



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAPÁ
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA

LILIA GABRIELA AGUIAR FERREIRA

**AS IMPLICAÇÕES DAS USINAS HIDRELÉTRICAS NO MÉDIO ARAGUARI - AP:
MONITORAMENTO DO RESERVATÓRIO E ALTERAÇÕES NA PAISAGEM
ATRAVÉS DE SENSORES REMOTOS**

PORTO GRANDE

2024

LILIA GABRIELA AGUIAR FERREIRA

**AS IMPLICAÇÕES DAS USINAS HIDRELÉTRICAS NO MÉDIO ARAGUARI - AP:
MONITORAMENTO DO RESERVATÓRIO E ALTERAÇÕES NA PAISAGEM
ATRAVÉS DE SENSORES REMOTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso Superior de Bacharelado em Engenharia Agrônoma, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá – IFAP, Campus Agrícola Porto Grande, como requisito avaliativo para obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Me. Luan Patrick dos Santos Silva.
Coorientador: Me. Breno Henrique Pedroso Araújo.

PORTO GRANDE

2024

Biblioteca Institucional - IFAP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F383i Ferreira, Lilia Gabriela Aguiar

As implicações das Usinas Hidrelétricas no Médio Araguari – AP: monitoramento do reservatório e alterações na paisagem através de sensores remotos / Lilia Gabriela Aguiar Ferreira. – Macapá: 2024.

56 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Instituto Federal do Amapá. Campus Porto Grande, Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Agrônômica, Porto Grande, 2024.

Orientador: Me. Luan Patrick dos Santos Silva.

Coorientador: Me. Breno Henrique Pedroso Araújo.


1. Mapeamento. 2. Impacto Ambiental. 3. Geoprocessamento. I. Título.

LILIA GABRIELA AGUIAR FERREIRA

AS IMPLICAÇÕES DAS USINAS HIDRELÉTRICAS NO MÉDIO ARAGUARI - AP:
MONITORAMENTO DO RESERVATÓRIO E ALTERAÇÕES NA PAISAGEM ATRAVÉS
DE SENSORES REMOTOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso Superior de Bacharelado em Engenharia Agrônoma, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá – IFAP, Campus Agrícola Porto Grande, como requisito avaliativo para obtenção do título de Engenheira Agrônoma.


Orientador: Me. Luan Patrick dos Santos Silva.
Coorientador: Me. Breno Henrique Pedroso Araújo.

Documento assinado digitalmente
 **LUAN PATRICK DOS SANTOS SILVA**
Data: 04/06/2024 16:24:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Luan Patrick dos Santos Silva (Orientador)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá - Campus Porto Grande


Documento assinado digitalmente
 **BRENO HENRIQUE PEDROSO DE ARAUJO**
Data: 09/05/2024 20:15:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Breno Henrique Pedroso Araújo (Coorientador)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá - Campus Porto Grande


Profª. Dr. Osvaldo Campelo de Mello Vasconcelos (Examinador interno)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá - Campus Macapá

Documento assinado digitalmente
 **OSVALDO CAMPELO DE MELLO VASCONCELOS**
Data: 10/05/2024 13:12:24-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Msc. Ingrid Pena da Luz (Examinadora Externa)

Coordenadora Florestal - Jari Celulose

Documento assinado digitalmente
 **INGRID PENA DA LUZ**
Data: 09/05/2024 21:44:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Apresentado em: 25/03/2024

Conceito/Nota: APROVADA/9,1

Ao meu filho, Pietro.

À minha grande amiga, Romilda Maria.

À minha mãe, Maria Paula e irmãos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter sido meu refúgio e minha fortaleza ao longo da minha vida e por tudo que ainda irá me dar daqui em diante.

Agradeço especialmente à minha mãe, Maria Paula, que ao longo da minha vida sempre acreditou, apoiou e contribuiu incondicionalmente para que eu conduzisse o caminho que trilhei até aqui.

À minha querida irmã Márcia Eduarda, que sempre esteve ao meu lado, que me incentivou e me apoiou para que eu me mantivesse forte e corajosa nessa jornada. Aos meus irmãos Maicon e Ronald por tudo que são e o que representam na minha infância, adolescência e juventude, amo vocês.

Ao meu filho, Pietro que, mesmo sem ter por minha parte toda a atenção e dedicação que merece por causa das horas dedicadas à vida acadêmica, esteve sempre florescendo, alegrando e iluminando a minha vida me enchendo felicidade e esperança a ele dedico tudo que existe em minha vida, sendo ele a razão de tudo.

À querida Dona Romilda (*in memoriam*), por ser a melhor sogra do mundo, com seu acolhimento afetuoso e ensinamentos espontâneos, que me mostrou sempre o verdadeiro caminho de amor e de perseverança. Saudades!

À dona Lúcia e Carlos que sempre me acompanhavam, faça chuva ou faça sol, dia e noite sendo meus companheiros de estrada e estudos.

Aos amigos que fiz durante o curso principalmente, Mauricio Nunes, Alexia Maciel, Amanda Stefanne, Loyse Nascimento, Iana Nogueira, Steffane Magalhães, Charles Baia e Deryk Woryk, pelas alegrias, risadas, confusões e conselhos compartilhados ao longo dos anos.

Ao meu orientador Luan Patrick por acreditar em minha capacidade, pela orientação e amizade na realização desse trabalho e pela nova visão como pesquisadora na área.

Ao meu Coorientador Breno Henrique por todo suporte, orientação e apoio para o desenvolvimento dessa pesquisa.

Agradeço também a todos os professores que me acompanharam durante a graduação e que de alguma forma fizeram a diferença nessa caminhada, em especial às Prof.^{as} Josiane Gonçalves, Fabrícia Kelly Cabral, Ana Maria Guimarães e Flaviana Gonçalves que sempre me incentivaram e são exemplos do que quero ser enquanto profissional.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá - Campus Porto Grande, por ofertar o curso e a oportunidade.

“A verdadeira viagem do descobrimento não consiste em procurar novas paisagens, mas em ver com novos olhos”

(Marcel Proust).

“Espere no Senhor. Seja forte! Coragem!”

(Salmos 27:14).

“Minha vida é andar

Por esse país

Para ver se um dia

Descanso feliz

Guardando as recordações

Das terras por onde passei

Andando pelos sertões

E dos amigos que lá deixei”

(Luiz Gonzaga).

RESUMO

A demanda crescente por energia elétrica no Brasil impulsionou investimentos em usinas hidrelétricas, tornando o país um dos maiores produtores dessa energia, no entanto, a construção desses empreendimentos na Amazônia acarreta impactos significativos. Este estudo objetivou mapear as principais alterações na paisagem do médio Araguari-AP derivadas da construção das Usinas Hidrelétricas (UHEs). A área de estudo abrangeu os municípios de Ferreira Gomes e Porto Grande, situados no estado do Amapá, Brasil. Araguari. Foram utilizadas 2 imagens do satélite Landsat 5, sensor *Thematic Mapper* (TM) e 2 imagens do satélite Landsat 8, sensor *Operational Land Imager* (OLI), referente aos anos de 1998 e 2017. As imagens foram co-registradas, segmentadas e classificadas utilizando o classificador de Bhattacharya. A acurácia do mapeamento foi avaliada por meio de técnicas de validação (plugin *AcATaMa*), gerando mapas temáticos representando as principais mudanças na paisagem. Constatou-se que na região do médio Araguari-AP, abrangendo Ferreira Gomes e Porto Grande, houve um aumento expressivo na cobertura de água, passando de 5,91% em 1998 para 12,8% em 2017, o que representa 32,657 km² de áreas possivelmente inundadas para a construção das UHEs. Além disso, observou-se uma expansão das áreas antropizadas, que passaram de 6,82% em 1998 para 9,57% em 2017. Houve também uma redução significativa na cobertura florestal, de 55,7% em 1998 para 55,06% em 2017, o que corresponde a uma diminuição de 100,024 km². Detectou-se ainda o surgimento de novas áreas alagadas, abrangendo aproximadamente 1,28% da área total investigada em 2017. Esses dados ressaltam a urgência de uma gestão ambiental eficiente para mitigar os impactos das UHEs na região.

Palavras-chave: mapeamento; impacto ambiental; geoprocessamento; Amazônia.

ABSTRACT

The increasing demand for electrical energy in Brazil has driven investments in hydroelectric power plants, making the country one of the largest producers of this energy. However, the construction of these projects in the Amazon entails significant impacts. This study aimed to map the main changes in the landscape of the middle Araguari-AP resulting from the construction of Hydroelectric Power Plants (UHEs). The study area encompassed the municipalities of Ferreira Gomes and Porto Grande, located in the state of Amapá, Brazil. Two images from the Landsat 5 satellite, *Thematic Mapper* (TM) sensor, and two images from the Landsat 8 satellite, *Operational Land Imager* (OLI) sensor, were used for the years 1998 and 2017. The images were co-registered, segmented, and classified using the Bhattacharya classifier. The accuracy of the mapping was evaluated through validation techniques (*AcATaMa* plugin), generating thematic maps representing the main changes in the landscape. It was found that in the middle Araguari-AP region, covering Ferreira Gomes and Porto Grande, there was a significant increase in water coverage, from 5.91% in 1998 to 12.8% in 2017, representing 32,657 km² of potentially flooded areas for the construction of HPPs. Additionally, there was an expansion of anthropized areas, increasing from 6.82% in 1998 to 9.57% in 2017. There was also a significant reduction in forest coverage, from 55.7% in 1998 to 55.06% in 2017, corresponding to a decrease of 100,024 km². The emergence of new flooded areas was also detected, covering approximately 1.28% of the total area investigated in 2017. These data highlight the urgency of efficient environmental management to mitigate the impacts of UHEs in the region.

Keywords: mapping; environmental impact; geoprocessing; Amazon.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução da oferta de energia	21
Figura 2 - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari – AP	24
Figura 3 - Mapa de localização da área de estudo	33
Figura 4 - Mapa de classificação e quantificação da cobertura de terra do ano de 1998	37
Figura 5 - Mapa de classificação e quantificação da cobertura de terra do ano de 2017	38

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Chave de interpretação do satélite Landsat 5 do ano de 1998	30
Quadro 2 - Chave de interpretação do satélite Landsat 7 do ano de 2017	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características Sensores Landsat	28
Tabela 2 - Composição percentual das classes de cobertura de terra no período de estudo	38

LISTA DE SIGLAS

AP	Amapá
UHEs	Usinas Hidrelétricas
MME	Ministério de Minas e Energia
UHECN	Usina Hidrelétrica Coaracy Nunes
UHEFG	Usina Hidrelétrica de Ferreira Gomes
UHECC	Usina Hidrelétrica de Cachoeira Caldeirão
UHESAJ	Usina Hidrelétrica de Santo Antônio do Jari
Mw	Megawatts
Kw	Quilowatts
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ELETRORAS	Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
PARNA	Parque Nacional
RADAMBRASIL	RADar na AMazônia
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Km	Quilômetros
Km ²	Quilômetros quadrados
TM	Thematic Mapper
OLI	Operational Land Imager
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
USGS	Serviço Geológico dos Estados Unidos
GLOVIS	Global Visualization Viewer
TIFF	Tag Image File Format
QGIS	Quantum GIS
SPRING	Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas
SIG	Sistema de Informação Geográfica
AcATaMa	Accuracy Assessment of Thematic Maps
SMBByC	Monitoramento de Florestas e Sistemas de Carbono
APP	Área de Proteção Permanente

CONAMA

Conselho Nacional do Meio Ambiente

IMAP

Instituto de Meio Ambiente

AMCEL

Amapá Florestal Celulose S.A.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	OBJETIVOS	19
2.1	Objetivo Geral	19
2.2	Objetivos Específicos	19
3	REVISÃO DE LITERATURA	20
3.1	Produção de energia no Brasil	20
3.2	Usinas hidrelétricas na Amazônia	21
3.3	Os impactos das usinas hidrelétricas	22
3.4	Barragens e reservatórios	22
3.5	Bacia do rio Araguari	23
3.6	Sensoriamento remoto em estudos sobre hidrelétricas	25
4	METODOLOGIA	27
4.1	Área de estudo	27
4.2	Abordagem metodológica do sensoriamento remoto	28
4.2.1	Escolha das imagens	28
4.2.2	Co-registro	30
4.2.3	Seleção das bandas, elaboração das chaves de interpretação	30
4.2.4	Segmentação	33
4.2.5	Classificação	34
4.2.6	Acurácia do mapeamento	34
4.2.7	Geração dos mapas temáticos	35
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
	REFERÊNCIAS	46
	APÊNDICE A - MATRIZES DE CONFUSÃO DOS MAPEAMENTOS	54

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a demanda por energia elétrica vem crescendo significativamente desde a década de 1970, impulsionada pelo desenvolvimento econômico e pelo aumento da população (Berman, 2003). Isso levou muitos governos a buscarem fontes de energia renováveis e mais acessíveis para atender a essa demanda crescente. Nesse contexto, a construção de usinas hidrelétricas (UHEs) foi uma das alternativas mais populares adotadas pelo governo brasileiro (MME, 2007).

Os fatores que tornam o Brasil um dos maiores produtores de energia hidrelétrica do mundo são: as vazões dos rios, a topografia, a disponibilidade de água em diversos períodos do ano, as alterações antrópicas, ou naturais, como as quedas de água criadas artificialmente ou naturais (Simões, 2021). Outro fator importante é a existência de tecnologias avançadas e empresas especializadas na construção de usinas hidrelétricas no Brasil, o que possibilita a construção de grandes empreendimentos hidrelétricos com alta eficiência e baixo custo em locais remotos (Ruth, 2010).

Durante a fase de implantação destes empreendimentos muitas transformações socioeconômicas e ambientais ocorrem e, por vezes, extrapolam a região onde estão localizados (Neto *et al.*, 2021). A construção de usinas hidrelétricas (UHEs) é uma das ações antrópicas que mais afetam negativamente a natureza e a sociedade, embora sejam conhecidas como fontes renováveis e limpas de produção de energia, são responsáveis pelo desvio e alteração do curso de rios, por inundações de áreas de floresta nativa, perda de *hábitats*, dentre outros impactos no ecossistema e na biodiversidade (FONSECA, 2013; QUEIROZ *et al.*, 2013).

Muitos dos impactos positivos das usinas hidrelétricas (UHEs) geralmente são percebidos nos centros urbanos em desenvolvimento, em contrapartida, as populações dependentes de rios, frequentemente experimentam perturbações em seus meios de subsistência, perda de segurança alimentar e outros impactos em suas atividades cotidianas (RICHTER *et al.*, 2010). Estudos também demonstram que os impactos adversos das UHEs normalmente superam os benefícios para as pessoas que vivem próximas, resultando na redução de suas rendas, saída de seus locais de origem e fragilidade nos meios de subsistência (LOPES; BRITO, 2021).

