das seguintes características:

I - altura do maciço, medida do encontro do pé do talude de jusante com o nível do solo até a crista de coroamento do barramento, maior ou igual a 15 (quinze) metros; (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

II - capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000m³ (três milhões de metros cúbicos);

III - reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis;

IV - categoria de dano potencial associado médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas, conforme definido no art. 7º desta Lei; (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

V - categoria de risco alto, a critério do órgão fiscalizador, conforme definido no art. 7º desta Lei. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

Art. 2º Para os efeitos desta Lei, são estabelecidas as seguintes definições:

I - barragem: qualquer estrutura construída dentro ou fora de um curso permanente ou temporário de água, em talvegue ou em cava exaurida com dique, para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas; (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

II - reservatório: acumulação não natural de água, de substâncias líquidas ou de mistura de líquidos e sólidos;

III - segurança de barragem: condição que vise a manter a sua integridade estrutural e operacional e a preservação da vida, da saúde, da propriedade e do meio ambiente;

IV - empreendedor: pessoa física ou jurídica que detenha outorga, licença, registro, concessão, autorização ou outro ato que lhe confira direito de operação da barragem e do respectivo reservatório, ou, subsidiariamente, aquele com direito real sobre as terras onde a barragem se localize, se não houver quem os explore oficialmente; (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

V - órgão fiscalizador: autoridade do poder público responsável pelas ações de fiscalização da segurança da barragem de sua competência;

VI - gestão de risco: ações de caráter normativo, bem como aplicação de medidas para prevenção, controle e mitigação de riscos;

VII - dano potencial associado à barragem: dano que pode ocorrer devido a rompimento, vazamento, infiltração no solo ou mau funcionamento de uma barragem, independentemente da sua probabilidade de ocorrência, a ser graduado de acordo com as perdas de vidas humanas e os impactos sociais, econômicos e ambientais; (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

VIII - categoria de risco: classificação da barragem de acordo com os aspectos que possam influenciar na possibilidade de ocorrência de acidente ou desastre; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

IX - zona de autossalvamento (ZAS): 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; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

X - zona de segurança secundária (ZSS): trecho constante do mapa de inundação não definido como ZAS; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

XI - mapa de inundação: produto do estudo de inundação que compreende a delimitação geográfica georreferenciada das áreas potencialmente afetadas por eventual vazamento ou ruptura da barragem e seus possíveis cenários associados e que objetiva facilitar a notificação eficiente e a evacuação de áreas afetadas por essa situação; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

XII - acidente: comprometimento da integridade estrutural com liberação incontrolável do conteúdo do reservatório, ocasionado pelo colapso parcial ou total da barragem ou de estrutura anexa; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

XIII - incidente: ocorrência que afeta o comportamento da barragem ou de estrutura anexa que, se não controlada, pode causar um acidente; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

XIV - desastre: resultado de evento adverso, de origem natural ou induzido pela ação humana, sobre ecossistemas e populações vulneráveis, que causa significativos danos humanos, materiais ou ambientais e prejuízos econômicos e sociais; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

XV - barragem descaracterizada: aquela que não opera como estrutura de contenção de sedimentos ou rejeitos, não possuindo características de barragem, e que se destina a outra finalidade. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

Art. 2º-A. Fica proibida a construção ou o alteamento de barragem de mineração pelo método a montante. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 1º Entende-se por alteamento a montante a metodologia construtiva de barragem em que os diques de contenção se apoiam sobre o próprio rejeito ou sedimento previamente lançado e depositado. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 2º O empreendedor deve concluir a descaracterização da barragem construída ou alteada pelo método a montante até 25 de fevereiro de 2022, considerada a solução técnica exigida pela entidade que regula e fiscaliza a atividade minerária e pela autoridade licenciadora do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama). (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 3º A entidade que regula e fiscaliza a atividade minerária pode prorrogar o prazo previsto no § 2º deste artigo em razão da inviabilidade técnica para a execução da descaracterização da barragem no período previsto, desde que a decisão, para cada estrutura, seja referendada pela autoridade licenciadora do Sisnama. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

CAPÍTULO II

DOS OBJETIVOS

Art. 3º São objetivos da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB):

I - garantir a observância de padrões de segurança de barragens de maneira a fomentar a prevenção e a reduzir a possibilidade de acidente ou desastre e suas consequências; (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

