



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA  
SUSTENTÁVEL

RONALDO BENEDITO DE SOUZA

Dinâmica da evolução espaço-temporal dos focos de calor e desmatamentos nas  
Unidades de Conservação de Proteção Integral no Amapá (2013-2022)

Macapá - AP  
2025

RONALDO BENEDITO DE SOUZA

Dinâmica da evolução espaço-temporal dos focos de calor e desmatamentos nas  
Unidades de Conservação de Proteção Integral no Amapá (2013-2022)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento da Amazônia Sustentável (PPGDAS) da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

Linha de Pesquisa: Meio Ambiente e Planejamento.  
Orientador: Dr. Marco Antonio A. Chagas

Macapá - AP  
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP  
Elaborado por Cristina Fernandes – CRB-2 / 1569

---

S729d Souza, Ronaldo Benedito de.

Dinâmica da evolução espaço-temporal dos focos de calor e desmatamentos nas Unidades de Conservação de Proteção Integral no Amapá (2013-2022) / Ronaldo Benedito de Souza. - Macapá, 2025.

1 recurso eletrônico. 91 folhas.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento da Amazônia Sustentável, Macapá, 2025.

Orientador: Professor Doutor Marco Antonio Augusto Chagas.

Coorientador: .

Modo de acesso: World Wide Web.

Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Geotecnologias. 2. Análise espaço-temporal. 3. Unidades de conservação. I. Chagas, Marco Antonio Augusto, orientador. II. Universidade Federal do Amapá. III. Título.

CDD 23. ed. – 634.92098115

---

SOUZA, Ronaldo Benedito de. **Dinâmica da evolução espaço-temporal dos focos de calor e desmatamentos nas Unidades de Conservação de Proteção Integral no Amapá (2013-2022)**. Orientador: Professor Doutor Marco Antonio Augusto Chagas. 2025. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Desenvolvimento da Amazônia Sustentável. Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2025.

**RONALDO BENEDITO DE SOUZA**

**DINÂMICA DA EVOLUÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DOS FOCOS DE CALOR E  
DESMATAMENTOS NAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DE PROTEÇÃO  
INTEGRAL NO AMAPÁ (2013-2022)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento da Amazônia Sustentável da Universidade Federal do Amapá, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Desenvolvimento da Amazônia e Sustentabilidade.

**Aprovado em:** 24 / JANEIRO / 2025

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Dr. Marco Antonio Augusto Chagas  
Orientador - PPGDAS/UNIFAP

---

Prof. Dr. Roni Mayer Lomba  
Examinador Titular Interno - PPGDAS/UNIFAP

---

Prof. Dr. Jean Cláudio Santos Fonseca  
Examinador Titular Externo - GEOGRAFIA/UNIFAP

*Dedico em memória ao meu pai,  
Benedito Rondon de Moraes Souza, e à  
minha família, em especial aos meus  
filhos, Pedror Victor Coelho de Souza e  
Eloah Victória Oliveira de Souza.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, acima de tudo.

Ao meu pai Benedito Rondon de Moraes Souza (*in memorian*), o amor, companheirismo, dedicação, ensinamentos, e demonstração de caráter e valores das responsabilidades.

Aos meus filhos, Pedror Victor Coelho de Souza e Eloah Victória Oliveira de Souza, luzes da minha vida, minhas forças, meus sucessos, meus amores e anjos que iluminam a minha vida.

À Carolina Vilce, a força, companheirismo e dedicação. O hoje e o amanhã.

Para a Dra. em Meteorologia pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Elisabete Caria Moraes, tecnologista sênior do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e Coordenadora da Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto do INPE.

À minha amiga de diversos cursos realizados pelo INPE, Adriana Bilar Chaquime dos Santos (Campo Grande - MS), doutoranda em Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária pela Universidade Católica Dom Bosco - UCDB.

À Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), a oferta do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento da Amazônia Sustentável (PPGDAS).

Ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento da Amazônia Sustentável (PPGDAS), a oportunidade de desfrutar de excelentes disciplinas e poder aprender sobre o meio ambiente e planejamento, e principalmente aos docentes que compartilharam um pouco dos seus conhecimentos, tanto do programa quanto de outros programas.