Pacheco *et al.* (2019), que realizou uma revisão sistemática dos impactos sociais e ambientais das usinas hidrelétricas na Amazônia, seu estudo destacou os desafios enfrentados pelas comunidades afetadas e ressaltou a necessidade de considerar cuidadosamente os

impactos negativos em termos de subsistência, segurança alimentar e bem-estar dessas populações. Além disso, Souza *et al.* (2018) conduziram uma avaliação dos impactos sociais causados pelas usinas hidrelétricas no Brasil, evidenciando os efeitos negativos sobre as comunidades locais. Ferreira *et al.* (2016) realizaram uma revisão dos impactos das usinas hidrelétricas na fauna de peixes, destacando as consequências para a biodiversidade aquática. neste contexto, a avaliação de impacto ambiental pode incorporar o máximo de informações possíveis nas pesquisas antes, durante ou após a instalação sobre projetos que possam causar danos ambientais futuros. De acordo com Rocha (2020), os impactos ambientais referem-se às alterações trazidas ao meio ambiente em decorrência das atividades antrópicas, que ao mesmo tempo, podem afetar a sociedade, a biodiversidade, as condições ambientais e a qualidade dos recursos ambientais disponíveis localmente.

A utilização de imagens orbitais para identificar impactos ambientais causados pela água de represas para fins de geração de energia é uma técnica que pode gerar informações relevantes para os órgãos de gestão ambiental controlarem melhor os impactos ambientais (GOMES *et al.*, 2021), assim, o uso de técnicas de processamento de imagens orbitais como a classificação supervisionada oferece vantagens significativas para ajudar a monitorar posteriormente a progressão desse impacto ambiental sobre o meio ambiente.

De acordo com Gomes *et al.* (2009), os produtos derivados do sensoriamento remoto são recursos tecnológicos avançados utilizados no monitoramento ambiental, eles desempenham um papel crucial ao possibilitar uma análise quantitativa das transformações na paisagem resultantes dos diversos padrões de uso e ocupação da terra, tanto em escalas locais como globais, Rodrigues *et al.* (2016) comprova em seus estudos que as imagens de satélite possuem atributos capazes de avaliar a variabilidade espectral da superfície da água. Do mesmo modo Grigio (2003), ressalta que utilizando técnicas e produtos de sensoriamento remoto, é possível estudar a evolução ambiental de regiões específicas por meio de análises multitemporais que levam em consideração o início dos processos humanos. O autor também destaca que o sensoriamento remoto, baseado na análise de imagens de satélite, é o meio atual para acelerar e reduzir o custo do mapeamento, além de captar mudanças no ambiente. As imagens de satélite combinadas com técnicas de processamento produzem, assim, informações abrangentes e precisas sobre o desenvolvimento da superfície terrestre e contribuem de forma adequada para a gestão ambiental (MENESES; ALMEIDA, 2012).

Atualmente o estado do Amapá conta com quatro usinas hidrelétricas, Usina Hidrelétrica Coaracy Nunes (UHECN), Usina Hidrelétrica de Ferreira Gomes (UHEFG), Usina Hidrelétrica de Cachoeira Caldeirão (UHECC) e Usina Hidrelétrica de Santo Antônio

do Jari (UHESAJ). As três primeiras estão localizadas ao longo do rio Araguari, enquanto a última encontra-se no rio Jari, sendo que estas produzem aproximadamente 922 MW, essenciais para a interligação da matriz produtiva energética do Amapá ao Sistema Interligado Nacional (CORRÊA; PORTO, 2017; SILVA; LIMA; SILVA, 2016).

A implantação desses projetos na região amazônica tem como objetivo aproveitar as variações pluviométricas e garantir uma gestão integrada das hidrelétricas para aumentar a disponibilidade de energia. A interligação das usinas contribui para suprir áreas com déficit hídrico ao fornecer energia de regiões com excedente de água, no entanto, a expansão dessas usinas gera preocupações quanto aos impactos ambientais a curto e longo prazo.

Nesse sentido, o monitoramento dos impactos ambientais das inundações provocadas pelas barragens das usinas hidrelétricas é de extrema relevância para o desenvolvimento de estratégias de gestão ambiental mais eficazes e inclusivas. Com isso, o presente estudo busca responder a seguinte problemática: Como as mudanças na dinâmica de uso e cobertura da terra, especialmente nas áreas inundadas pelos reservatórios das UHE, têm impactado a paisagem local e influenciado as atividades humanas na região afetada?

É perceptível a mudança na paisagem local após a instalação dos empreendimentos, principalmente no que diz respeito às áreas que foram inundadas devido aos reservatórios das UHE, sendo esse, o principal fator de mudança na dinâmica de uso e cobertura da terra na região impactada, levando pessoas a mudarem suas residências bem como suas áreas de plantio e demais forças motrizes para o desmatamento e demais alterações na paisagem. Portanto, a relevância do presente estudo está na compreensão das formas de uso e cobertura da terra baseado em dados orbitais multitemporais e aplicação de técnicas de processamento digital de imagens, bem como a análise das principais mudanças ocorridas devido à inundação provocada pelos empreendimentos hidrelétricos.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Realizar o mapeamento das principais alterações na paisagem do médio Araguari-AP derivados da construção das Usinas Hidrelétricas (UHEs).

2.2 Específicos

- Verificar por meio de imagens orbitais a área afetada pelo reservatório das hidrelétricas;
- Identificar as diferentes formas de uso e cobertura na região;
- Apontar e quantificar as principais mudanças ocorridas na paisagem;
- Elaborar mapas temáticos das classes mapeadas.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Produção de energia no Brasil

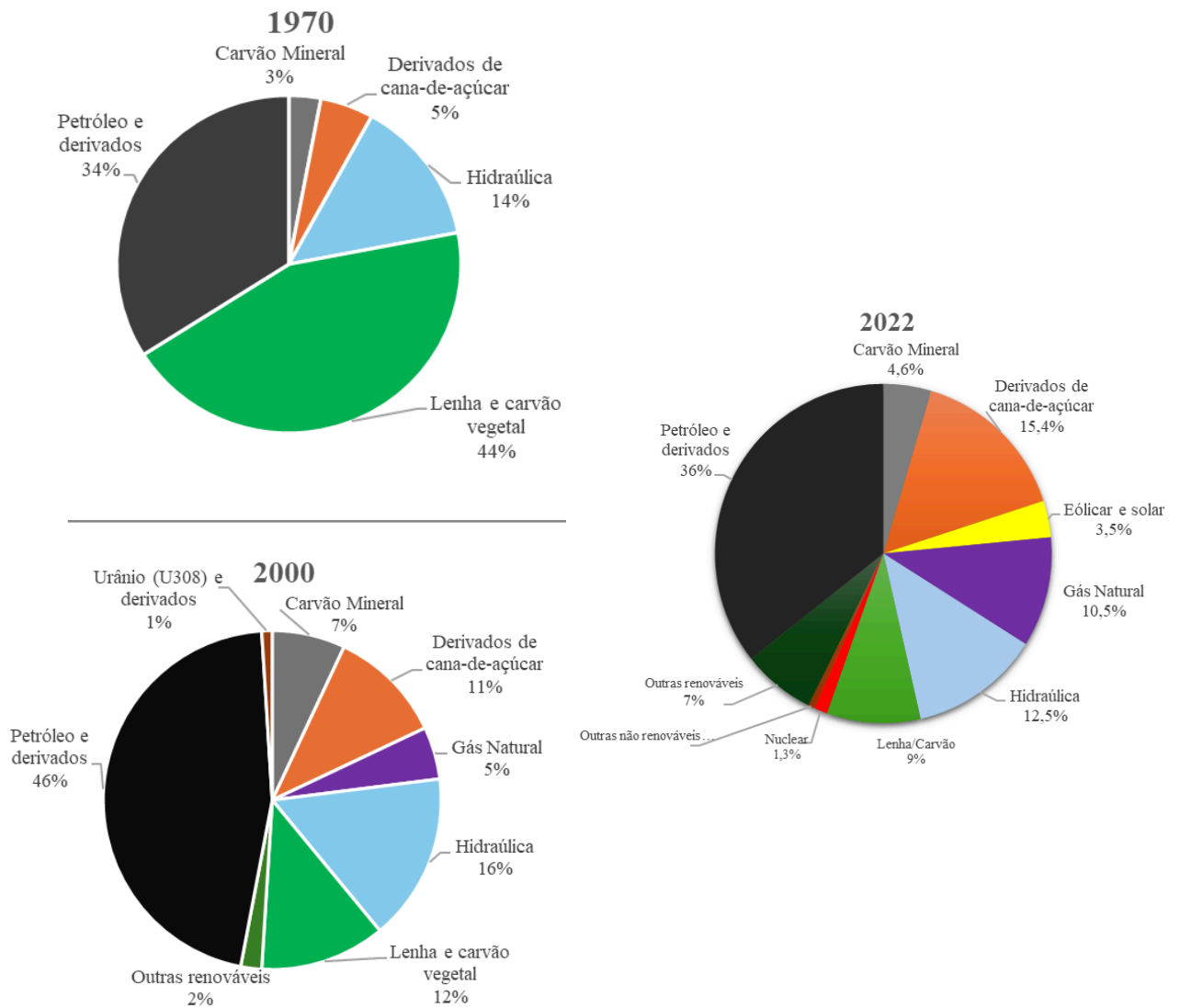
Desde o início da Revolução Industrial, a competitividade econômica das nações e o bem-estar de seus habitantes foram fortemente influenciados pela energia, em um contexto global e diante do crescente foco na preservação ambiental, essa influência se tornou cada vez mais crucial. De acordo com Biato *et al.* (2016) as economias que conseguem garantir acesso a fontes energéticas de baixo custo e de menor impacto ambiental desfrutam de vantagens comparativas significativas.

Para o Brasil, nas próximas décadas, essa questão surgiu como um desafio e uma oportunidade simultaneamente (Figura 1). Um desafio, pois o crescimento econômico e social exigirá uma quantidade substancial de energia, demandando um alto nível de segurança e sustentabilidade energética (Mariani *et al.*, 2016). Por outro lado, uma oportunidade, pois o Brasil possui recursos energéticos renováveis excepcionais, pela segurança temporal no provimento de energia em função da formação de um reservatório e a tecnologia necessária para aproveitar suas riquezas naturais (MORETTO *et al.*, 2012).

De acordo com dados do Ministério de Minas e Energia (MME, 2024), o Brasil é um dos maiores produtores e consumidores de energia do mundo, dentre as diversas fontes de energia utilizadas, as usinas hidrelétricas representam 63,89% da capacidade total instalada do país, estimada em 164,03 mil quilowatts (kW) e se destacam como uma importante fonte de geração de energia elétrica no país (Zanatta; Maciel, 2020). A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2020) destaca através do seu Banco de Informações de Geração que os 1.341 empreendimentos de geração hidráulica instalados no país têm capacidade de gerar 108,46 mil kW demonstrando que o Brasil possui um grande potencial hidrelétrico.

Figura 1 - Evolução da oferta de energia

Brasil – 1970-2022



Fonte: EPE (2023).

3.2 Usinas hidrelétricas na Amazônia

O bioma amazônico abrange a maior extensão de floresta tropical úmida e a maior bacia hidrográfica da Terra (Li *et al.*, 2020; Xavier *et al.*, 2022). Ocupa uma área aproximada de 5,5 milhões de quilômetros quadrados, onde engloba os estados do Pará, Amapá, Acre, Amazonas, Maranhão, Goiás, Mato Grosso, Roraima e Rondônia (Embrapa, 2024).

A região amazônica abriga uma grande quantidade de recursos hídricos, o que torna essa região estratégica para a implantação de usinas hidrelétricas. De acordo com Oliveira *et al.* (2018), apresentam um grande potencial para a geração de energia hidrelétrica, devido à disponibilidade de rios e à topografia favorável. Porém, Miranda e Rodrigues (2020) afirmam que a construção de usinas hidrelétricas na Amazônia também traz consigo diversos desafios

e impactos socioambientais. Esses impactos são advindos do fato que a maior parte do potencial hidrelétrico da região vem de onde se localizam as maiores áreas de terras protegidas, sendo as UHEs planejadas próximas ou dentro destes limites.

3.3 Os impactos das usinas hidrelétricas

A construção e operação de usinas hidrelétricas podem gerar diversos impactos ambientais significativos. Um dos principais impactos está relacionado à alteração do ambiente fluvial e terrestre. A formação de reservatórios pode inundar grandes áreas de floresta, levando à perda de biodiversidade e habitat para espécies nativas (Fearnside, 2006). Além disso, a modificação do curso dos rios pode afetar o transporte de sedimentos, a migração de peixes e a qualidade da água (Rosa *et al.*, 2019).

Outro impacto relevante diz respeito às comunidades humanas que vivem nas áreas afetadas. O deslocamento forçado de populações locais devido à inundação de suas terras pode resultar em perda de meios de subsistência, perturbações socioeconômicas e perda de patrimônio cultural (Souza *et al.*, 2017). Além disso, a construção de barragens pode afetar negativamente as atividades pesqueiras, agrícolas e turísticas das comunidades ribeirinhas (Garcia, 2020).

Do ponto de vista econômico, embora as usinas hidrelétricas forneçam uma fonte de energia renovável e relativamente barata, os custos associados à construção e manutenção das barragens podem ser elevados. Além disso, a variabilidade climática e a sazonalidade dos rios podem afetar a geração de energia, tornando-a menos confiável em períodos de seca (Hall *et al.*, 2015).

3.4 Barragens e reservatórios

Conforme a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA (2024) barragens são as estruturas físicas que represam um curso de água. Por sua vez, o reservatório é o acúmulo de água resultante da construção da barragem, destinado a múltiplas finalidades, como fornecimento de água potável, atividades recreativas, regulação de vazão, irrigação, geração de energia elétrica dentre outras (Machado *et al.*, 2018). De acordo com Silva (2016) essas estruturas desempenham um papel crucial na gestão dos recursos hídricos e possuem ampla aplicabilidade em diversos setores, contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico das regiões onde são implantadas.

No entanto, em aspectos hídricos, destaca-se que a principal incumbência de uma barragem é a formação de um reservatório de água, resultando na configuração de uma área próxima à barragem que assemelha-se a um lago, no que diz respeito à utilização do reservatório, esta é multifacetada.