II - regulamentar as ações de segurança a serem adotadas nas fases de planejamento, projeto, construção, primeiro enchimento e primeiro vertimento, operação, desativação, descaracterização e usos futuros de barragens; (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

III - promover o monitoramento e o acompanhamento das ações de segurança empregadas pelos responsáveis por barragens;

IV - criar condições para que se amplie o universo de controle de barragens pelo poder público, com base na fiscalização, orientação e correção das ações de segurança;

V - coligir informações que subsidiem o gerenciamento da segurança de barragens pelos governos;

VI - estabelecer conformidades de natureza técnica que permitam a avaliação da adequação aos parâmetros estabelecidos pelo poder público;

VII - fomentar a cultura de segurança de barragens e gestão de riscos.

VIII - definir procedimentos emergenciais e fomentar a atuação conjunta de empreendedores, fiscalizadores e órgãos de proteção e defesa civil em caso de incidente, acidente ou desastre. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

CAPÍTULO III

DOS FUNDAMENTOS E DA FISCALIZAÇÃO

Art. 4º São fundamentos da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB):

I - a segurança da barragem, consideradas as fases de planejamento, projeto, construção, primeiro enchimento e primeiro vertimento, operação, desativação, descaracterização e usos futuros; (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

II - a informação e o estímulo à participação direta ou indireta da população nas ações preventivas e emergenciais, incluídos a elaboração e a implantação do Plano de Ação de Emergência (PAE) e o acesso ao seu conteúdo, ressalvadas as informações de caráter pessoal; (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

III - a responsabilidade legal do empreendedor pela segurança da barragem, pelos danos decorrentes de seu rompimento, vazamento ou mau funcionamento e, independentemente da existência de culpa, pela reparação desses danos; (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

IV - a transparência de informações, a participação e o controle social; (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

V - a segurança da barragem como instrumento de alcance da sustentabilidade socioambiental. (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

Art. 5º A fiscalização da segurança de barragens caberá, sem prejuízo das ações fiscalizatórias dos órgãos ambientais integrantes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama):

I - à entidade que outorga o direito de uso dos recursos hídricos, observado o domínio do corpo hídrico, quando o objeto for de acumulação de água, exceto para fins de aproveitamento hidrelétrico; (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

II - à entidade que concede, autoriza ou registra o uso do potencial hidráulico, quando se tratar de uso preponderante para fins de geração hidrelétrica; (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

III - à entidade que regula e fiscaliza as atividades minerárias, para fins de disposição de rejeitos, observado o disposto no inciso V do caput deste artigo; (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

IV - à entidade que concede a licença ambiental, para fins de disposição de resíduos industriais; (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

V - à entidade que regula, licencia e fiscaliza a produção e o uso da energia nuclear, quando se tratar de disposição de rejeitos de minérios nucleares. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 1º Os órgãos fiscalizadores referidos no caput deste artigo devem dar ciência ao órgão de proteção e defesa civil das ações de fiscalização que constatarem a necessidade de adoção de medidas emergenciais relativas à segurança de barragens. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 2º A fiscalização prevista no caput deste artigo deve basear-se em análise documental, em vistorias técnicas, em indicadores de segurança de barragem e em outros procedimentos definidos pelo órgão fiscalizador. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 3º O órgão fiscalizador deve manter canal de comunicação para o recebimento de denúncias e de informações relacionadas à segurança de barragens. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

CAPÍTULO IV

DOS INSTRUMENTOS

Art. 6º São instrumentos da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB):

I - o sistema de classificação de barragens por categoria de risco e por dano potencial associado;

II - o Plano de Segurança da Barragem, incluído o PAE; (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

III - o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB);

IV - o Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente (Sinima);

V - o Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental;

VI - o Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais;

VII - o Relatório de Segurança de Barragens.

VIII - o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH); (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

IX - o monitoramento das barragens e dos recursos hídricos em sua área de influência; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

X - os guias de boas práticas em segurança de barragens. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

Parágrafo único. Os sistemas nacionais de informações previstos neste artigo devem ser integrados. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

Seção I

Da Classificação

Art. 7º As barragens serão classificadas pelos agentes fiscalizadores, por categoria de risco, por dano potencial associado e pelo seu volume, com base em critérios gerais estabelecidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).