Aos membros da banca de qualificação e defesa, Dr. Roni Mayer Lomba e Dr. Jean Cláudio Santos Fonseca, que aceitaram contribuir para a melhoria deste projeto de dissertação.

O meu agradecimento em especial para o meu professor-orientador, Dr. Marco Antonio Augusto Chagas, a confiança, paciência e amizade, que sempre estava à disposição para me ensinar e socializar suas orientações ricas.

MUITO OBRIGADO!

## RESUMO

Souza, Ronaldo Benedito. As tendências da dinâmica espaço-temporal das incidências de focos de calor, desmatamentos nas Unidades de Conservação de Proteção Integral do Amapá. Macapá 2025. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento da Amazônia Sustentável) - Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento da Amazônia Sustentável, Universidade Federal do Amapá, 2025.

Em 2021, durante a Conferência das Nações Unidas sobre Mudança Climática (COP26), um marco global foi estabelecido com a Declaração de Florestas e Uso da Terra, que fixou a meta de acabar com o desmatamento até 2030. O Brasil, um dos maiores detentores de cobertura florestal do planeta, anunciou sua meta de eliminar o desmatamento ilegal até 2028, refletindo o compromisso com a preservação ambiental. No contexto deste cenário global e nacional, a presente pesquisa teve como objetivo analisar as tendências espaço-temporal dos focos de calor e desmatamentos nas Unidades de Conservação de Proteção Integral do Estado do Amapá no período de 2013 a 2022. A pesquisa foi estruturada a partir da introdução, referencial teórico e de uma metodologia que utiliza ferramentas de sensoriamento remoto, amplamente reconhecidas pela sua capacidade de mapear e monitorar mudanças ambientais em grande escala. Os dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) foram fundamentais para a localização e quantificação destas mudanças. O algoritmo Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) foi aplicado para o pré-processamento e processamento das imagens de satélite, garantindo precisão nas análises. O TimeManager foi utilizado para realizar análises temporais comparativas entre as imagens capturadas durante o período de estudo. Além disto, a plataforma Mappiomas forneceu dados sobre o uso e cobertura da terra, permitindo a quantificação das alterações nas Unidades de Conservação, especialmente em termos de áreas desmatadas ou preservadas. Com estas etapas, a pesquisa visou fornecer informações sistematizadas sobre os focos de calor, desmatamentos e alterações ou não da cobertura do solo nas UCs de proteção integral no estado do Amapá, contribuindo para o monitoramento e fiscalização por parte dos órgãos ambientais. Este panorama permitirá um melhor entendimento das dinâmicas ambientais e auxiliará na formulação de políticas públicas que promovam o desenvolvimento sustentável e a preservação das Unidades de Conservação no Amapá, um estado fundamental para a conservação da Amazônia.

Palavras-chave: geotecnologias; monitoramento; análise espaço-temporal; unidades de conservação.

## ABSTRACT

Souza, Ronaldo Benedito. The trends in the spatio-temporal dynamics of the incidence of hot spots and deforestation in the Integral Protection Conservation Units of Amapá. Macapá 2025. Dissertation (Master's Degree in Sustainable Amazon Development) - Postgraduate Program in Sustainable Amazon Development, Federal University of Amapá, 2025.

In 2021, during the United Nations Conference on Climate Change (COP26), a global milestone was established with the Declaration on Forests and Land Use, which set the goal of ending deforestation by 2030. Brazil, one of the largest holders of forest cover on the planet, announced its goal of eliminating illegal deforestation by 2028, reflecting its commitment to environmental preservation. In the context of this global and national scenario, this research aims to analyze the spatio-temporal trends of hot spots and deforestation in the Integral Protection Conservation Units of the State of Amapá from 2013 to 2022. The research is structured based on the introduction, theoretical framework and a methodology that uses remote sensing tools, widely recognized for their ability to map and monitor large-scale environmental changes. The data provided by the National Institute for Space Research (INPE) will be fundamental for locating and quantifying these changes. The Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) algorithm will be applied for pre-processing and processing of satellite images, ensuring accuracy in analysis. TimeManager will be used to perform comparative temporal analyzes between images captured during the study period. Furthermore, the Mapbiomas platform will provide data on land use and coverage, allowing the quantification of changes in Conservation Units, especially in terms of deforested or preserved areas. With these steps, the research aims to provide systematized information on hot spots, deforestation and changes or not in soil cover in fully protected UCs in the state of Amapá, contributing to monitoring and inspection by environmental agencies. This panorama will allow a better understanding of environmental dynamics and will assist in the formulation of public policies that promote sustainable development and the preservation of Conservation Units in Amapá, a fundamental state for the conservation of the Amazon.