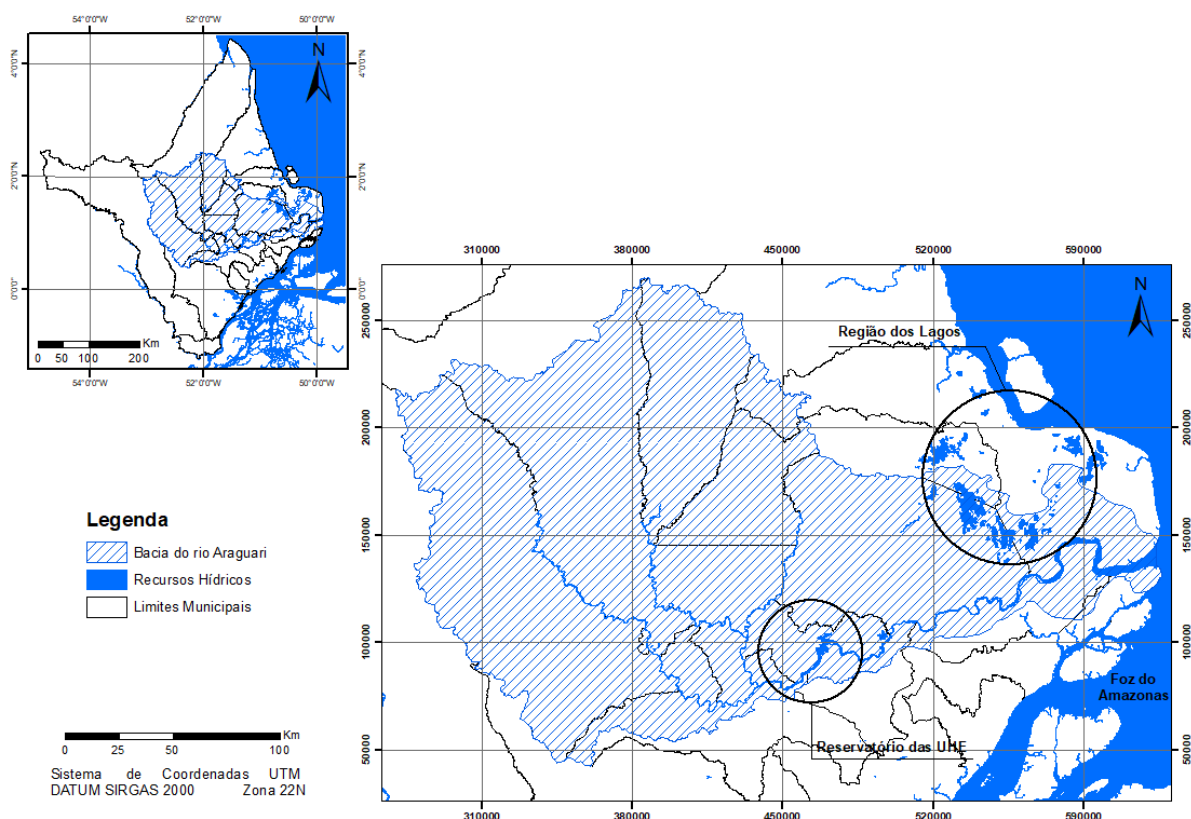
3.5 Bacia do rio Araguari

A região de lagos no Amapá abrange uma área extensa e diversificada dentro do estado, localizada principalmente na porção leste do Amapá, próxima ao Oceano Atlântico. É localizada na região centro-leste do Amapá, sua área é de aproximadamente 22 mil km² da Reserva Biológica do Lago Piratuba e compreende os municípios de Amapá, Pracuúba e Tartarugalzinho, ela inclui uma série de lagos, lagoas e áreas alagadas que se estendem por uma paisagem variada, composta principalmente por floresta tropical e savanas inundáveis (Figura 2). Alguns municípios próximos à região de lagos Amapá, Pracuúba e Tartarugalzinho, além de outras áreas observadas nos municípios de Itaubal do Pírim, Cutias do Araguari, Macapá (Curiaú, Gurijuba e Bailique), Mazagão, Santana (região do Igarapé do Lago), Laranjal do Jari e Vitória do Jari (Meirelles; Mochiutti, 2000).

A importância da região de lagos para o Rio Araguari é significativa, os lagos atuam como reservatórios naturais, armazenando água durante a estação chuvosa e liberando-a gradualmente durante a estação seca, tal processo contribui para regular o fluxo do Rio Araguari ao longo do ano, mantendo os níveis de água adequados para a fauna e flora aquáticas (Amanajás *et al*, 2008). Esses corpos d'água também desempenham um papel crucial na retenção de sedimentos e na filtragem de poluentes, ajudando a manter a qualidade da água do rio e a saúde do ecossistema aquático, além disso, os lagos fornecem habitats importantes para uma variedade de espécies de peixes, aves aquáticas e outros organismos, enriquecendo a biodiversidade do rio Araguari e de toda a região.

Um dos principais rios do estado é o rio Araguari (Figura 2), apresentando aproximadamente 617 km de extensão, nasce na Serra da Lombada, no Parque Nacional (PARNA) Montanhas do Tumucumaque, e deságua no Oceano Atlântico, ligeiramente ao norte da foz do rio Amazonas. Pode ser dividido em alto Araguari, médio Araguari e baixo Araguari. Esta divisão do rio baseia-se nas cotas altimétricas, onde o alto rio vai até a cota de cem metros, o médio rio vai até a cota de vinte e cinco metros e o baixo rio vai da cota de vinte e cinco metros até a foz do rio Araguari.

Figura 2 - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari – AP



Fonte: IBGE (2019).

RADAMBRASIL (1974) descreve que a região do alto rio Araguari é caracterizada por sua vegetação de floresta de terra firme e sua geologia composta por granito-gnaiss e migmatito. Segundo CUNHA *et al.* (2013), o rio Falsino e rio Amapari, um dos principais afluentes do rio Araguari, contribui para o fornecimento de água nessas áreas, sendo que a presença de matéria orgânica nos solos do Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque resulta na coloração escura das águas do alto rio Araguari.

No trecho médio do rio Araguari, que passa pelo município de Porto Grande, encontram-se outros afluentes significativos, como os rios Amapari e Falsino. De acordo com RADAMBRASIL (1974) e ESPÍRITO SANTO *et al.* (2017), esses rios atravessam as localidades de Serra do Navio e Pedra Branca do Amapari antes de se unirem ao rio Araguari. Além disso, a região é conhecida por suas atividades de extração de seixos e areia e apresenta uma geologia composta por granodiorito, diorito e quartzo-diorito.

Destaca-se que o trecho médio do rio Araguari abriga três usinas hidrelétricas de grande importância: Cachoeira Caldeirão em atividades desde 2014, Coaracy Nunes inaugurada na década de 1970; e Ferreira Gomes em atividade desde maio de 2016.

O trecho do baixo rio Araguari tem seu início no município de Ferreira Gomes, onde se destaca a presença da planície sedimentar do quaternário, conforme descrito por RADAMBRASIL (1974). Essa região é caracterizada pela geologia composta por sedimentos não consolidados e arenitos do grupo barreiras, o que resulta em uma mudança na coloração do rio de preto para barrento, de acordo com Silveira *et al.* (2006). Além das características mencionadas, o rio Araguari também se destaca pelo transporte significativo de sedimentos carregados pelas águas, o que contribui para a sua turbidez e influência na dinâmica fluvial da região, também é comum encontrar pequenas ilhas ao longo do leito do rio, que podem desempenhar um papel importante na hidrologia local, oferecendo habitats distintos e influenciando a distribuição da vegetação e da fauna aquática (BELÉM; CABRAL, 2020).

A bacia do rio Araguari é a bacia mais importante do estado do Amapá com 42.700 km² de área de drenagem (CUNHA *et al.*, 2011) é a segunda maior bacia, precedida apenas pela bacia do rio Amazonas.

Nas proximidades do reservatório estão estabelecidas inúmeras comunidades ribeirinhas (Alto Araguari, Baixo Araguari, Triunfo, Paredão e Caldeirão), além de várias propriedades particulares, como fazendas com atividades agropecuárias e propriedades destinadas a atividades de lazer e recreação. Essas comunidades ribeirinhas têm suas subsistências baseadas no extrativismo, sobretudo da castanha da Amazônia, angelim, acapu, andiroba, aquariquara, cupiúba, maçaranduba e quaruba (PLANO DIRETOR DE FERREIRA GOMES, 2013) da agricultura de subsistência e da pesca para o sustento familiar (BRITO; DRUMMOND, 2022; OLIVEIRA, 2012).

3.6 Sensoriamento remoto em estudos sobre hidrelétricas

O sensoriamento remoto compreende um conjunto de procedimentos que viabilizam a obtenção de dados dos elementos presentes na superfície terrestre sem a necessidade de interação direta com eles, esses procedimentos incluem a detecção, a captura e a análise da energia eletromagnética emitida ou refletida pelos objetos do terreno, os quais são registrados por dispositivos remotos, essa técnica permite a interpretação e a extração de informações importantes para diversas aplicações (Moraes, 2002).

O sensoriamento remoto desempenha um papel fundamental em estudos sobre hidrelétricas, permitindo a análise abrangente e precisa dos impactos ambientais desses empreendimentos. Por meio de tecnologias como imagens de satélite, drones e radares, os pesquisadores monitoram e avaliam uma variedade de variáveis, desde mudanças na cobertura

do solo até o comportamento dos corpos d'água, tais estudos são essenciais para compreender os efeitos das hidrelétricas no meio ambiente e nas comunidades locais.

As técnicas de classificação de imagens são fundamentais para a interpretação de dados de sensoriamento remoto em estudos sobre hidrelétricas, pois permitem a identificação de mudanças na cobertura do solo e na vegetação ao redor das barragens (Lu e Weng, 2007).

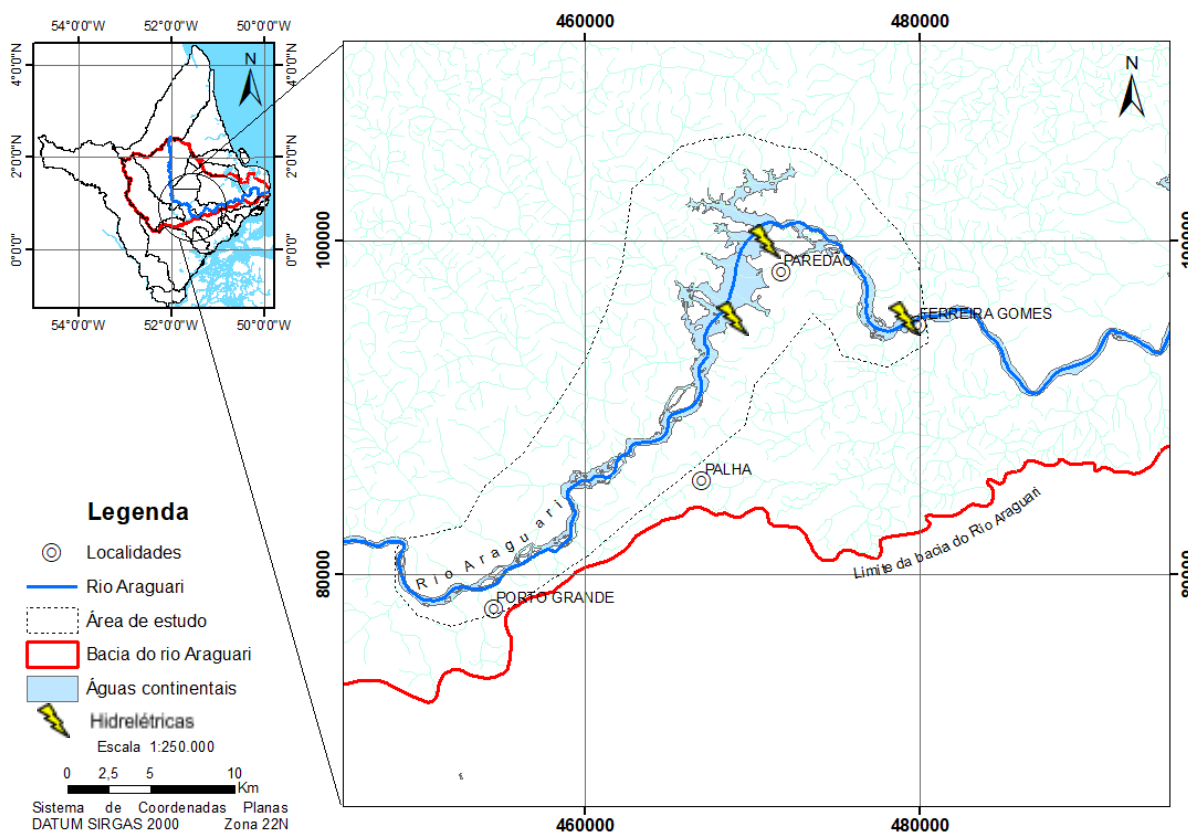
Zhou e Wu (2018) destacam os impactos das grandes barragens na sedimentação fluvial, o que pode afetar significativamente a dinâmica dos rios e a qualidade da água em áreas abaixo das hidrelétricas. As pesquisas de Alho *et al.* (2012) e Marcé *et al.* (2012) abordam os impactos dos grandes reservatórios na dispersão de organismos aquáticos e na transparência da água, respectivamente, permitindo entender os efeitos das hidrelétricas nos ecossistemas aquáticos e na biodiversidade.

Além disso, a revisão de Li *et al.* (2015) destaca o papel do sensoriamento remoto na avaliação das mudanças no uso da terra e na cobertura vegetal ao redor das hidrelétricas, a percepção e avaliação dessas mudanças são fundamentais para avaliar os impactos das barragens no ambiente circundante.

4 METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

Figura 3 - Mapa de localização da área de estudo



Fonte: IBGE (2019).

O município de Ferreira Gomes está localizado a cerca de 137 quilômetros do município de Macapá, com limites ao norte do município de Pracuúba, a oeste com Porto Grande, a leste com Tartarugalzinho e Cutias do Araguari, região sul com Macapá e a noroeste a Serra do Navio. Possui uma população estimada de aproximadamente 8.151 habitantes segundo o IBGE (2021), em uma área territorial que corresponde a 4.973,85 km² – o que representa 0,059% do território brasileiro e 3,53% do território do Estado do Amapá (PLANO DIRETOR DE FERREIRA GOMES, 2013).

O município de Porto Grande está localizado a cerca de 108 quilômetros da capital Macapá, com limites ao norte do município de Ferreira Gomes, a oeste com Porto Grande, a leste com Ferreira Gomes, ao sul Macapá, Mazagão e Santana e a oeste com Pedra Branca do Amapari. Possui uma extensão territorial de 4.428,013 km², correspondendo a

aproximadamente 3,08% do território do estado do Amapá e 0,051% do território brasileiro, tendo sua população estimada em 22.927 habitantes (IBGE, 2022; PLANO DIRETOR PORTO GRANDE, 2013).