§ 1º A classificação por categoria de risco em alto, médio ou baixo será feita em função das características técnicas, dos métodos construtivos, do estado de conservação e da idade do empreendimento e do atendimento ao Plano de Segurança da Barragem, bem como de outros critérios definidos pelo órgão fiscalizador. (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 2º A classificação por categoria de dano potencial associado à barragem em alto, médio ou baixo será feita em função do potencial de perdas de vidas humanas e dos impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes da ruptura da barragem.

§ 3º O órgão fiscalizador deverá exigir do empreendedor a adoção de medidas que levem à redução da categoria de risco da barragem. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

Seção II

Do Plano de Segurança da Barragem

Art. 8º O Plano de Segurança da Barragem deve compreender, no mínimo, as seguintes informações:

I - identificação do empreendedor;

II - dados técnicos referentes à implantação do empreendimento, inclusive, no caso de empreendimentos construídos após a promulgação desta Lei, do projeto como construído, bem como aqueles necessários para a operação e manutenção da barragem;

III - estrutura organizacional e qualificação técnica dos profissionais da equipe de segurança da barragem;

IV - manuais de procedimentos dos roteiros de inspeções de segurança e de monitoramento e relatórios de segurança da barragem;

V - regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem;

VI - indicação da área do entorno das instalações e seus respectivos acessos, a serem resguardados de quaisquer usos ou ocupações permanentes, exceto aqueles indispensáveis à manutenção e à operação da barragem;

VII - Plano de Ação de Emergência (PAE), exigido conforme o art. 11 desta Lei; (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

VIII - relatórios das inspeções de segurança regular e especial; (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

IX - revisões periódicas de segurança.

X - identificação e avaliação dos riscos, com definição das hipóteses e dos cenários possíveis de acidente ou desastre; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

XI - mapa de inundação, considerado o pior cenário identificado; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

XII - identificação e dados técnicos das estruturas, das instalações e dos equipamentos de monitoramento da barragem. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 1º A periodicidade de atualização, a qualificação do responsável técnico, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento dos planos de segurança deverão ser estabelecidos pelo órgão fiscalizador.

§ 2º As exigências indicadas nas inspeções de segurança regular e especial da barragem devem ser contempladas nas atualizações do Plano de Segurança da Barragem. (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 3º O empreendedor deve manter o Plano de Segurança da Barragem atualizado e operacional até a desativação ou a descaracterização da estrutura. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 4º O Plano de Segurança da Barragem deve estar disponível e acessível, antes do início da operação da estrutura, para a equipe responsável pela operação e gestão da barragem no local do empreendimento e para o órgão fiscalizador, bem como ser inserido no Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB). (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 5º O Plano de Segurança da Barragem deve ser elaborado e assinado por responsável técnico com registro no respectivo conselho profissional, bem como incluir manifestação de ciência por parte do empreendedor, no caso de pessoa física, ou do titular do cargo de maior hierarquia na estrutura da pessoa jurídica. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

Art. 9º As inspeções de segurança regular e especial terão a sua periodicidade, a qualificação da equipe responsável, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento definidos pelo órgão fiscalizador em função da categoria de risco e do dano potencial associado à barragem.

§ 1º A inspeção de segurança regular será efetuada pela própria equipe de segurança da barragem, devendo o relatório resultante estar disponível ao órgão fiscalizador e à sociedade civil.

§ 2º A inspeção de segurança especial será elaborada, conforme orientação do órgão fiscalizador, por equipe multidisciplinar de especialistas, em função da categoria de risco e do dano potencial associado à barragem, nas fases de construção, operação e desativação, devendo considerar as alterações das condições a montante e a jusante da barragem.

§ 3º Os relatórios resultantes das inspeções de segurança devem indicar as ações a serem adotadas pelo empreendedor para a manutenção da segurança da barragem.

§ 4º O órgão fiscalizador deverá estabelecer prazo para que o empreendedor cumpra as ações previstas nos relatórios de inspeção de segurança. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

Art. 10. Deverá ser realizada Revisão Periódica de Segurança de Barragem com o objetivo de verificar o estado geral de segurança da barragem, considerando o atual estado da arte para os critérios de projeto, a atualização dos dados hidrológicos e as alterações das condições a montante e a jusante da barragem.

§ 1º A periodicidade, a qualificação técnica da equipe responsável, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento da revisão periódica de segurança serão estabelecidos pelo órgão fiscalizador em função da categoria de risco e do dano potencial associado à barragem.