Keywords: geotechnologies; monitoring; spatio-temporal analysis; conservation units.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Queimadas em Porto Velho (RO) .....	19
Figura 2 – Mapa de localização dos Focos de Calor no Estado do Amapá-AP .....	23
Figura 3 – Foco de calor no Município de Itaubal (AP) .....	24
Figura 4 – Área desmatada e queimada no município de Apuí, Amazonas: desmatamento aumentou 20% .....	26
Figura 5 – Biomas brasileiros .....	29
Figura 6 – Mapa de localização dos Desmatamentos no Estado do Amapá .....	32
Figura 7 – Desmatamento, ramal da Vila Vitória no Município de Oiapoque (AP) .....	33
Figura 8 – Evolução do desmatamento nos municípios do DFS/BR-163.....	37
Figura 9 – Processo de degradação florestal e serie temporal usando imagens Landsat ETM	38
Figura 10 – Mapa de localização do Estado do Amapá.....	48
Figura 11 – Mapa de localização das UCs Proteção Integral no Estado do Amapá.....	49
Figura 12 – Imagem do Parque Nacional Montanhas Tumucumaque.....	50
Figura 13 – Imagem do Parque Natural Municipal do Cancão .....	51
Figura 14 – Imagem da Reserva Biológica do Lago Piratuba.....	52
Figura 15 – Imagem da Estação Ecológica Maracá-Jipióca.....	53
Figura 16 – Imagem do Parque Nacional do Cabo Orange.....	54
Figura 17 – Imagem da Estação Ecológica do Jari .....	55
Figura 18 – Imagem da Reserva Biológica Parazinho .....	56
Figura 19 – Classes da Coleção 9 .....	59
Figura 20 – Mapa de uso e cobertura do Estado do Amapá.....	60
Figura 21 – Mapa das UCs de proteção integral com maiores índices de focos de calor entre 2013 e 2022 .....	63
Figura 22 – Mapa das UCs de proteção integral que destacaram com desmatamentos entre 2013 e 2022 .....	66
Figura 23 – UCs de proteção integral com avaliação dos desmatamentos pela SEMA/AP entre 2013 e 2022 .....	67
Figura 24 – Valores (ha) das Classes de Uso e Cobertura da Terra no Estado do Amapá entre 2013 e 2022 .....	70
Figura 25 – Aumento da Classe “Rio, Lago e Oceano” na ESEC Maracá-Jipióca entre 2013 e 2022 .....	72

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Unidades de Conservação, Estado do Amapá .....	46
Tabela 2 – Focos de Calor nas UCs de proteção integral no Estado do Amapá .....	64
Tabela 3 – Desmatamentos nas UCs proteção Integral no Estado do Amapá em ha .....	65
Tabela 4 – Desmatamentos nas UCs proteção Integral no Estado do Amapá em ha .....	68
Tabela 5 – Mudanças do Uso e Cobertura da Terra nas UCs proteção Integral no Estado do Amapá em (ha) nos anos de 2013 e 2022 .....	71

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARPA	Programa de Áreas Protegidas da Amazônia
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBDF	Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
INPA	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
IUCN	União Internacional para a Conservação da Natureza
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MPAP	Ministério Público do Amapá
NUMA	Núcleo de Meio Ambiente
ONU	Organização das Nações Unidas
ONG	Organização Não Governamental
PDI	Processamento Digital de Imagens
PPGDAS	Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento da Amazônia Sustentável
PPGMDR	Programa de Pós-Graduação Mestrado em Desenvolvimento Regional
PPCDAM	Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal
SEMA	Secretaria de Estado do Meio Ambiente
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza
SUDAM	Superintendência para o Desenvolvimento da Amazônia
UFPA	Universidade Federal do Pará
UFMT	Universidade Federal de Mato Grosso
UNIFAP	Universidade Federal do Amapá
UFRA	Universidade Federal Rural da Amazônia