Considerando a classificação de Köppen, o clima da região é equatorial quente com três meses de estação seca (IBGE, 2017). Em relação ao clima, o município de Porto Grande apresenta um clima predominante equatorial super-úmido (Am), conforme a Classificação climática de Köppen-Geiger (ECOTUMUCUMAQUE, 2010). Segundo Oliveira *et al.* (2010), um aspecto importante é que a determinação das condições climáticas locais é influenciada por vários fatores, sendo a precipitação um dos elementos-chave a ser considerado, durante o período chuvoso, que abrange os meses de dezembro a maio, é observada uma concentração de aproximadamente 70% da precipitação anual. Por outro lado, nos meses de estiagem, que ocorrem de junho a novembro, a quantidade de precipitação reduz, representando cerca de 30% do total anual.

4.2 Abordagem metodológica do sensoriamento remoto

4.2.1 Escolha das imagens

Para a seleção das imagens foi levado em consideração dois critérios: i) acontecimentos históricos no desenvolvimento e operação das usinas nos últimos 30 anos; e ii) cobertura de nuvens das imagens de satélites menor que 20%. A partir dos critérios apresentados acima foram escolhidas cenas da órbita ponto 225/69 dos satélites Landsat 5 de 1998 e Landsat 8 de 2017, dos sensores *Thematic Mapper* (TM) e *Operational Land Imager* (OLI) Tabela 1.

Tabela 1 - Características Sensores Landsat

	Sensor	Bandas Espectrais	Res. Espectral	Res. Espacial	Res. Temporal	Res. Radiométrica	Faixa Imageada
Landsat 5	TM	7 Bandas	0,45 a 2,35 μm	30m a 120 m (banda 6)	16 dias	8 bits	185 km
Landsat 8	OLI	8 bandas	0,43 a 1,39 μm	15m (banda 8) a 30m	16 dias	12 bits	185 km

Fonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (2023).

A utilização de imagens de satélite como fonte de informações sobre o uso e cobertura do solo requereu atenção aos erros associados à obtenção dos dados pelos sensores. Segundo

Zanotta *et al.* (2019), esses erros são conhecidos como distorções radiométricas e são variações nos valores dos pixels das imagens de sensoriamento remoto. Essas variações podem ocorrer devido a diferentes fatores, como imperfeições nos sensores utilizados na captura das imagens e interferência atmosférica na propagação da radiação.

Ao realizar análises multitemporais com imagens obtidas em datas diferentes, é importante considerar as variações nas condições atmosféricas e de iluminação (NASCIMENTO; SANO, 2010), para este estudo foram utilizadas imagens de satélite com 20% de cobertura de nuvens que pertencem a coleção 2, nível 1, e adquiridas com correções atmosféricas, incluindo correções de superfície.

As datas selecionadas para este estudo foram estrategicamente escolhidas, considerando aspectos temporais relevantes. A primeira data, referente ao ano de 1998, corresponde a um período anterior ao início das obras para a construção das barragem UHE Cachoeira Caldeirão (2013-2016) e Ferreira Gomes Energia (2011-2014). Já a segunda data, em 2017, é posterior em aproximadamente 1 e 3 anos respectivamente após a inauguração das usinas hidrelétricas.

A diferença temporal entre as duas datas é significativa, abrangendo um intervalo de quase duas décadas. Essa escolha permitiu analisar as mudanças ocorridas ao longo do tempo na região de estudo, especialmente relacionadas à construção e operação das usinas hidrelétricas. Vale ressaltar que a decisão de utilizar imagens de 1998 e 2017 foi motivada pela observação de que as imagens posteriores a 2017 apresentavam uma cobertura de nuvens mais extensa, o que poderia comprometer a análise dos reservatórios, e uso e coberturas de solo escolhida para o estudo. Dessa forma, optamos por utilizar as imagens adequadas disponíveis para garantir a qualidade e a confiabilidade dos resultados obtidos.

Considerando as opções de geotecnologias e repositórios disponíveis atualmente, optou-se pela escolha exclusiva da plataforma livre para obtenção das imagens do acervo digital da U.S. Geological Survey (USGS), o Serviço Geológico dos EUA, plataforma GLOVIS (<https://glovis.usgs.gov/>), elas estavam baixadas via internet no formato TIFF. As cenas foram radiometricamente e ortorretificadas, apresentando dados com precisão de terreno da mais alta qualidade para análise de séries temporais.

4.2.2 Co-registro

Após a escolha das cenas foi realizado o co-registro das imagens de satélites escolhidas, sendo ele um processo fundamental na área de processamento de imagens geoespaciais. Consistiu na sobreposição e ajuste das imagens para que estivessem alinhadas geometricamente, facilitando a comparação e análise de áreas específicas ao longo do tempo de 1998 a 2017.

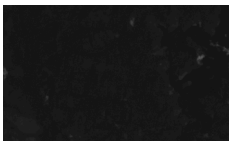
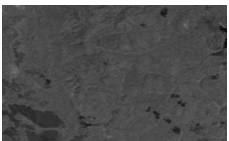
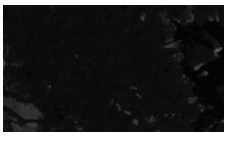
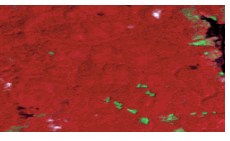
Para realizar o co-registro, foram utilizados pontos de controle distribuídos nas imagens, que são pontos facilmente identificáveis e com coordenadas conhecidas. Esses pontos foram utilizados para calcular as transformações geométricas necessárias para alinhar as imagens, considerando fatores como rotação, escala, transladação e distorções geométricas.

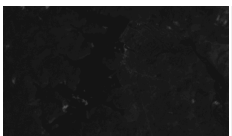
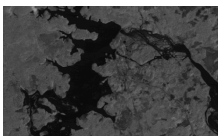
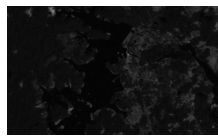
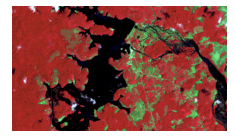
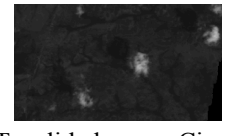
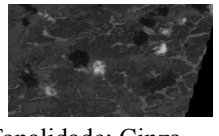
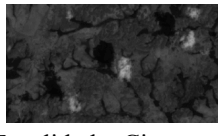
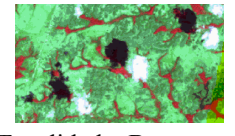
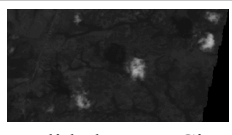
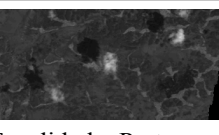
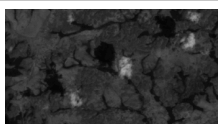
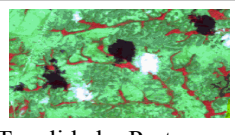
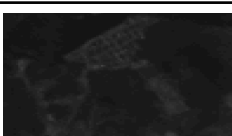
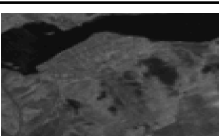
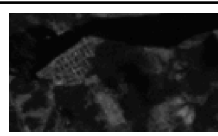
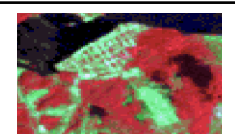

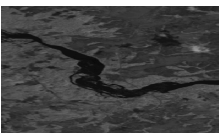
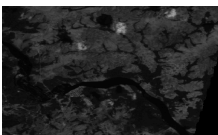


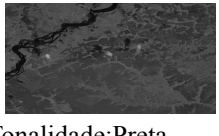
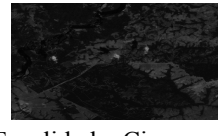
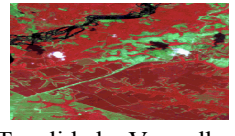
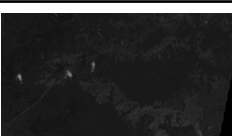
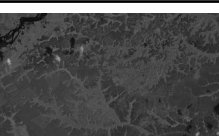

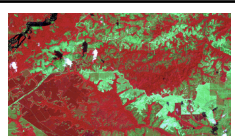
No caso específico foi realizado o uso do programa QGIS versão 3.28.3, com o uso da ferramenta o plugin "Georeferencer", que permitiu adicionar pontos de controle manualmente nas imagens e realizar as transformações necessárias para o co-registro, utilizando como base a imagem do satélite Landsat 8 do ano de 2017 que apresentava o nível de processamento 2 (Level 2), em seguida realizou-se o procedimento de recorte da área estudada.

4.2.3 Seleção das bandas, elaboração das chaves de interpretação

Após a obtenção das imagens selecionou-se as bandas de interesse no programa SPRING: bandas 2, 4 e 7, para o satélite Landsat 5 (1998) onde as bandas 2 (faixa da luz verde), 4 (infravermelho próximo) e 7 (infravermelho médio), posteriormente foram associadas às cores azul, verde e vermelha para a imagem compondo a composição falsa cor em **2B4R7G**, (Quadro 1). Por meio de análise visual das imagens, definiu-se as chaves de interpretação, ou seja, as classes a serem mapeadas. As chaves de interpretação, que consistem nas feições identificadas e determinação dos seus significados por meio da fotoleitura, fotoanálise e fotointerpretação.

Quadro 1 - Chave de interpretação do satélite Landsat 5 do ano de 1998

Classe	Banda 2 (Monocromático)	Banda 4 (Monocromático)	Banda 7 (Monocromático)	Falsa Cor (2B4R7G)
Floresta	 Tonalidade: Cinza Fosco Geometria: Irregular Textura: Rugosa	 Tonalidade: Cinza Geometria: Irregular Textura: Rugosa	 Tonalidade: Preta Geometria: Irregular Textura: Rugosa	 Tonalidade: Vermelho Escuro Geometria: Irregular Textura: Rugosa



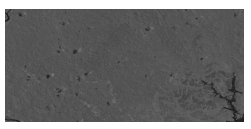
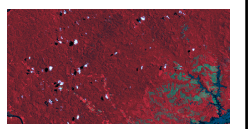

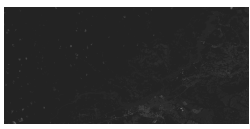
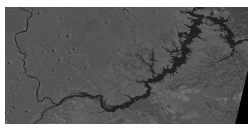
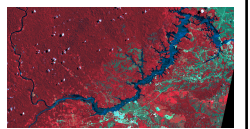
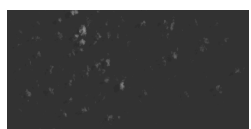
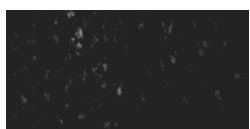
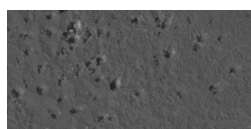
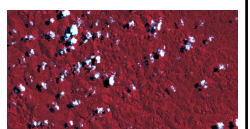
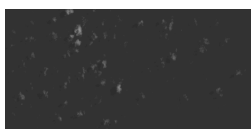
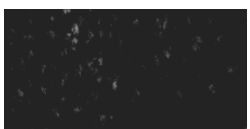
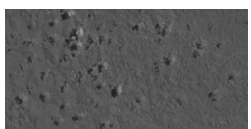
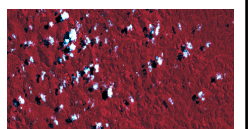
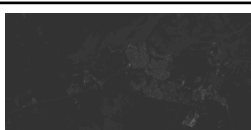

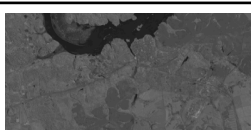
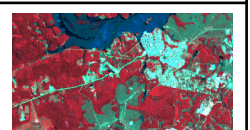
Água	 Tonalidade: Cinza Escuro Geometria: Irregular Textura: Rugoso Liso	 Tonalidade: Preta Geometria: Irregular Textura: Rugoso Liso	 Tonalidade: Cinza Geometria: Irregular Textura: Rugoso Liso	 Tonalidade: Azul Escuro Geometria: Irregular Textura: Rugoso Liso
Nuvem	 Tonalidade: Cinza Fosco Geometria: Irregular Textura: Lisa	 Tonalidade: Cinza Geometria: Irregular Textura: Lisa	 Tonalidade: Cinza Geometria: Irregular Textura: Lisa	 Tonalidade: Branco Geometria: Irregular Textura: Lisa
Sombra de Nuvem	 Tonalidade: Cinza Escuro Geometria: Irregular Textura: Lisa	 Tonalidade: Preta Geometria: Irregular Textura: Lisa	 Tonalidade: Preta Geometria: Irregular Textura: Lisa	 Tonalidade: Preta Geometria: Irregular Textura: Lisa
Área Antropizada	 Tonalidade: Cinza Fosco Geometria: Irregular Textura: Rugosa	 Tonalidade: Cinza Claro Geometria: Irregular Textura: Rugosa	 Tonalidade: Cinza Geometria: Irregular Textura: Rugosa	 Tonalidade: Verde Claro Geometria: Irregular Textura: Rugosa
Cerrado	 Tonalidade: Cinza Fosco Geometria: Irregular Textura: Rugosa Lisa	 Tonalidade: Preta Geometria: Irregular Textura: Rugosa Lisa	 Tonalidade: Cinza Geometria: Irregular Textura: Rugosa Lisa	 Tonalidade: Verde Escuro Geometria: Irregular Textura: Rugosa Lisa
Vegetação/Silvicultura	 Tonalidade: Cinza Fosco Geometria: Geométrica Textura: Rugosa	 Tonalidade: Preta Geometria: Geométrica Textura: Rugosa	 Tonalidade: Cinza Geometria: Geométrica Textura: Rugosa	 Tonalidade: Vermelho Geometria: Geométrica Textura: Rugosa
Desmatamento	 Tonalidade: Preta Geometria:	 Tonalidade: Preta Geometria:	 Tonalidade: Cinza Claro Geometria:	 Tonalidade: Verde Claro Geometria:





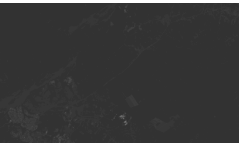
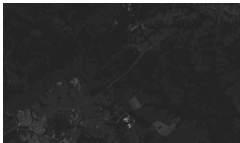





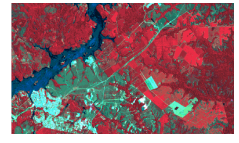
	Geométrica Textura: Lisa	Geométrica Textura: Lisa	Geometria: Geométrica Textura: Lisa	Geometria: Geométrica Textura: Lisa
--	-----------------------------	-----------------------------	-------------------------------------------	-------------------------------------------

Fonte: Autora (2023).

Para o satélite Landsat 8 as bandas escolhidas foram 2, 4, e 5 compreendendo os espectros 2 (faixa da luz verde), 4 (infravermelho próximo) e 5 (infravermelho médio) posteriormente foram associadas às cores azul, verde e vermelha compondo a composição falsa cor em **2B4G5R** (Quadro 2).