§ 2º A Revisão Periódica de Segurança de Barragem deve indicar as ações a serem adotadas pelo empreendedor para a manutenção da segurança da barragem, compreendendo, para tanto:

I - o exame de toda a documentação da barragem, em particular dos relatórios de inspeção;

II - o exame dos procedimentos de manutenção e operação adotados pelo empreendedor;

III - a análise comparativa do desempenho da barragem em relação às revisões efetuadas anteriormente.

§ 3º O órgão fiscalizador deverá estabelecer prazo para que o empreendedor cumpra as ações previstas na Revisão Periódica de Segurança de Barragem. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

Art. 11. A elaboração do PAE é obrigatória para todas as barragens classificadas como de: (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

I - médio e alto dano potencial associado; ou (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

II - alto risco, a critério do órgão fiscalizador. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

Parágrafo único. Independentemente da classificação quanto ao dano potencial associado e ao risco, a elaboração do PAE é obrigatória para todas as barragens destinadas à acumulação ou à disposição de rejeitos de mineração. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

Art. 12. O PAE estabelecerá as ações a serem executadas pelo empreendedor da barragem em caso de situação de emergência, bem como identificará os agentes a serem notificados dessa ocorrência, devendo contemplar, pelo menos:

I - descrição das instalações da barragem e das possíveis situações de emergência; (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

II - procedimentos para identificação e notificação de mau funcionamento, de condições potenciais de ruptura da barragem ou de outras ocorrências anormais; (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

III - procedimentos preventivos e corretivos e ações de resposta às situações emergenciais identificadas nos cenários acidentais; (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

IV - programas de treinamento e divulgação para os envolvidos e para as comunidades potencialmente afetadas, com a realização de exercícios simulados periódicos; (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

V - atribuições e responsabilidades dos envolvidos e fluxograma de acionamento; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

VI - medidas específicas, em articulação com o poder público, para resgatar atingidos, pessoas e animais, para mitigar impactos ambientais, para assegurar o abastecimento de água potável e para resgatar e salvaguardar o patrimônio cultural; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

VII - dimensionamento dos recursos humanos e materiais necessários para resposta ao pior cenário identificado; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

VIII - delimitação da Zona de Autossalvamento (ZAS) e da Zona de Segurança Secundária (ZSS), a partir do mapa de inundação referido no inciso XI do caput do art. 8º desta Lei; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

IX - levantamento cadastral e mapeamento atualizado da população existente na ZAS, incluindo a identificação de vulnerabilidades sociais; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

X - sistema de monitoramento e controle de estabilidade da barragem integrado aos procedimentos emergenciais; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

XI - plano de comunicação, incluindo contatos dos responsáveis pelo PAE no empreendimento, da prefeitura municipal, dos órgãos de segurança pública e de proteção e defesa civil, das unidades hospitalares mais próximas e das demais entidades envolvidas; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

XII - previsão de instalação de sistema sonoro ou de outra solução tecnológica de maior eficácia em situação de alerta ou emergência, com alcance definido pelo órgão fiscalizador; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

XIII - planejamento de rotas de fuga e pontos de encontro, com a respectiva sinalização. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 1º O PAE deverá estar disponível no site do empreendedor e ser mantido, em meio digital, no SNISB e, em meio físico, no empreendimento, nos órgãos de proteção e defesa civil dos Municípios inseridos no mapa de inundação ou, na inexistência desses órgãos, na prefeitura municipal. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 2º O empreendedor deverá, antes do início do primeiro enchimento do reservatório da barragem, elaborar, implementar e operacionalizar o PAE e realizar reuniões com as comunidades para a apresentação do plano e a execução das medidas preventivas nele previstas, em trabalho conjunto com as prefeituras municipais e os órgãos de proteção e defesa civil. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 3º O empreendedor e os órgãos de proteção e defesa civil municipais e estaduais deverão articular-se para promover e operacionalizar os procedimentos emergenciais constantes do PAE. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 4º Os órgãos de proteção e defesa civil e os representantes da população da área potencialmente afetada devem ser ouvidos na fase de elaboração do PAE quanto às medidas de segurança e aos procedimentos de evacuação em caso de emergência. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 5º O empreendedor deverá, juntamente com os órgãos locais de proteção e defesa civil, realizar, em periodicidade a ser definida pelo órgão fiscalizador, exercício prático de simulação de situação de emergência com a população da área potencialmente afetada por eventual ruptura da barragem. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 6º O empreendedor deverá estender os elementos de autoproteção existentes na ZAS aos locais habitados da ZSS nos quais os órgãos de proteção e defesa civil não possam atuar tempestivamente em caso de vazamento ou rompimento da barragem. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 7º O PAE deverá ser revisto periodicamente, a critério do órgão fiscalizador, nas seguintes ocasiões: (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