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA .....	16
1.2	HIPÓTESE.....	16
1.3	OBJETIVOS .....	17
1.3.1	<b>Geral</b> .....	17
1.3.2	<b>Específico</b> .....	17
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>18</b>
2.1	FOCOS DE CALOR NO MUNDO: UMA SÍNTESE DAS REGIÕES EM RISCO E SEUS IMPACTOS .....	18
2.2	AS QUEIMADAS NO ESTADO DO AMAPÁ.....	22
2.3	DESMATAMENTO GLOBAL .....	25
2.4	COMO OCORREM OS DESMATAMENTOS NO ESTADO DO AMAPÁ.....	31
2.5	PROCESSAMENTO DE DADOS PARA QUEIMADAS E DESMATAMENTO.....	34
2.6	UNIDADES DE CONSERVAÇÃO: HISTÓRICO, LEGISLAÇÃO, IMPORTÂNCIA E MODALIDADE.....	38
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>47</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	47
3.1.1	<b>Área de estudo: Unidades de Conservação de Proteção Integral</b> .....	49
3.2	COLETA DE DADOS .....	56
3.3	ANÁLISE DE DADOS .....	60
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>63</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>73</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>75</b>
	<b>APÊNDICE A – MAPA DOS ANOS QUE MAIS SE DESTACARAM COM ELEVÇÃO DOS FOCOS DE CALOR NO ESTADO DO AMAPÁ ENTRE 2013 E 2022</b> .....	<b>88</b>
	<b>APÊNDICE B – MAPA DOS ANOS COM MAIORES ÍNDICES DE DESMATAMENTOS (INPE) NO ESTADO DO AMAPÁ ENTRE 2013 E 2022</b>	<b>89</b>
	<b>APÊNDICE C – MAPA DOS ANOS COM MAIORES ÍNDICES DE DESMATAMENTOS (SEMA) NO ESTADO DO AMAPÁ ENTRE 2013 E 2022</b> .....	<b>90</b>
	<b>APÊNDICE D – MAPA DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NO ESTADO DO AMAPÁ</b> .....	<b>91</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os impactos das mudanças climáticas interagem com dois fatores relacionados à destruição e à degradação do meio ambiente: 1) perda de biodiversidade; e 2) poluição e contaminação do ar, da água e do solo. Os efeitos adversos destas ameaças, denominadas pela Organização das Nações Unidas (ONU) de “Tripla Crise Planetária”, transpassam fronteiras internacionais, representando um risco existencial para a humanidade e para a biodiversidade (Abdenur *et al.*, 2022).

As alterações climáticas podem potencialmente interferir no equilíbrio e na estrutura dos ecossistemas (Abdenur, 2022). Por exemplo, a degradação ambiental é causada pela ação humana e acarreta, aproximadamente, 40% de perda de florestas no mundo, conseqüentemente ocorre a intensificação do efeito de borda em áreas fragmentadas e a diminuição do estoque de carbono. Estes impactos podem afetar populações que dependem diretamente das florestas para sua subsistência (Abdenur, 2022). Neste sentido, a Declaração dos Líderes de Glasgow sobre “Florestas e Uso da Terra” sinalizou a crescente preocupação internacional com as florestas e o declínio que os ecossistemas e as espécies com risco de extinção estão sofrendo, devido ao intenso consumo insustentável de recursos naturais (IUCN, 2021).

A Amazônia desempenha um papel crucial para o planeta, pois auxilia na absorção e no estoque de carbono que poderia estar na atmosfera. Porém, esta capacidade vem sendo reduzida em decorrência do desmatamento descontrolado e das mudanças climáticas (Gatti *et al.*, 2021). O bioma está se transformando em emissor de carbono, em vez de um sumidouro, e com a intensificação da estação seca e o crescente desmatamento vem promovendo um distúrbio no ecossistema e aumentando a incidência de queimadas e das emissões de gases de efeito estufa (Gatti *et al.*, 2021).

Diante disto, a Amazônia surge como foco dos temas ambientais mais debatidos nas últimas décadas, em função da sua grande biodiversidade e sua extensão territorial. O avanço das fronteiras da agropecuária tem sido apontado como uma das principais causas do desmatamento de imensas áreas de cobertura florestal, o qual obteve cerca de 44,5 milhões de hectares de vegetação nativa desmatada nos anos de 1985 a 2021 (MapBiomas, 2022).