Quadro 2 - Chave de interpretação do satélite Landsat 8 do ano de 2017

Classe	Banda 2 (Monocromático)	Banda 4 (Monocromático)	Banda 5 (Monocromático)	Falsa Cor (2B4G5R)
Floresta	 Tonalidade: Cinza Fosco Geometria: Irregular Textura: Rugosa	 Tonalidade: Preta Geometria: Irregular Textura: Rugosa	 Tonalidade: Cinza Geometria: Irregular Textura: Rugosa	 Tonalidade: Vermelho Escuro Geometria: Irregular Textura: Rugosa
Água	 Tonalidade: Cinza Escuro Geometria: Irregular Textura: Rugoso Liso	 Tonalidade: Cinza Escuro Geometria: Irregular Textura: Rugoso Liso	 Tonalidade: Preta Geometria: Irregular Textura: Rugoso Liso	 Tonalidade: Azul Escuro Geometria: Irregular Textura: Rugoso Liso
Nuvem	 Tonalidade: Cinza Geometria: Irregular Textura: Lisa	 Tonalidade: Cinza Geometria: Irregular Textura: Lisa	 Tonalidade: Cinza Claro Geometria: Irregular Textura: Lisa	 Tonalidade: Branco Geometria: Irregular Textura: Lisa
Sombra de Nuvem	 Tonalidade: Cinza Escuro Geometria: Irregular Textura: Lisa	 Tonalidade: Preta Geometria: Irregular Textura: Lisa	 Tonalidade: Preta Geometria: Irregular Textura: Lisa	 Tonalidade: Preta Geometria: Irregular Textura: Lisa
Área Antropizada/ Cidades,	 Tonalidade: Cinza Escuro Geometria: Irregular Textura: Lisa	 Tonalidade: Preta Geometria: Irregular Textura: Lisa	 Tonalidade: Cinza Claro Geometria: Irregular Textura: Lisa	 Tonalidade: Vermelho Geometria: Irregular Textura: Lisa

Estradas, Mineração	Tonalidade: Cinza Fosco Geometria: Irregular Textura: Rugosa	Tonalidade: Cinza Claro Geometria: Irregular Textura: Rugosa	Tonalidade: Cinza Geometria: Irregular Textura: Rugosa	Tonalidade: Verde Claro Geometria: Irregular Textura: Rugosa
Vegetação/ Silvicultura	 Tonalidade: Cinza Fosco Geometria: Irregular Textura: Rugosa Lisa	 Tonalidade: Cinza Claro Geometria: Irregular Textura: Rugosa Lisa	 Tonalidade: Cinza Geometria: Irregular Textura: Rugosa Lisa	 Tonalidade: Vermelho Claro Geometria: Irregular Textura: Rugosa Lisa
Cerrado	 Tonalidade: Cinza Fosco Geometria: Irregular Textura: Rugosa Lisa	 Tonalidade: Preta Geometria: Irregular Textura: Rugosa Lisa	 Tonalidade: Cinza Geometria: Irregular Textura: Rugosa Lisa	 Tonalidade: Verde Escuro Geometria: Irregular Textura: Rugosa Lisa
Desmatamento	 Tonalidade: Cinza Fosco Geometria: Geométrica Textura: Lisa	 Tonalidade: Preta Geometria: Geométrica Textura: Lisa	 Tonalidade: Cinza Claro Geometria: Geométrica Textura: Lisa	 Tonalidade: Verde Claro Geometria: Geométrica Textura: Lisa

Fonte: Autora (2023).

4.2.4 Segmentação

A segmentação é um processo automático que consiste em subdividir uma imagem em regiões homogêneas, considerando algumas de suas características intrínsecas, como cor, textura ou forma, conforme destacado por Zanotta *et al.* (2019). Essa etapa foi realizada no SPRING versão 4.3.3 Os elementos de entrada do segmentador incluem o limiar de similaridade e precisão. Cada região é identificada por um atributo numérico específico. Qualquer pixel adjacente a essa região pode ser considerado parte dela, desde que a discrepância entre o valor do atributo desse pixel e o da região seja menor que o limiar de similaridade definido.

Neste trabalho, a definição do limiar de similaridade foi alcançada após várias tentativas entre algumas combinações possíveis no algoritmo, com limiar de aceitação de 95%, realizando os treinamentos com aquisição de amostras das classes pré-determinadas

para a classificação supervisionada Bhattacharya. Esses testes prosseguiram até o momento em que o resultado da segmentação foi considerado satisfatório (ideal), ou seja, formando polígonos que, dentro do possível, definem bem o contorno das classes e fossem suportados pelos computadores.

Os valores do limiar de similaridade testados foram entre 5, 20, 45 e 100, para imagens do Landsat 5 foram 10x5 e para o Landsat 8 foram 50x100.

4.2.5 Classificação

Para a obtenção das informações e elaboração de mapas foi realizada a classificação das cenas. De acordo com Araújo Filho *et al.* (2007), esse método foi utilizado para organizar e hierarquizar as informações ambientais presentes nas análises das imagens. A partir das áreas segmentadas e previamente editadas, a classificação foi realizada manualmente no QGIS versão 3.28.3, através da interpretação visual das imagens considerando os elementos cor, padrão, textura, localização, cor, padrão e forma.

Após a edição dos vetores resultantes da segmentação, os pontos, linhas e polígonos foram vinculados a uma classe temática no banco de dados, atribuindo-lhes características visuais, como nome, valor, área, cor e preenchimento. Nesta fase, os polígonos passaram a representar diferentes classes, como "Cerrado" ou "Água", conforme as cores estabelecidas para essas classes no banco de dados. Com a conclusão da edição e identificação das classes do mapa temático, este foi exportado em formato vetorial para ser utilizado em outros processamentos em sistemas de informação geográfica (SIG), tais como cálculos, medidas, cruzamentos e visualização.

4.2.6 Acurácia do mapeamento

O procedimento para a verificação da acurácia do mapeamento ocorreu no software QGIS (QGIS Development Team, Alaska, EUA) 3.28.3, por meio do Plug-in "*AcATaMa - Accuracy Assessment of Thematic Maps*" (LANO, 2019), desenvolvido pelo Grupo de Monitoramento de Florestas e Sistemas de Carbono (*SMBByC*). Para a alocação das amostras, foi adotada a estratégia de amostragem aleatória estratificada, com base na área, garantindo que as classes com maior representatividade no mapa tenham um maior número de amostra. Para cada resultado da classificação foram geradas um total de 326 a 327 amostras (Apêndice

A), distribuídas aleatoriamente nas cenas classificadas. As amostras que foram localizadas dentro dos polígonos utilizados para o treinamento do classificador foram excluídas do processo de validação, uma vez que poderiam gerar um falso resultado da acurácia.

Para cada ponto das amostras foram consideradas como verdade de terreno duas fontes: i) a própria imagem utilizada para a classificação; ii) imagens de alta resolução disponíveis no Google Earth Pro.

4.2.7 Geração dos mapas temáticos

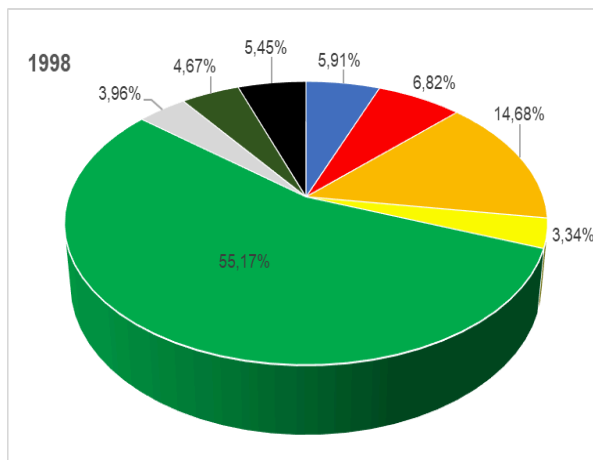
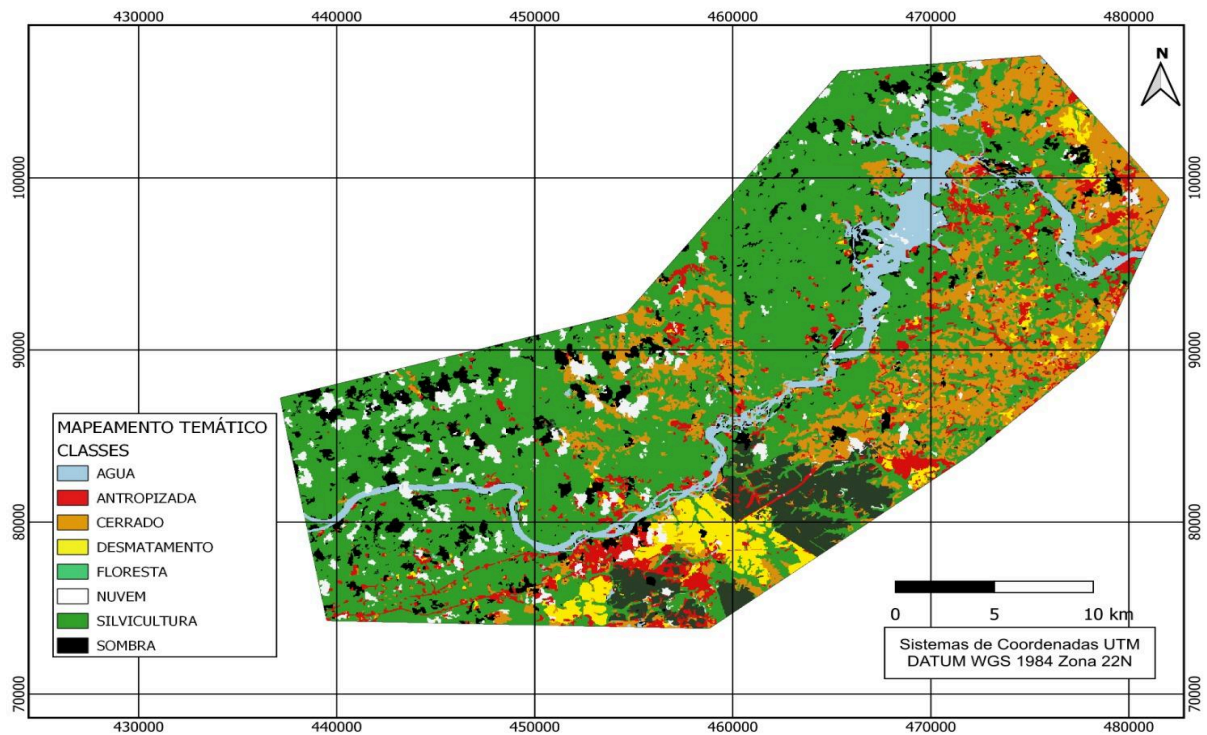
Os mapas foram elaborados no *software* livre Qgis 3.28, após o processo de mapeamento das classes realizado no SPRING como resultado da classificação supervisionada.

O produto da classificação foi vetorizado e exportado no formato *shapefile* para a confecção dos mapas no Qgis, sendo atribuídas as cores finais para cada classe mapeada nas cenas de 1998 e 2017.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 4 e 5 são evidenciados e quantificados os tipos de uso e coberturas mapeadas, para os anos de 1998 e 2017. A composição percentual dos tipos de cobertura vegetal encontrados na classificação das imagens durante o período estudado, está detalhada na tabela 2.

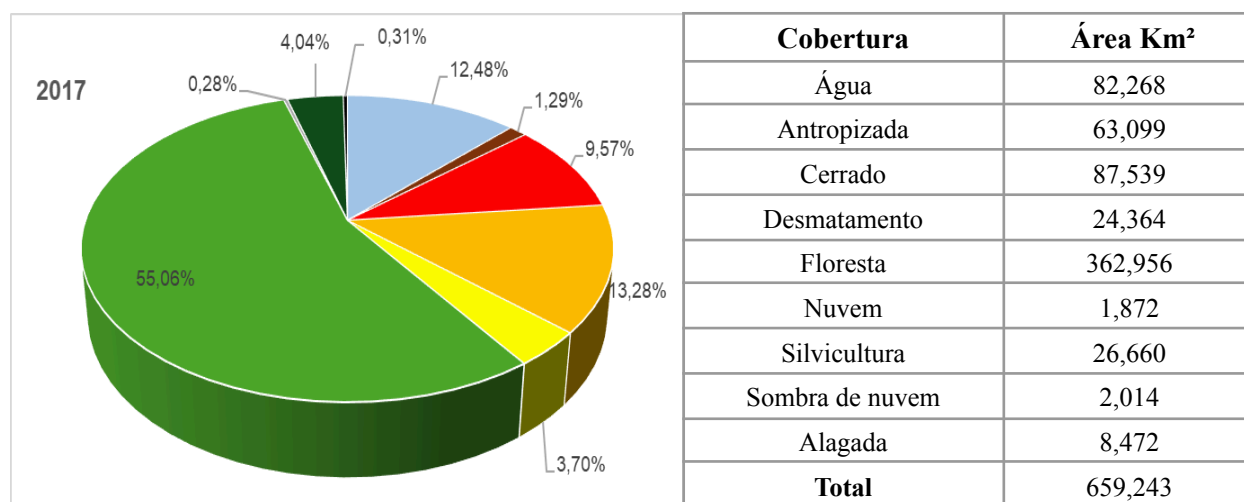
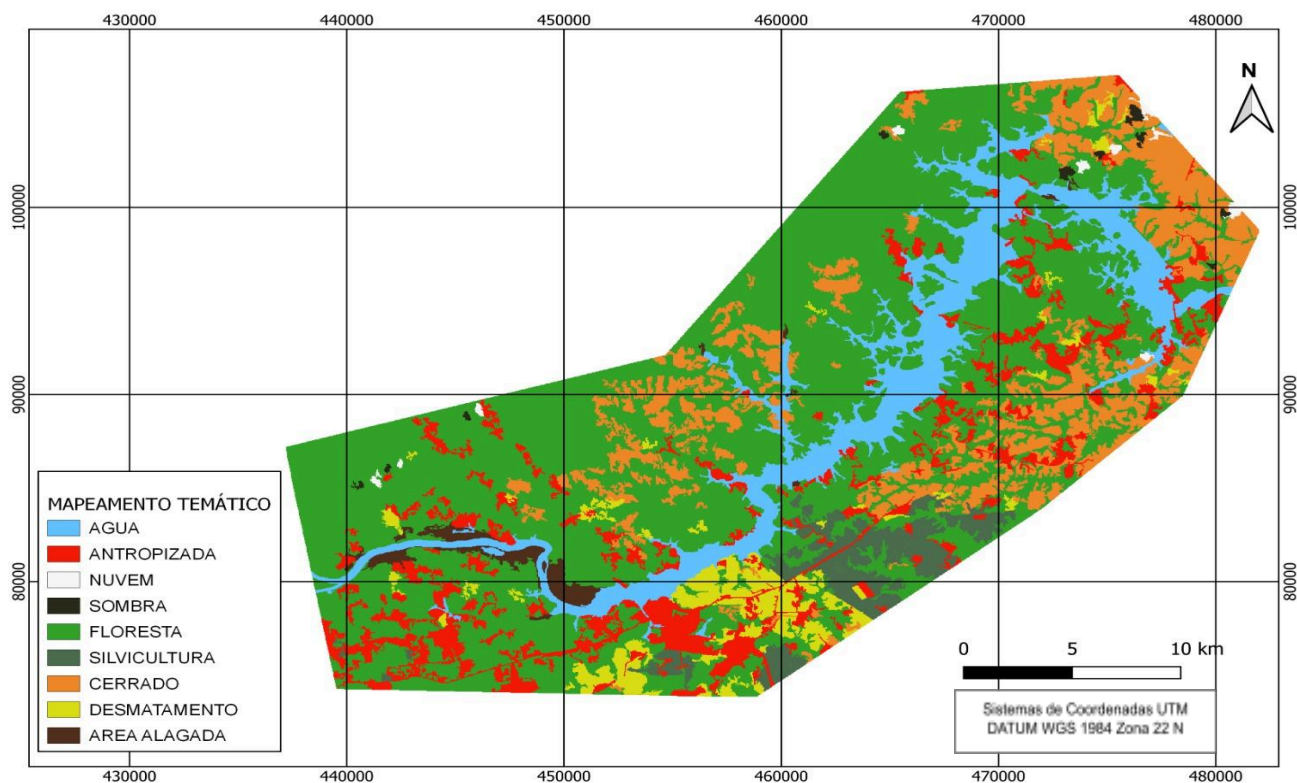
Figura 4 - Mapa de classificação e quantificação da cobertura de terra do ano de 1998



Cobertura	Área Km ²
Água	49,611
Antropizada	57,224
Cerrado	123,18
Desmatamento	27,974
Floresta	462,98
Nuvem	33,236
Silvicultura	39,225
Sombra de nuvem	45,750 HJH
Total	839,225

Fonte: Extraído de classificação da imagem Landsat 5 TM adquirida pela USGS.