I - quando o relatório de inspeção ou a Revisão Periódica de Segurança de Barragem assim o recomendar; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

II - sempre que a instalação sofrer modificações físicas, operacionais ou organizacionais capazes de influenciar no risco de acidente ou desastre; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

III - quando a execução do PAE em exercício simulado, acidente ou desastre indicar a sua necessidade; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

IV - em outras situações, a critério do órgão fiscalizador. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 8º Em caso de desastre, será instalada sala de situação para encaminhamento das ações de emergência e para comunicação transparente com a sociedade, com participação do empreendedor, de representantes dos órgãos de proteção e defesa civil, da autoridade licenciadora do Sisnama, dos órgãos fiscalizadores e das comunidades e Municípios afetados. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

Seção III

Do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB)

Art. 13. É instituído o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB), para registro informatizado das condições de segurança de barragens em todo o território nacional.

§ 1º O SNISB compreende sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de suas informações e deve contemplar barragens em construção, em operação e desativadas. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 2º O SNISB deve manter informações sobre incidentes que possam colocar em risco a segurança de barragens, sobre acidentes e sobre desastres. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 3º As barragens devem integrar o SNISB até sua completa descaracterização. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 4º O SNISB deve ser integrado ao sistema nacional de informações e monitoramento de desastres, previsto na Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

Art. 14. São princípios básicos para o funcionamento do SNISB:

I - descentralização da obtenção e produção de dados e informações;

II - coordenação unificada do sistema;

III - acesso a dados e informações garantido a toda a sociedade.

Seção IV

Da Educação e da Comunicação

Art. 15. A PNSB deverá estabelecer programa de educação e de comunicação sobre segurança de barragem, com o objetivo de conscientizar a sociedade da importância da segurança de barragens e de desenvolver cultura de prevenção a acidentes e desastres, que deverá contemplar as seguintes medidas: (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

I - apoio e promoção de ações descentralizadas para conscientização e desenvolvimento de conhecimento sobre segurança de barragens;

II - elaboração de material didático;

III - manutenção de sistema de divulgação sobre a segurança das barragens sob sua jurisdição;

IV - promoção de parcerias com instituições de ensino, pesquisa e associações técnicas relacionadas à engenharia de barragens e áreas afins;

V - disponibilização anual do Relatório de Segurança de Barragens.

CAPÍTULO V

DAS COMPETÊNCIAS

Art. 16. O órgão fiscalizador, no âmbito de suas atribuições legais, é obrigado a:

I - manter cadastro das barragens sob sua jurisdição, com identificação dos empreendedores, para fins de incorporação ao SNISB;

II - exigir do empreendedor a anotação de responsabilidade técnica, por profissional habilitado pelo Sistema Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (Confea) / Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (Crea), dos estudos, planos, projetos, construção, inspeção e demais relatórios citados nesta Lei; (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

III - exigir do empreendedor o cumprimento das recomendações contidas nos relatórios de inspeção e revisão periódica de segurança;

IV - articular-se com outros órgãos envolvidos com a implantação e a operação de barragens no âmbito da bacia hidrográfica;

V - exigir do empreendedor o cadastramento e a atualização das informações relativas à barragem no SNISB.

§ 1º O órgão fiscalizador deverá informar imediatamente à autoridade licenciadora do Sisnama e ao órgão de proteção e defesa civil a ocorrência de desastre ou acidente nas barragens sob sua jurisdição, bem como qualquer incidente que possa colocar em risco a segurança da estrutura. (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 2º O órgão fiscalizador deverá implantar o cadastro das barragens a que alude o inciso I no prazo máximo de 2 (dois) anos, a partir da data de publicação desta Lei.