O Estado do Amapá faz fronteira com o Estado do Pará (nacional), Guiana Francesa e Suriname (internacional), coberto em sua totalidade pelo bioma Amazônia. É considerado o Estado mais preservado do país com aproximadamente 73% da área territorial convertida em Unidades de Conservação (UC), terras indígenas, áreas quilombolas e assentamentos

rurais, e seus 27% restantes representam uma parcela que vem sofrendo forte pressão antrópica com desmatamentos e queimadas sobre a vegetação remanescente convertida principalmente em pastagens e agriculturas (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE], 2022).

Historicamente, em duas décadas (1998 a 2018) analisadas pela plataforma BDQueimadas, o Estado do Amapá apresentou 37.276 focos de calor, sendo os anos de 2002, 2004, 2012, 2015 e 2016 os maiores índices (INPE, 2022a). No mesmo período, com dados da plataforma PRODES, as áreas desmatadas chegaram em aproximadamente 1.583 km<sup>2</sup>, com destaques aos anos de 1989 a 1991 que acumularam cerca de 790 km<sup>2</sup> (INPE, 2022b).

A partir da problemática apresentada, o objetivo da presente pesquisa é analisar as tendências da dinâmica espaço-temporal das incidências de focos de calor, desmatamentos nas Unidades de Conservação de Proteção Integral do Amapá (2013-2022). Considerando as limitações que o Estado possui em encontrar uma ferramenta eficiente de apoio ao monitoramento e controle ambiental, relacionado aos focos de calor e desmatamentos, demonstra-se a necessidade do trabalho, sendo referência para futuros investimentos tecnológicos governamentais e implementações de políticas públicas.

As Unidades de Conservação (UCs), áreas protegidas instituídas pelo poder público, são fundamentais para a preservação da biodiversidade e para a mitigação dos impactos negativos causados pelas atividades humanas, como a agricultura extensiva, abertura de rodovias, a mineração e a expansão urbana. Globalmente, as UCs têm se mostrado eficazes na conservação de ecossistemas, oferecendo refúgio para espécies ameaçadas e garantindo a continuidade de importantes processos ecológicos. A compreensão desta dinâmica é fundamental para a proposição de soluções que possam conciliar a conservação ambiental com o desenvolvimento socioeconômico sustentável, preservando os recursos naturais para as futuras gerações.

Neste aspecto, a geoinformação associada com as ferramentas do sensoriamento remoto pode ser utilizada para análise e mensuração dos resultados, planejamento, construção, direção, treinamento e controle dos dados. Por meio destas ferramentas é possível maximizar o processo e obter resultados precisos, aliados às informações coletadas em campo com apoio de aplicativos que possam capturar coordenadas geográficas acompanhadas com registros de imagens de satélite devidamente identificadas.

Com os avanços no sensoriamento remoto e no geoprocessamento, o monitoramento de áreas suscetíveis a queimadas e desmatamento tem se tornado mais eficiente. Ferramentas

que permitem a identificação e análise de padrões de desmatamento e incêndios em tempo quase real, proporcionam subsídios para ações preventivas e de mitigação. No contexto do Amapá, a aplicação destas tecnologias é crucial para a preservação de suas florestas e para a gestão sustentável de suas áreas protegidas.

As obras literárias, dissertações, teses, artigos e documentos pesquisados sobre a temática apresentam pouco detalhamento da proposta em questão. Os referenciais teóricos, em sua maioria, ou expõem de forma geral algumas diretrizes, passos ou métodos para a gestão do fogo, ou se detêm a apresentar situações específicas através de planos de contingência ou efeitos do fogo, sem um aprofundamento, o que constitui um fator limitante à pesquisa que necessita de dados para análise e avaliação das atuais realizações na temática em questão.

Por outro lado, esta problemática pode ser entendida como um fator positivo, na medida em que se apresenta como um espaço aberto para a proposição de ideias inovadoras, podendo contribuir para o aprimoramento futuro deste segmento nas atividades de proteção do meio ambiente, desenvolvimento regional sustentável e a preservação ambiental no Estado do Amapá.