Figura 5 - Mapa de classificação e quantificação da cobertura de terra do ano de 2017



Fonte: Extraído de classificação da imagem Landsat 8 OLI adquirida pela USGS.

Tabela 2 - Composição percentual das classes de cobertura de terra no período de estudo

Tipos de coberturas de terra	Ocupação em relação a área estudada		
	1998 %	2017%	Redução (-) ou ampliação (+)
Água (reservatório)	5,91	12,48	+6,89
Antropizada	6,82	9,57	+2,75
Cerrado	14,68	13,28	-1,4
Desmatamento	3,34	3,70	+0,36

Floresta	55,7	55,6	-0,64
Nuvem	3,96	0,28	-3,68
Silvicultura	4,67	4,05	-0,62
Sombra de nuvem	5,45	0,31	-5,14
Alagada	-	1,29	1,29
Total	100	100	-

Fonte: Extraído de classificação da imagem Landsat 5 e 8 adquirida pela USGS.

Antes da construção dos empreendimentos das UHEs Cachoeira Caldeirão e Ferreira Gomes Energia, a classe de cobertura de água (reservatório), em 1998 ocupava 5,91% cobrindo uma área de 49,6 Km². Porém no ano de 2017 a cobertura de água passou a ocupar 82,268 Km², o que representou 12,8% da área de estudo, comparando com ano 1998 é possível observar que houve o aumento de mais de 6,57% que configura 32,657 Km² de áreas que possivelmente foram inundadas para construir os reservatórios desses empreendimentos na região. Após a construção do reservatório, toda a área do entorno do reservatório é considerada Área de Proteção Permanente – APP, conforme Resolução Conama nº 302/2002 (BRASIL, 2002).

De acordo com Silva, *et al.* (2020) é comum observar uma estabilidade na classe de cobertura de água em determinadas áreas, isso ocorre porque, nessas condições prévias, a topografia e a dinâmica natural do ambiente geralmente não são afetadas por intervenções humanas significativas, como a construção de barragens e a formação de reservatórios artificiais. A estabilidade na classe de cobertura de água reflete a condição natural do ambiente, onde corpos d'água, como rios e lagos, podem estar presentes de forma consistente ao longo do tempo, sem grandes alterações na sua extensão ou distribuição.

Belém e Cabral (2019) apontam que, com a construção de UHEs, ocorre uma mudança significativa na paisagem, especialmente devido à formação de grandes reservatórios para armazenamento de água, que são criados pelas barragens. Isso resulta em uma alteração na classe de cobertura de água, com um aumento na área coberta pela água devido à inundação das áreas adjacentes à barragem. Essa mudança na classe de cobertura de água tem impactos diretos no ambiente e nos ecossistemas locais, como foi o acontecimento da morte de milhares de peixes nos anos de 2014 no município de Ferreira Gomes (Gama, 2020), após um laudo do Instituto de Meio Ambiente (Imap) constatar que a abertura inadequada das comportas da hidrelétrica elevou o nível de oxigenação da água, afetando a biodiversidade e as atividades humanas que dependem dos recursos hídricos da região como foi o caso da pesca.

A classe área antropizada cujas características originais foram alteradas é constituída por áreas como cidades, propriedades rurais, estradas, mineração tipo 2 (utilizadas na construção civil), apresentou uma ocupação de 57,2 Km² que representou 6,82% da área utilizada no ano de 1998, no ano de 2017 observou se a ampliação dessa classe em 62,099 Km² o que compõem 9,57% da área avaliada que equivale um aumento de 2,75% em relação ao ano de 1998. Esse fenômeno pode ser atribuído a diversos fatores interligados relacionados diretamente à implantação e operação desses empreendimentos.

Inicialmente, a construção das UHEs demanda a abertura de estradas de acesso, a instalação de canteiros de obras e a construção de infraestruturas de apoio, como alojamentos para os trabalhadores e áreas para armazenamento de materiais. Lemos e Lima (2018) afirmam que essas atividades induzem o avanço da fronteira urbana e a expansão das áreas ocupadas por atividades humanas, contribuindo para o aumento das áreas antropizadas.

Outro aspecto relevante é o aumento da pressão antrópica decorrente do desenvolvimento socioeconômico induzido pela instalação das UHEs. Além do autor supracitado anteriormente Pazos *et al.*, (2021) afirma que com a chegada de trabalhadores, a geração de empregos temporários e a implantação de serviços públicos e privados para atender à demanda da nova população resultam em um crescimento desordenado das áreas urbanas e periurbanas, com a conseqüente expansão das atividades econômicas, como comércio, indústria e agricultura.

Esses fatores combinados contribuem para o aumento das áreas antropizadas após a construção das UHEs no rio Araguari, destacando a complexidade e os múltiplos impactos associados a esses empreendimentos.

Na cena de 1998, o bioma cerrado apresentava uma área total de 123,1 Km², ocupando 14,68%, em comparação com ano de 2017, notasse pela análise multitemporal a redução acentuada da quantidade de área que passou a apresentar 87,539 Km² o que representa 13,28% da área. A diminuição do bioma cerrado após a construção de usinas hidrelétricas no rio Araguari foi de 1,4% e em outros locais do Brasil e do mundo é um fenômeno complexo que envolve uma série de fatores interligados. O Cerrado amapaense vem enfrentando um processo de destruição devido a uma série de fatores que têm impactado negativamente esse bioma único. Um dos principais motivos está relacionado à expansão das atividades agrícolas, pecuárias e de infraestrutura na região, resultando na conversão de áreas naturais em áreas destinadas à produção agropecuária e urbanização.

Vale salientar que, a instalação de UHEs implica na inundação de grandes áreas de vegetação nativa, incluindo parte do bioma cerrado, para a formação dos reservatórios

necessários à geração de energia hidrelétrica. Esse processo de ocupação do solo induzido por sua construção resulta na perda irreversível de habitats naturais e ecossistemas únicos do cerrado, amplia a pressão sobre o bioma, aumentando a fragmentação e reduzindo a conectividade entre os remanescentes de vegetação (ARAÚJO, 2017).

Silva, Anunciação e Araújo (2020) reiteram como é importante considerar os impactos das UHEs no cerrado, como as alterações nos regimes hidrológicos, mudanças climáticas regionais e aumento da incidência de incêndios florestais, que podem intensificar ainda mais a degradação e a diminuição desse importante bioma. Em suma, a construção de UHEs no rio Araguari e em outras regiões do Brasil e do mundo tem contribuído significativamente para a diminuição do bioma cerrado, através da perda direta de vegetação, da expansão urbana associada e dos impactos indiretos sobre os ecossistemas naturais.

As áreas desmatadas no ano 1998 representaram 3,3% entre as classes temáticas encontradas, o que equivale a 27,974 Km², já no ano de 2017 essa área passou a ser de 3,7% correspondendo a 24,364 Km², uma redução de 3,610 Km². Wenzel *et al.* (2020) descreve esse fato apontando que, a transição de áreas desmatadas para uma condição antropizada, sujeitas a processos de inundação e outros fatores, é um fenômeno complexo que reflete as mudanças na paisagem e os impactos das atividades humanas sobre o meio ambiente.

Segundo os estudos de Silva *et al.* (2023), a conversão de áreas desmatadas em terras agrícolas ou pastagens pode ser uma das principais causas desse fenômeno. À medida que o desmatamento avança, essas áreas são frequentemente destinadas à produção agropecuária, resultando na perda de cobertura vegetal nativa e na fragmentação do habitat. Além disso, a construção de barragens para a geração de energia hidrelétrica pode levar à inundação de grandes extensões de terra, transformando-as em reservatórios artificiais.

Outros fatores, como mudanças climáticas e eventos extremos, também podem desencadear processos de transformação da paisagem. De acordo com os estudos de Rodrigues (2023), secas prolongadas, enchentes e incêndios florestais podem contribuir para a degradação de áreas desmatadas, aumentando sua vulnerabilidade a processos erosivos e alterando sua capacidade de regeneração natural.

A partir dos dados apresentados, é possível observar a redução na área de floresta ao longo do período analisado. Em 1998, a cobertura florestal abrangia uma área considerável 462,900 Km² o que consistia 55,7% da área total do estudo, representando a maioria da região estudada. No entanto, em 2017, essa área de floresta diminuiu consideravelmente, para 363.900 Km² em torno de 55,06%, com a análise multitemporal foi possível mensurar a redução de 100,024 Km² o que indicou um processo de degradação e transformação do

ambiente natural. Uma das causas que podem inferir esse resultado é de Silva *et al.* (2023) apontando que a retirada da madeira para comercialização e abertura para estradas é um fator de mudanças na paisagem.

Essa redução na área de floresta pode ser atribuída a uma série de fatores, incluindo atividades humanas como desmatamento, expansão agrícola, urbanização e construção de infraestrutura, como estradas e barragens. Para Silveira (2016) a introdução desses empreendimentos pode ter desencadeado mudanças significativas no uso da terra e na paisagem, levando à perda de cobertura florestal.

O mesmo discorre Moura (2023) que se combinados à redução da floresta, perda de biodiversidade, aumento da erosão do solo e emissão de gases de efeito estufa, tais impactos podem ter consequências profundas não apenas para o ambiente local, mas também para o clima global e a sustentabilidade dos ecossistemas. No caso específico do município de Ferreira Gomes e Porto Grande, as análises de sensoriamento remoto indicaram uma tendência de redução da cobertura florestal, o que pode estar relacionado a atividades como o desmatamento para expansão agrícola, extração de madeira e outras formas de exploração dos recursos naturais, não apenas em razão das UHEs implantadas.

A redução da área destinada à silvicultura, de 39,225 Km² em 1998 para 26,660 Km² em 2017, representou uma diminuição significativa de 12,565 Km² ao longo desse período. Esse fenômeno pode ser atribuído a uma série de fatores que afetam diretamente a atividade silvicultural e o uso da terra.

A prática da silvicultura, especialmente o cultivo de eucalipto, é uma das atividades de longa data no estado do Amapá, com destaque para o bioma do cerrado amapaense. De acordo com informações levantadas, a silvicultura abrange uma extensão superior a 97 mil hectares nessa região (Caric *et al.*, 2022). Uma possível explicação para essa redução pode ser relacionada ao avanço do desmatamento e à conversão de áreas de silvicultura em outras formas de uso da terra, como agricultura, pecuária ou expansão urbana. Já as pesquisas de Margulis (2003) demonstraram como o desmatamento para expansão agrícola e agropecuária foram as principais causas da perda de cobertura florestal em diversas regiões do Brasil.

Além disso, políticas governamentais e mudanças nas demandas do mercado também podem influenciar a redução da área destinada à silvicultura. Por outro lado, no ano de 2019 o Ministério Público do Amapá intermediou a doação de terras da Amapá Florestal Celulose S.A. (AMCEL) para a cidade de Porto Grande, que visavam resolver problemas de conflitos agrários na região e promover o desenvolvimento do município. A área doada, que possuía cerca de 590 hectares (5,9 Km²), sendo 85 hectares (0,85 Km²) de plantio de eucalipto, seriam

utilizada para diversos fins, como áreas de preservação ambiental, de lazer, habitação e remanejamento de ocupações, contribuindo para pôr fim a conflitos históricos e propiciaram benefícios para a comunidade local (MP-AP, 2019). A redução da área destinada à silvicultura ao longo do período analisado é um reflexo das complexas interações entre atividades humanas, políticas governamentais, mudanças ambientais e demandas do mercado.

A análise detalhada das imagens e a elaboração de mapas revelaram o surgimento de uma nova classe temática, identificada como área alagada, no contexto do estudo. Conforme evidenciado no mapa de 2017, essa classe abrange uma extensão territorial de 8,472 Km², correspondendo a aproximadamente 1,28% da área total investigada.

A relevância deste achado se destaca ao considerarmos os efeitos das usinas hidrelétricas no surgimento dessas áreas alagadas, no decorrer da construção de barragens para a formação de reservatórios de água frequentemente resulta na inundação de vastas áreas de terra firme, ocasionando a formação de extensas áreas alagadas, tal processo é amplamente influenciado pelas variações sazonais do fluxo de água, que podem ser intensificadas pela operação das UHEs (SANTOS, 2018).

As áreas alagadas resultantes da implantação desses empreendimentos podem ter impactos significativos nos ecossistemas locais e nas comunidades humanas. A inundação de terras pode levar à perda de habitats naturais, à interrupção de rotas migratórias de espécies aquáticas e terrestres, além disso, as mudanças nas condições hidrológicas podem influenciar o regime de chuvas e a qualidade da água, afetando as atividades humanas, como a agricultura e o abastecimento de água (LOURENÇO *et al.*, 2022).