Art. 17. O empreendedor da barragem obriga-se a:

I - prover os recursos necessários à garantia de segurança da barragem e, em caso de acidente ou desastre, à reparação dos danos à vida humana, ao meio ambiente e aos patrimônios público e privado, até a completa descaracterização da estrutura; (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

II - providenciar, para novos empreendimentos, a elaboração do projeto final como construído;

III - organizar e manter em bom estado de conservação as informações e a documentação referentes ao projeto, à construção, à operação, à manutenção, à segurança e, quando couber, à desativação da barragem;

IV - informar ao respectivo órgão fiscalizador qualquer alteração que possa acarretar redução da capacidade de descarga da barragem ou que possa comprometer a sua segurança;

V - manter serviço especializado em segurança de barragem, conforme estabelecido no Plano de Segurança da Barragem;

VI - permitir o acesso irrestrito do órgão fiscalizador, da autoridade licenciadora do Sisnama, do órgão de proteção e defesa civil e dos órgãos de segurança pública ao local da barragem e das instalações associadas e à sua documentação de segurança; (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

VII - elaborar e atualizar o Plano de Segurança da Barragem, observadas as recomendações dos relatórios de inspeção de segurança e das revisões periódicas de segurança, e encaminhá-lo ao órgão fiscalizador; (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

VIII - realizar as inspeções de segurança previstas no art. 9º desta Lei;

IX - elaborar as revisões periódicas de segurança;

X - elaborar o PAE, quando exigido, e implementá-lo em articulação com o órgão de proteção e defesa civil; (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

XI - manter registros dos níveis dos reservatórios, com a respectiva correspondência em volume armazenado, bem como das características químicas e físicas do fluido armazenado, conforme estabelecido pelo órgão fiscalizador;

XII - manter registros dos níveis de contaminação do solo e do lençol freático na área de influência do reservatório, conforme estabelecido pelo órgão fiscalizador;

XIII - cadastrar e manter atualizadas as informações relativas à barragem no SNISB.

XIV - notificar imediatamente ao respectivo órgão fiscalizador, à autoridade licenciadora do Sisnama e ao órgão de proteção e defesa civil qualquer alteração das condições de segurança da barragem que possa implicar acidente ou desastre; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

XV - executar as recomendações das inspeções regulares e especiais e das revisões periódicas de segurança; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

XVI - manter o Plano de Segurança da Barragem atualizado e em operação até a completa descaracterização da estrutura; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

XVII - elaborar mapa de inundação, quando exigido pelo órgão fiscalizador; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

XVIII - avaliar, previamente à construção de barragens de rejeitos de mineração, as alternativas locacionais e os métodos construtivos, priorizando aqueles que garantam maior segurança; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

XIX - apresentar periodicamente declaração de condição de estabilidade de barragem, quando exigida pelo órgão fiscalizador; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

XX - armazenar os dados de instrumentação da barragem e fornecê-los ao órgão fiscalizador periodicamente e em tempo real, quando requerido; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

XXI - não apresentar ao órgão fiscalizador e às autoridades competentes informação, laudo ou relatório total ou parcialmente falsos, enganosos ou omissos; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

XXII - cumprir as determinações do órgão fiscalizador nos prazos por ele fixados. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 1º Para reservatórios de aproveitamento hidrelétrico, a alteração de que trata o inciso IV do caput deste artigo também deverá ser informada ao Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 2º Sem prejuízo das prerrogativas da autoridade licenciadora do Sisnama, o órgão fiscalizador pode exigir, nos termos do regulamento, a apresentação não cumulativa de caução, seguro, fiança ou outras garantias financeiras ou reais para a reparação dos danos à vida humana, ao meio ambiente e ao patrimônio público, pelo empreendedor de: (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

I - barragem de rejeitos de mineração ou resíduos industriais ou nucleares classificada como de médio e alto risco ou de médio e alto dano potencial associado; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

II – (VETADO); (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

III - barragem de acumulação de água para fins de aproveitamento hidrelétrico classificada como de alto risco. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 3º No caso de ausência de documentação técnica que impeça a classificação da barragem quanto ao risco e ao dano potencial associado, cabe ao órgão fiscalizador decidir quanto às exigências previstas nos §§ 1º e 2º deste artigo. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 4º As barragens já existentes terão o prazo de 2 (dois) anos para se adequarem à previsão do § 2º deste artigo. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