As informações desta pesquisa servirão de subsídios para outros estudos sobre focos de calor e desmatamentos, bem como aos programas e órgãos que necessitam realizar seu monitoramento. Espera-se também que possa servir de base para o desenvolvimento de uma política ambiental sustentável específica para as Unidades de Conservação de proteção integral e que considere suas especificidades ambientais, permitindo assim aperfeiçoar as interações positivas que existem entre o homem e o meio ambiente.

A motivação para desenvolver este estudo sobre as temáticas “focos de calor e desmatamentos” surgiu através da experiência acadêmica adquirida pelo autor no curso de engenharia florestal ofertado pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) e na especialização em georreferenciamento e geoprocessamento de imóveis rurais pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), que despertaram seu interesse nas questões ambientais e utilização da geotecnologia e sua importância no monitoramento dos focos de calor e desmatamentos.

Outro fator crucial e que oportunizou o despertar para o desenvolvimento desta dissertação foi a linha de pesquisa “Meio Ambiente” ofertada pelo Programa de Pós-Graduação Mestrado em Desenvolvimento Regional (PPGMDR), que desde 13 de abril de 2023 tornou-se Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento da Amazônia Sustentável (PPGDAS), tendo como eixos temáticos: áreas protegidas, mudanças climáticas, e gestão de

ecossistemas e riscos associados.

Esta dissertação foi organizada em Introdução, Fundamentação Teórica — contendo a revisão de bibliografia que resultou na submissão do artigo “As tendências da dinâmica espaço-temporal das incidências dos focos de calor e desmatamentos nas Unidades de Conservação de Proteção Integral do Amapá (2013-2022)” pelo Núcleo de Meio Ambiente (NUMA) da Universidade Federal do Pará (UFPA) através do III Congresso Amazônia: Ambientes, territórios e desenvolvimento —, Materiais e Métodos, Resultados e Discussão e Considerações Finais.

### 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

A pergunta que orientou o planejamento do trabalho de dissertação e representa a problemática da pesquisa, foi a seguinte:

- Como o uso de tecnologias avançadas de geoprocessamento pode proporcionar condições mais favoráveis para analisar as tendências dos focos de calor e do desmatamento nas Unidades de Conservação de Proteção Integral do Estado do Amapá?

### 1.2 HIPÓTESE

Em função da pergunta, que será respondida no capítulo da dissertação, foi elaborada a seguinte hipótese:

- O uso de tecnologias avançadas, como sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica (SIG), melhora significativamente a precisão e a eficiência na análise e monitoramento dos focos de calor e do desmatamento nas Unidades de Conservação de Proteção Integral do Estado do Amapá, permitindo a identificação de áreas críticas e a implementação de medidas preventivas.

A premissa para esta hipótese é de que a aplicação de tecnologias avançadas, como sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica (SIG), proporciona uma base de dados detalhada e em tempo real que aumenta a capacidade de detecção precoce e monitoramento contínuo dos focos de calor e desmatamentos. Isto possibilita uma análise

mais precisa e eficiente, essencial para a identificação de áreas críticas nas Unidades de Conservação de Proteção Integral do Estado do Amapá, facilitando a implementação de estratégias preventivas e corretivas para a proteção ambiental.

### 1.3 OBJETIVOS

#### 1.3.1 Geral

Analisar a dinâmica da evolução espaço-temporal dos focos de calor e desmatamentos nas Unidades de Conservação de Proteção Integral no Amapá (2013-2022).

#### 1.3.2 Específico

- Identificar e mapear a distribuição espacial dos focos de calor nas Unidades de Conservação de Proteção Integral do Amapá no período de 2013 a 2022, utilizando tecnologias de sensoriamento remoto e geoprocessamento;
- Analisar a variação temporal dos focos de calor, desmatamentos e uso da cobertura do solo nas Unidades de Conservação de Proteção Integral do Amapá ao longo do período estudado, identificando possíveis tendências e padrões sazonais.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 FOCOS DE CALOR NO MUNDO: UMA SÍNTESE DAS REGIÕES EM RISCO E SEUS IMPACTOS

As mudanças climáticas têm provocado um aumento significativo na frequência e intensidade dos focos de calor ao redor do mundo. Segundo o climatologista Carlos Nobre, os focos de calor ao redor do mundo são um reflexo claro das mudanças climáticas globais. Com o aumento das temperaturas, eventos extremos como incêndios florestais se tornam mais frequentes e intensos (Nobre, 2019). Este aumento não só ameaça ecossistemas inteiros, como também coloca em risco a vida de milhões de pessoas, especialmente em regiões vulneráveis.