É crucial compreender como as UHEs influenciam no surgimento de áreas alagadas, a fim de promover uma gestão ambiental adequada e implementar medidas de mitigação para reduzir os impactos adversos sobre os ecossistemas aquáticos e as comunidades locais. A identificação e o monitoramento dessas áreas alagadas são passos essenciais para garantir a conservação da biodiversidade e o uso sustentável dos recursos naturais.

As classes de cobertura de nuvem e sombra de nuvem em 1998 representavam, respectivamente, 3,96% e 5,45% da área de estudo, totalizando 33,326 Km² e 45,750 km². Em contraste, em 2017, esses valores diminuíram significativamente para 1,872 Km² (0,28% da área) e 2,014 Km² (0,31% da área), respectivamente. Isso representa uma redução de 31,454 Km² para nuvens e 43,736 Km² para sombras de nuvem, indicando uma diminuição considerável da cobertura dessas classes ao longo desse período. Essa redução pode ser atribuída à obtenção de uma imagem com menor cobertura de nuvens e sombras de nuvem em

2017, o que proporcionou uma classificação mais precisa não apenas para essas classes, mas também para outras.

A obtenção de imagens com baixa cobertura de nuvens é fundamental para o mapeamento preciso de diferentes classes de cobertura do solo e para a análise de mudanças na paisagem ao longo do tempo, pois a presença excessiva de nuvens pode comprometer a qualidade e a acurácia das análises, pois obstrui a visão das características terrestres subjacentes.

Quando se trata de sensoriamento remoto, especialmente em estudos de monitoramento ambiental, a disponibilidade de imagens com poucas nuvens é essencial para garantir a confiabilidade dos resultados. Essas imagens proporcionam uma visão mais clara e detalhada da superfície terrestre, permitindo uma classificação mais precisa das diferentes classes de cobertura do solo, como vegetação, água, solo exposto e áreas antropizadas.

A importância das imagens com baixa cobertura de nuvens é ressaltada em diversas fontes de pesquisa, como o estudo realizado por SALGADO *et al.* (2023) demonstrou que a presença de nuvens pode afetar negativamente a precisão da detecção de mudanças na cobertura vegetal da Amazônia, prejudicando a monitorização de áreas desmatadas e refletindo na elaboração de políticas de conservação ambiental.

Wang *et al.* (2018) destacou a importância de técnicas avançadas de processamento de imagens para lidar com a presença de nuvens em imagens de satélite, visando melhorar a qualidade dos dados e a acurácia das análises de uso da terra e cobertura vegetal. A disponibilidade de imagens com baixa cobertura de nuvens é de grande importância para garantir a precisão e a confiabilidade das análises de sensoriamento remoto, possibilitando uma compreensão mais detalhada e precisa das mudanças na paisagem e do impacto das atividades humanas sobre o meio ambiente.

É reconhecida a importância da visita in loco para garantir a precisão dos dados, porém optamos por não realizá-la devido aos desafios financeiros e logísticos significativos associados.

A decisão de não conduzir visitas de campo em todas as áreas de interesse foi motivada pelo custo elevado e pela complexidade logística envolvida. Em vez disso, foram concentrados esforços na análise dos dados coletados por meio de sensoriamento remoto, utilizando imagens de satélite e outras fontes de dados geoespaciais disponíveis. Embora a falta de visitas in loco possa introduzir algumas limitações à pesquisa, buscamos minimizar esses desafios adotando uma abordagem cuidadosa na interpretação dos resultados. Realizamos uma análise detalhada das incertezas associadas aos dados obtidos remotamente e

buscamos validar as informações por meio de comparações com estudos anteriores e dados disponíveis publicamente.

Apesar das restrições impostas pela ausência de visitas de campo, a combinação de sensoriamento remoto e análise criteriosa dos dados permitiu uma compreensão abrangente das áreas de estudo, contribuindo para os objetivos da pesquisa. Reconhecendo as limitações e incertezas associadas à falta de visitas de campo, buscamos assegurar a confiabilidade e a robustez dos resultados obtidos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a construção das UHEs Cachoeira Caldeirão e Ferreira Gomes Energia, observou-se um aumento significativo na classe de cobertura de água (reservatório) na área estudada. Em 1998, essa classe ocupava 5,91% da área, cobrindo 49,6 Km², enquanto em 2017, passou a abranger 12,8% da área, totalizando 82,268 Km².

Houve também uma expansão das áreas antropizadas após a construção das usinas. Em 1998, essas áreas ocupavam 6,82% da área estudada, equivalente a 57,2 Km². Em contraste, em 2017, a área antropizada aumentou para 9,57%, representando 62,099 Km².

Além disso, observou-se uma diminuição significativa na área coberta pelo bioma cerrado após a construção das UHEs. Em 1998, o cerrado ocupava 14,68% da área estudada, totalizando 123,1 Km². Já em 2017, essa área diminuiu para 13,28%, representando 87,539 Km².

A análise detalhada das imagens revelou o surgimento de uma nova classe temática, identificada como área alagada, em decorrência da formação de reservatórios. Em 2017, essa classe abrangia uma extensão territorial de 8,472 Km², correspondendo a aproximadamente 1,28% da área total investigada.

Foi possível observar uma redução na área destinada à silvicultura ao longo do período analisado. Em 1998, essa área totalizava 39,225 Km², representando 3,7% da área total. Em 2017, a área destinada à silvicultura diminuiu para 26,660 Km², correspondendo a 3,3% da área total.

As mudanças na cobertura de nuvens e sombra de nuvens ao longo do período analisado também foram observadas, com a obtenção de imagens com menor cobertura de nuvens em 2017, o que proporcionou uma classificação mais precisa das diferentes classes de cobertura do solo.

Esses resultados destacam a complexidade e os múltiplos impactos associados à construção de usinas hidrelétricas, evidenciando a importância de avaliar cuidadosamente os impactos ambientais e implementar medidas de mitigação para reduzir os efeitos adversos sobre os ecossistemas e as comunidades locais.

REFERÊNCIAS

- Agência Nacional De Águas E Saneamento Básico - ANA. (2024). **Barragens e reservatórios**. 2020. Disponível em: Barragens e reservatórios — Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) (www.gov.br) Acesso: 14/03/2023.
- Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). (2020). **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br>. Acesso: 05/06/2023.
- ALHO, C. J. et al.. Large reservoirs as ecological barriers to dispersal of rotifers and cladocerans. **Hydrobiologia**, 683(1), p. 107-115. 2012.
- AMANAJÁS, J. C.; JESUS, E. S; CUNHA, A. C. da; OLIVEIRA, L. L. de; FAÇANHAS, A. T. Avaliação da precipitação pluviométrica observada nos municípios pertencentes à região dos lagos no estado do Amapá. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA**, 15., 2008, São Paulo, Brasil, 2008. A Meteorologia e a cidade. São Paulo: SBMET, 2008. Disponível em: Núcleo de Hidrometeorologia e Energias Renováveis - NHMET (iepa.ap.gov.br) . Acesso: 19/03/2024.
- ARAÚJO, César Teixeira Donato de. Mudanças na paisagem da região de Tailândia, Estado do Pará, entre os anos de 1985 a 2015. 2017.
- BÁRBARA, V. F. **Uso do modelo QUAL2E no estudo da qualidade da água e da capacidade de autodepuração do rio Araguari – Ap (amazônia)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) - Universidade Federal de Goiás – UFG, Goiás, 2006.
- BÁRBARA, V. F.; CUNHA, A. C.; RODRIGUES, A. S. L.; SIQUEIRA, E. Q. Monitoramento sazonal da qualidade da água do rio Araguari – Ap. **Revista Biociências**, v. 16, n. 1, 2010.
- BELÉM, Fabiano Luis; CABRAL, João Batista Pereira. Estudo de vulnerabilidade ambiental da bacia do reservatório da Usina Hidrelétrica de Ferreira Gomes (AP). **Revista Georaguai**, v. 11, n. 1, p. 307-337, 2021.
- BELÉM, Fabiano Luis; CABRAL, João Batista Pereira. Dinâmica da paisagem na bacia hidrográfica da Usina Hidrelétrica de Ferreira Gomes–Amapá/Landscape dynamics in the watersheds of the Ferreira Gomes Hydroelectric Plant–Amapá, Brazil. **Caderno de Geografia**, v. 29, n. 56, p. 119-119, 2019.
- BERMANN, Célio. Energia no Brasil: para quê? Para quem? São Paulo: **Editora Livraria da Física**, 2003.
- BIATO, Marcel et al. Condicionantes e Perspectivas da Integração Energética na América do Sul. **Integração e Segurança Elétrica na América Latina**, p. 71. 2016.
- BRITO, Dagunete Maria Chaves; DRUMMOND, José Augusto Leitão. Aspectos socioambientais e socioterritoriais das comunidades atingidas por hidrelétricas no estado do

Amapá. **Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia**, n. 57, 2022.

CARIC, G. S. Rocha, G. F., BELÉM, F. L., & ARAÚJO, F. M. (2022). Desmatamentos e queimadas no estado do Amapá entre os anos de 2001 e 2019. *Confins*, 57. Recuperado de <http://journals.openedition.org/confins/49082>. Acesso: 18/03/2023.

CONAMA. Resolução no 302, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília. 2002. 2p. Disponível em: Ministério do Meio Ambiente — Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (www.gov.br). Acesso: 17/03/2024.

CORRÊA, K. A.; PORTO, J. L. R. Os empreendimentos hidrelétricos do rio Araguari e seus efeitos no espaço amapaense. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM PLANEJAMENTO 67 URBANO E REGIONAL, 17., São Paulo, 2017. **Anais**. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2017.

COSTA ARAÚJO FILHO, Milton; MENESES, Paulo Roberto; SANO, Edson Eyji. Sistema de classificação de uso e cobertura da terra com base na análise de imagens de satélite. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 59, n. 2, 2007.

CUNHA, A. C. et al. E. Dam Effect On Stream Reaeration Evaluated With The Qual2kw Model: Case Study Of The Araguari River, Amazon Region, Amapá State/Brazil. In: **Sustainable Water Management in the Tropics and Subtropics– And Case Studies in Brazil**, v. 2, p. 153-177, 2011.

CUNHA, R. M. R.; BAPTISTA, D. F.; LOUBET, A. O. P. R. Caracterização do Carbono Orgânico Dissolvido no Alto Rio Araguari, Amapá, Amazônia Oriental. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 3, p. 618-631, 2013.

DE MORAES, Elisabete Caria. Capítulo 1 Fundamentos de sensoriamento remoto. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campo**, 2002.

DIAS, Reinaldo. IMPACTO DA EXPANSÃO URBANA NA BIODIVERSIDADE EM REGIÕES COSTEIRAS: DESVENDANDO AS CONSEQUÊNCIAS ECOLÓGICAS. **MEIO AMBIENTE**, p. 76, 2024.

ECOTUMUCUMAQUE. **Relatório de Impacto Ambiental – RIMA para o empreendimento aproveitamento hidrelétrica de Cachoeira Caldeirão**. Macapá: Ecotumucumaque:Conserving The Amazonia, p. 120, 2011.

ECOTUMUCUMAQUE. **Estudo de Impacto Ambiental do Aproveitamento Hidrelétrico Cachoeira Caldeirão**. Macapá – AP, p.65, 2010.

ELETRONBRAS. **Usina Hidrelétrica de Tucuruí**. Disponível em: <https://www.eletronbras.com/elb/data/Pages/LUMISA9D8A3A5BPTBRIE.htm>. Acesso: 13/04/2024.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Matriz Energética e Elétrica**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 10/03/2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (**EMBRAPA**). Disponível em: <https://www.embrapa.br/contando-ciencia/bioma-amazonia>. Acesso em: 13/02/2024.

ESPÍRITO SANTO, R. A. S. et al. Ocorrência de Granitóides de Alto-K nos Municípios de Macapá, Ferreira Gomes e Porto Grande, Estado do Amapá, Brasil. *Geologia USP. Série Científica*, v. 17, n. 2, p. 71-88, 2017.

FEARNSIDE, P. M. Dams in the Amazon: Belo Monte and Brazil hydroelectric development of the Xingu River basin. *Environmental Management*, 38. p. 16-27. 2006.

FERREIRA, M. C., Alves, C. B. M., & Alves, H. M. R. Impactos de usinas hidrelétricas na fauna de peixes. *Boletim do Instituto de Pesca*, 42(1), p.147-163, 2016.

FONSECA, I. F. **A construção de grandes barragens no Brasil, na China e na Índia: similitudes e peculiaridades dos processos de licenciamento ambiental em países emergentes**. Texto para Discussão 1868. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2013.

MACHADO, L. C.; SILVA, M. C.; FERREIRA, R. S. Barragens de usinas hidrelétricas: Aspectos ambientais, sociais e econômicos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 23, n. 1, p. 1-11, 2018.

GAMA, Cecile de Souza. Estudo acerca da mortandade de peixes no AHE Ferreira Gomes, rio Araguari, Ferreira Gomes, AP. *Revista Arquivos Científicos (IMMES)*, v. 3, n. 2, p. 129-136, 2020.

GARCIA, Cairê de Almeida. **Mitigação e compensação dos impactos socioambientais da usina hidrelétrica de belo monte em comunidades indígenas da região de Altamira (PA)**. 2020.

GOMES, Viviane Pedroso; BEZERRA DE ARAÚJO, Maria do Socorro; GALVÍNCIO, Josiclêda Domiciano. Mudanças espaço-temporais no uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Pontal a partir de dados referenciais do Google Earth Pro. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 14, n. 07, p. 4148-4160, 2021.

GOMES, A. R.; OLIVEIRA, P. E.; SAAD, A. R.; SANCHES, R. C. **Análise multitemporal utilizando imagens CBERS-2 e LANDSAT-TM no entorno da represa dos rios Jaguari e Jacareí**, São Paulo. Anais... Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 2009. Disponível em: http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.16.21.45/doc/5827-5834.pdf?langua_gobutton=en Acesso em: 04/05/2023.

GRIGIO, A. M. **Aplicação de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica na determinação da Vulnerabilidade Natural e Ambiental do Município de Guamaré (RN): simulação de risco às atividades da Indústria Petrolífera**. 2003. 253 f.

Dissertação (Mestrado em Geodinâmica) – Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2003.

HALL, J., Borgomeo, E., DI BALDASSARRE, G., & JONGMAN, B.. Integrated hydro-economic modeling: exploring water scarcity solutions in agriculture-rich river basins. **Water Resources Research**. 2015.

IBGE. **Malha Municipal**. (2019) Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>> Acesso em 10/10/2023

IBGE. **Cidades, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. (2021) Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ap/ferreira-gomes/panorama>> Acesso em 03/04/2023

IBGE Cidades, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2022) Disponível em: <www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ap/porto-grande.html > Acesso em 05/06/2023.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). (2012). O programa LANDSAT. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Acesso: 05/06/2023.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Landsat. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/documentacao/satelites/landsat>>. Acesso em: 01/06/ 2023.