CAPÍTULO V-A
(Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

DAS INFRAÇÕES E DAS SANÇÕES

Art. 17-A. Sem prejuízo das cominações na esfera penal e da obrigação de, independentemente da existência de culpa, reparar os danos causados, considera-se infração administrativa o descumprimento pelo empreendedor das obrigações estabelecidas nesta Lei, em seu regulamento ou em instruções dela decorrentes emitidas pelas autoridades competentes. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 1º São autoridades competentes para lavrar auto de infração e instaurar processo administrativo os servidores dos órgãos fiscalizadores e das autoridades competentes do Sisnama. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 2º Qualquer pessoa, ao constatar infração administrativa, pode dirigir representação à autoridade competente, para fins do exercício do seu poder de polícia. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 3º A autoridade competente que tiver conhecimento de infração administrativa é obrigada a promover a sua apuração imediata, mediante processo administrativo próprio, sob pena de corresponsabilidade. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 4º As infrações de que trata este artigo são apuradas em processo administrativo próprio, assegurado o direito a ampla defesa e ao contraditório. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

Art. 17-B. O processo administrativo para apuração de infração prevista no art. 17-A desta Lei deve observar os seguintes prazos máximos: (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

I - 20 (vinte) dias para o infrator oferecer defesa ou impugnação contra o auto de infração, contados da data da ciência da autuação; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

II - 30 (trinta) dias para a autoridade competente julgar o auto de infração, contados da data da sua lavratura, apresentada ou não a defesa ou impugnação; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

III - 20 (vinte) dias para o infrator recorrer da decisão condenatória à instância superior da autoridade competente; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

IV - 5 (cinco) dias para o pagamento de multa, contados da data do recebimento da notificação. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

Art. 17-C. As infrações administrativas sujeitam o infrator a 1 (uma) ou mais das seguintes penalidades: (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

I - advertência; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

II - multa simples; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

III - multa diária; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

IV - embargo de obra ou atividade; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

V - demolição de obra; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

VI - suspensão parcial ou total de atividades; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

VII - apreensão de minérios, bens e equipamentos; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

VIII - caducidade do título; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

IX - sanção restritiva de direitos. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 1º Para imposição e gradação da sanção, a autoridade competente deve observar: (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

I - a gravidade do fato, considerados os motivos da infração e suas consequências para a sociedade e para o meio ambiente; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

II - os antecedentes do infrator quanto ao cumprimento da legislação de segurança de barragens; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

III - a situação econômica do infrator, no caso de multa. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 2º Se o infrator cometer, simultaneamente, 2 (duas) ou mais infrações, devem ser aplicadas, cumulativamente, as sanções a elas cominadas. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 3º A advertência deve ser aplicada pela inobservância das disposições desta Lei e da legislação correlata em vigor, ou de regulamentos e instruções, sem prejuízo das demais sanções previstas neste artigo. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 4º A multa simples deve ser aplicada sempre que o agente, por culpa ou dolo: (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

I - deixar de sanar, no prazo assinalado pela autoridade competente, irregularidades praticadas pelas quais tenha sido advertido; ou (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

II - opuser embaraço à fiscalização da autoridade competente. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 5º A multa simples pode ser convertida em serviços socioambientais, a critério da autoridade competente, na bacia hidrográfica onde o empreendimento se localiza, sem prejuízo da responsabilidade do infrator de, independentemente da existência de culpa, reparar os danos causados. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 6º A multa diária deve ser aplicada sempre que o cometimento da infração se prolongar no tempo. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 7º A sanção indicada no inciso VI do caput deste artigo deve ser aplicada quando a instalação ou a operação da barragem não obedecer às prescrições legais, de regulamento ou de instruções das autoridades competentes. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 8º As sanções previstas nos incisos VII e VIII do caput deste artigo são aplicadas pela entidade outorgante de direitos minerários. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 9º As sanções restritivas de direito são: (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

I - suspensão de licença, de registro, de concessão, de permissão ou de autorização; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

II - cancelamento de licença, de registro, de concessão, de permissão ou de autorização; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

III - perda ou restrição de incentivos e de benefícios fiscais; (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

IV - perda ou suspensão da participação em linhas de financiamento em estabelecimentos oficiais de crédito. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

Art. 17-D. (VETADO). (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

Art. 17-E. O valor das multas de que trata este Capítulo deve ser fixado por regulamento e atualizado periodicamente, com base nos índices estabelecidos na legislação pertinente, observado o mínimo de R$ 2.000,00 (dois mil reais) e o máximo de R$ 1.000.000.000,00 (um bilhão de reais). (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

CAPÍTULO VI

DISPOSIÇÕES FINAIS E TRANSITÓRIAS

Art. 18. A barragem que não atender aos requisitos de segurança nos termos da legislação pertinente deverá ser recuperada, desativada ou descaracterizada pelo seu empreendedor, que deverá comunicar ao órgão fiscalizador as providências adotadas. (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 1º A recuperação ou a desativação da barragem deverá ser objeto de projeto específico.