KOHLER, Marisa Regina et al. O desmatamento da Amazônia brasileira sob o prisma da pecuária: a degradação dos recursos hídricos no contexto da região norte de Mato Grosso. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, p. e66101119252-e66101119252, 2021.

LEMOS, Natasha Sousa Araujo; LIMA, Renato Abreu. Hidrelétricas na Amazônia brasileira: Um estudo sobre desenvolvimentismo e impactos socioambientais. **GeoGraphos: Revista Digital para Estudantes de Geografia y Ciencias Sociales**, v. 13, n. 142, p. 1-28, 2022.

LI, X., CHEN, W., & LU, G.. A review on remote sensing technology for the spatial assessment of land use/land cover changes. **Science of the Total Environment**, 514, p. 722-733. 2015

LI, D.; LU, D.; MORAN, E.; SILVA, R. F. B. Examining water area changes accompanying dam construction in the Madeira River in the Brazilian Amazon. **Water**, vol. 12, p. 1-20. DOI: <<https://doi.org/10.3390/w12071921>>.2020.

LOPES, Mairia de Sousa; BRITO, Daguinete Maria Chaves. Impactos socioambientais ocasionados por hidrelétrica no Vale do Jari, Amapá, Brasil: percepções comunitárias. **Ambiente & Sociedade**, v. 24, 2021.

LOURENÇO, Roberto Wagner et al. Reflexos ambientais do desenvolvimento e expansão das atividades humanas sobre a qualidade da água. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 1, p. 175-198, 2022.

LU, D., WENG, Q. (2007). A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. **International Journal of Remote Sensing**, 28(5), p.823-870.

MARCÉ, R., ARMENGOL, J., & MORENO-AMICH, R.. Long-term decrease in water transparency of a shallow lake caused by a sustained sediment load from fluvial sedimentation. **Aquatic Sciences**, 74(1), p. 85-94. 2012.

MARGULIS, Sergio. **Causas do desmatamento da Amazônia brasileira**. 1ª edição. Brasília. p.100. 2003

MARIANI, Leidiane et al. Análise de oportunidades e desafios para o Nexo Água-Energia. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 37, 2016.

MEIRELLES, PR de L., S. MOCHIUTTI. "Impactos ambientais da bubalinocultura nos campos inundáveis do Amapá." In: WORKSHOP ECOLAB, 5., 2000, Macapá. **Ecossistemas costeiros amazônicos: boletim de resumos**. Macapá: IEPA, 2000. p. 57-61., 2000.

MENESES,P.M.,& ALMEIDA T. D. (2012). **Introdução ao processamento de imagens de Sensoriamento remoto**. Disponível em: [http://SENSORIAMENTO_REMOTO:FUNDAMENTOS E PRINCÍPIOS \(cnpq.br\)](http://SENSORIAMENTO_REMOTO:FUNDAMENTOS E PRINCÍPIOS (cnpq.br)). Acesso em: 29/04/2023.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético; Empresa de Pesquisa Energética – EPE. **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília: MME; EPE, 2007.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). 2021. **Balanco Energético Nacional 2021**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso: 05/06/2023.

Ministério Público do Estado do Amapá (MP-AP). Por intermédio do MP-AP, AMCEL doa 590 hectares de terra para o município de Porto Grande. Disponível em: <https://www.mpap.mp.br/noticias/gerais/por-intermedio-do-mp-ap-amcel-doa-590-hectares-de-terra-para-o-municipio-de-porto-grande>. Acesso: 19/03/ 2024.

MIRANDA, Ana Paula Teixeira; RODRIGUES, Carmem Lima. Estudo dos impactos socioambientais provocados pela construção da usina hidrelétrica Ferreira Gomes, AP (2014-2019). 2020.

MORETTO, Evandro Mateus et al. Histórico, tendências e perspectivas no planejamento espacial de usinas hidrelétricas brasileiras: a antiga e atual fronteira Amazônica. **Ambiente & Sociedade**, v. 15, p. 141-164, 2012.

MOURA, Luiz Antônio Abdalla de. **Qualidade e gestão ambiental: Sustentabilidade e ISO 14001**. Freitas Bastos, 2023

NASCIMENTO, Erika Regina Prado; SANO, Edson Eyji. Identificação de Cerrado Rupestre por meio de imagens multitemporais do Landsat: proposta metodológica. **Sociedade & Natureza**, v. 22, p. 93-106, 2010.

NETO, Albertino Monteiro et al. Sensoriamento remoto na análise de variáveis ambientais influenciadas pela implantação da usina hidrelétrica de Belo Monte (PA). **Caderno de Geografia**, v. 31, n. 66, p. 823-823, 2021.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 4ª ed. São Paulo: Editora Blucher, 2010.

OLIVEIRA, A. C., et al. Hydroelectric potential and current situation in the Amazon region: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, p. 2055-2066, 2018.

OLIVEIRA, M. L. R. Reflexões sobre o uso do espaço em comunidades amazônicas: uma análise da comunidade extrativista do Iratapuru. **Oikos: Revista Brasileira de Economia Doméstica**, v. 23, n. 1, p. 121-146, 2012.

OLIVEIRA, L. L. et al. **Tempo, Clima e Recursos Hídricos: Resultados do Projeto REMETAP no Estado do Amapá**. 2010..

PACHECO, R. G., Soares-Filho, B., Assunção, J. V., Costa, W. L., & Rosa, L. P. Impactos sociais e ambientais de usinas hidrelétricas na Amazônia: uma revisão sistemática. **Novos Cadernos NAEA**, 22(1), p.139-172, 2019.

PAZOS, Valmor Cerqueira et al. **A dinâmica espacial da orla da cidade de Ferreira Gomes decorrente dos empreendimentos hidrelétricos no espaço transfronteiriço do estado do Amapá-Brasil**. 2021.

PLANO DIRETOR PARTICIPATIVO DO MUNICÍPIO DE FERREIRA GOMES. **Diagnóstico das condicionantes, Deficiências e Potencialidades Municipais Propostas e ações**. Macapá: Prefeitura Municipal de Ferreira Gomes, 2013. p. 187-193.

PLANO DIRETOR PARTICIPATIVO DO MUNICÍPIO DE PORTO GRANDE. **Diagnóstico das condicionantes, Deficiências e Potencialidades Municipais Propostas e ações**. Macapá: Prefeitura Municipal de Porto Grande, 2013. p. 35.

QUEIROZ R, GRASSI P, LAZZARE K, KOPPE E, TARTAS BRE, KEMERICH PDC. 2013. Geração de energia elétrica através da energia hidráulica e seus impactos ambientais. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental** 13 (13): p.2774- 2784.

RADAMBRASIL, Projeto. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. **Ministério das Minas e Energia, Folha Macapá**. NA / NB - 22, v. 6, 1974.

RICHTER, B. D., Baumgartner, J. V., Braun, D. P., & Powell, J. Lost in development's shadow: the downstream human consequences of dams. **Water Alternatives**, 3(2), p. 14-42, 2010.

RODRIGUES, Elisangela Ronconi. **Práticas em recuperação de áreas degradadas**. Editora Senac São Paulo, 2023.

RODRIGUES TWP, GUIMARÃES US, ROTTA LHS, WATANABE FSY, ALCÂNTARA E, IMAI NN. 2016. Delineamento amostral em reservatórios utilizando imagens LANDSAT-8/OLI: um estudo de caso no reservatório de Nova Avanhandava (estado de São Paulo, Brasil). **Boletim de Ciências Geodésicas**, 22 (2): 303-323. <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-21702016000200017>.

ROCHA, Kênia Carolina et al. ÁREAS DE INFLUÊNCIA EM ESTUDOS DE IMPACTO AMBIENTAL EM MINAS GERAIS. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 14, n. 1, p. 134-146, 2020.

ROSA, L. P., OLIVEIRA, R. A., & DIETRICH, W. E. Understanding hydroelectric impacts in the Amazon Basin with multi-temporal satellite radar data. **Remote Sensing of Environment**, 222, p.123-135. 2019.

RUTH, P.S. 2010 **Tecnologias de Geração de Energia Elétrica: Geração Hidroelétrica**. Disponível em: http://ygo.pesqueira.ifpe.edu.br/didaticos/rd_II_geracao1_hidroeletrica.pdf. Acesso em: 01/04/2023.

SALGADO, Cristiane Batista et al. Análise da interferência de nuvens na classificação de séries temporais MODIS-NDVI na região da Amazônia, município de Capixaba, Acre. **Sociedade & Natureza**, v. 31, p. e 47062, 2023.

SANTOS, Valéria Carneiro dos. **Estudo das potenciais respostas ecológicas às alterações hidrológicas ocorridas no baixo trecho do rio Paraguaçu-Ba**. 2018.

SILVA, A. B. et al. Impactos ambientais da construção de usinas hidrelétricas: estudo de caso na região Amazônica. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, 10(2), p. 50-65. 2020.

SILVA, Maria do Socorro Ferreira da; ANUNCIACÃO, Vicentina Socorro da ; ARAÚJO, Hélio Mário de. Criação e gestão ambiental de Áreas de Proteção Ambiental: entre atores, interesses, usos, conflitos e o dilema da conservação nos biomas brasileiros Mata Atlântica e Cerrado. **Terr@ Plural**, v. 14, p. 1-26, 2020.

SILVA, Adriano José da et al. DESMATAMENTO DA FLORESTA AMAZÔNICA NO PARÁ: CAUSAS, IMPACTOS E MEDIDAS DE MANEJO DOS RECURSOS NATURAIS. **Revista Augustus**, v. 59, n. 32, p. 125-151, 2023.

SILVA, A. B. Gestão de recursos hídricos e a importância das barragens. **Cadernos de Ciências Sociais Aplicadas**, v. 14, n. 2, p. 38-50, 2016.

SILVA, C. N.; LIMA, R. A. P.; SILVA, J. M. P. Uso do território e impactos das construções de hidroelétricas na bacia do rio Araguari (Amapá-Brasil). **PRACS: Revista Eletrônica de Humanidades do Curso de Ciências Sociais da UNIFAP**, v. 9, n. 2, p. 123-140, 2016.

SILVEIRA, Missifany. **A implantação de hidrelétricas na Amazônia brasileira, impactos socioambientais e à saúde com as transformações no território: o caso da UHE de Belo Monte**. 2016.

SILVEIRA, O.T.; COSTA NETO, S.V. da; SILVEIRA, O. F. M. da. Social wasps of two wetland ecosystems in Brazilian Amazonia (Hymenoptera, Vespidae, Polistinae). **Acta Amazônica**, v. 38, n. 2, p. 333-344, 2006.

SIMÕES, Juliana Marestoni et al. **Uso de sensoriamento remoto no monitoramento de sólidos em suspensão do reservatório de uma usina hidrelétrica na transição Cerrado-Amazônia**, 2021.

SOUZA, A. C. R., SILVA, J. A., & SILVA, R. A. Impactos socioambientais das usinas hidrelétricas: estudo de caso das famílias reassentadas na área do lago de Tucuruí. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, p.197-210. 2017

SOUZA, M. F., Teixeira, R. F., Castro, V. G., & Ferreira, A. Avaliação dos impactos sociais das usinas hidrelétricas na Amazônia. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, 45, p. 306-323, 2018.

SOUZA, C. M., et al. Local perception of environmental impacts from major infrastructure projects in the Brazilian Amazon. **Journal of Environmental Management**, 203, p. 452-461, 2017.

USGS - U. S. Geological Survey. **Landsat Product**. Disponível em: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-collection-2-level-1-data> . Acesso: 05/06/2023.

WANG, Lei et al. MSNet: Multi-scale convolutional network for point cloud classification. **Remote Sensing**, v. 10, n. 4, p. 612, 2018.

WENZEL, Denise Aline et al. **Dinâmica da cobertura do solo em três bacias hidrográficas da região amazônica do estado de Mato Grosso**, Brasil. 2020.

XAVIER, Jordana dos Anjos et al. Impactos das Mudanças Climáticas nas Florestas Tropicais. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 11, n. 2, p. 65-82, 2022.

ZANATTA, Silvia Santana; MACIEL, Josemar Campos. Pantanal ameaçado: as contradições em torno das narrativas para produção de energia hídrica. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 8, n. 1, 2020.

ZANOTTA, Daniel Capella. FERREIRA, Matheus Pinheiro. ZORTEA, Maciel. **Processamento de Imagens de Satélite**. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

ZHOU, J., WU, J. . Impacts of large dams on downstream fluvial sedimentation: An example of the Three Gorges Dam (TGD) on the Changjiang (Yangtze River). **Water**, 10(2), p.130. 2018.

APÊNDICE - A

MATRIZES DE CONFUSÃO DOS MAPEAMENTOS

MATRIZ DE CONFUSÃO - 1998

1) Error matrix:

326/326 samples labeled

		Validation									
		1 (Água)	2 (Silvicultura)	3 (Floresta)	4 (Nuvem)	5 (Sombra)	6 (Cerrado)	7 (Desmatamento)	8 (Antropizada)	Total	User accuracy
Thematic map classes	1	19	0	0	0	0	0	0	0	19	1.0
	2	0	12	1	0	0	2	0	0	15	
	3	0	1	174	0	3	0	0	0	178	0.97753
	4	0	0	0	13	0	0	0	0	13	1.0
	5	2	0	1	0	15	0	0	0	18	0.83333
	6	1	0	0	0	0	46	0	2	49	0.93878
	7	0	0	0	0	0	2	9	0	11	0.81818
	8	0	0	1	0	0	1	0	21	23	0.91304
	total	22	13	177	13	18	51	9	23	326	

Producer accuracy								
	0.8636	0.92517	0.98283	1.0	0.83596	0.90007	1.0	0.91295

2) Accuracy:

Overall:

Overall Accuracy	Standard deviation
0.9476	0.01222

User:

	User's Accuracy	Standard deviation
1 (Água)	1.0	0.0
2 (Silvicultura)	0.8	0.1069
3 (Floresta)	0.97753	0.01114
4 (Nuvem)	1.0	0.0
5 (Sombra)	0.83333	0.09039
6 (Cerrado)	0.93878	0.0346
7 (Desmatamento)	0.81818	0.12197
8 (Antropizada)	0.91304	0.06007

Producer :								
		1 (Água)	2 (Silvicultura)	3 (Floresta)	4 (Nuvem)	5 (Sombra)	6 (Cerrado)	7 (Desmatamento)
1	0.8636	-	-	-	-	-	-	-
2	-	0.92517	0.00582	-	-	-	0.04066	-
3	-	0.07483	0.98283	-	-	0.16404	-	-
4	-	-	-	1.0	-	-	-	-
5	0.09176	-	0.00576	-	-	0.83596	-	-
6	0.04464	-	-	-	-	-	0.90007	-
7	-	-	-	-	-	-	0.03972	1.0