§ 2º Na eventualidade de omissão ou inação do empreendedor, o órgão fiscalizador deverá informar essa situação ao órgão de proteção e defesa civil da respectiva esfera do governo, para fins de apoio por meio das ações previstas no art. 4º da Lei nº 12.340, de 1º de dezembro de 2010, e os

custos deverão ser ressarcidos pelo empreendedor, sem prejuízo da aplicação das sanções cabíveis. (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 3º São obrigatórios, para o empreendedor ou seu sucessor, o monitoramento das condições de segurança das barragens desativadas e a implantação de medidas preventivas de acidentes ou desastres até a sua completa descaracterização. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

Art. 18-A. Fica vedada a implantação de barragem de mineração cujos estudos de cenários de ruptura identifiquem a existência de comunidade na ZAS. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 1º No caso de barragem em instalação ou em operação em que seja identificada comunidade na ZAS, deverá ser feita a descaracterização da estrutura, ou o reassentamento da população e o resgate do patrimônio cultural, ou obras de reforço que garantam a estabilidade efetiva da estrutura, em decisão do poder público, ouvido o empreendedor e consideradas a anterioridade da barragem em relação à ocupação e a viabilidade técnico-financeira das alternativas. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 2º Somente se admite na ZAS a permanência de trabalhadores estritamente necessários ao desempenho das atividades de operação e manutenção da barragem ou de estruturas e equipamentos a ela associados. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

§ 3º Cabe ao poder público municipal adotar as medidas necessárias para impedir o parcelamento, o uso e a ocupação do solo urbano na ZAS, sob pena de caracterização de improbidade administrativa, nos termos da Lei nº 8.429, de 2 de junho de 1992. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

Art. 18-B. Os órgãos fiscalizadores devem criar sistema de credenciamento de pessoas físicas e jurídicas habilitadas a atestar a segurança da barragem, incluída a certificação, na forma do regulamento. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

Art. 18-C. O laudo técnico referente às causas do rompimento de barragem deve ser elaborado por peritos independentes, a expensas do empreendedor, em coordenação com o órgão fiscalizador. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

Art. 19. Os empreendedores de barragens enquadradas no parágrafo único do art. 1º terão prazo de 2 (dois) anos, contado a partir da publicação desta Lei, para submeter à aprovação dos órgãos fiscalizadores o relatório especificando as ações e o cronograma para a implantação do Plano de Segurança da Barragem.

Parágrafo único. Após o recebimento do relatório de que trata o **caput**, os órgãos fiscalizadores terão prazo de até 1 (um) ano para se pronunciarem.

Art. 20. O art. 35 da Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, passa a vigorar acrescido dos seguintes incisos XI, XII e XIII:

"Art. 35. .....

.....

XI - zelar pela implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB);

XII - estabelecer diretrizes para implementação da PNSB, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB);

XIII - apreciar o Relatório de Segurança de Barragens, fazendo, se necessário, recomendações para melhoria da segurança das obras, bem como encaminhá-lo ao Congresso Nacional." (NR)

Art. 21. O **caput** do art. 4º da Lei no 9.984, de 17 de julho de 2000, passa a vigorar acrescido dos seguintes incisos XX, XXI e XXII:

"Art. 4º .....

.....

XX - organizar, implantar e gerir o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB);

XXI - promover a articulação entre os órgãos fiscalizadores de barragens;

XXII - coordenar a elaboração do Relatório de Segurança de Barragens e encaminhá-lo, anualmente, ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), de forma consolidada.

....." (NR)

Art. 22. O descumprimento dos dispositivos desta Lei sujeita os infratores às penalidades estabelecidas na legislação pertinente.

Art. 23. Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

Brasília, 20 de setembro de 2010; 189º da Independência e 122º da República.

LUIZ INÁCIO LULA DA SILVA
Mauro Barbosa da Silva
Márcio Pereira Zimmermann
José Machado
João Reis Santana Filho