As regiões polares, especialmente o Ártico, têm sido particularmente afetadas pelas mudanças climáticas, resultando em novos focos de calor em áreas anteriormente protegidas pelo gelo. James Hansen, ex-diretor do Instituto Goddard de Estudos Espaciais da NASA, destaca que as regiões do Ártico, que anteriormente estavam protegidas pelo gelo, agora se tornaram focos de calor devido ao aquecimento global, acelerando ainda mais a perda de gelo marinho (Hansen, 2018). Esta dinâmica cria um ciclo vicioso que intensifica ainda mais o aquecimento global.

Nos Estados Unidos e no Canadá, os focos de calor têm se tornado mais frequentes e intensos. No verão de 2023, a Califórnia enfrentou uma onda de calor extrema, com temperaturas ultrapassando 50°C em várias localidades, provocando incêndios florestais devastadores (California Department Of Forestry And Fire Protection, 2023). No Canadá, o clima quente e seco contribuiu para incêndios florestais em várias províncias, com áreas como Alberta sendo particularmente afetadas (Canadian Interagency Forest Fire Centre, 2023).

A Europa também tem sido impactada por ondas de calor severas. Em 2022, a França e a Espanha registraram temperaturas recordes acima de 45°C, levando a incêndios florestais e ondas de calor extremas (European Environment Agency, 2022). Na Ásia, a Índia e o Paquistão têm experimentado ondas de calor cada vez mais intensas. Em 2023, o subcontinente indiano enfrentou uma das suas piores ondas de calor em décadas, com temperaturas ultrapassando 50°C em algumas regiões, afetando severamente a agricultura e a saúde pública (India Meteorological Department, 2023). No Paquistão, o calor extremo também exacerbou a crise humanitária, com impactos significativos nas comunidades vulneráveis (Pakistan Meteorological Department, 2023).

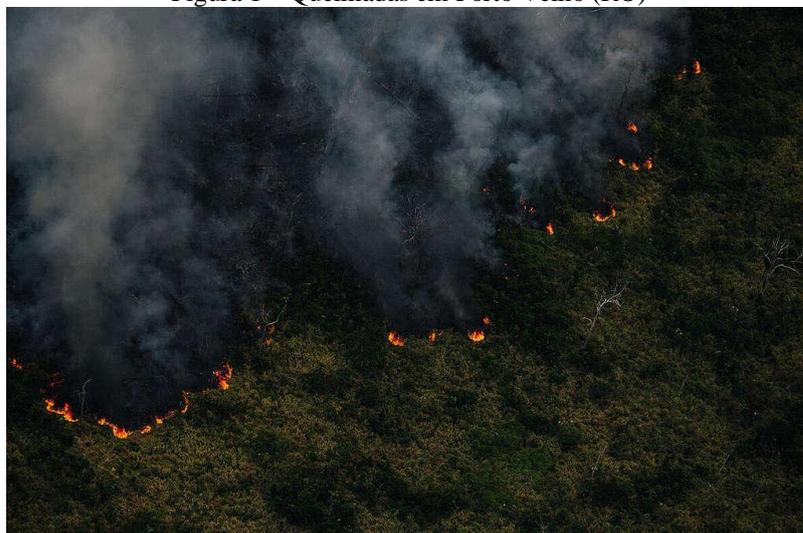
O Brasil tem observado um aumento significativo nos focos de calor, especialmente

nas regiões Amazônica e do Cerrado, áreas historicamente afetadas pelo desmatamento. Carlos Nobre, climatologista brasileiro, afirma que o aumento dos focos de calor no Brasil está diretamente relacionado à expansão do desmatamento, que não só reduz a umidade da floresta, como também facilita a propagação de incêndios (Nobre, 2020). A prática de queimadas para limpar áreas para cultivo é uma das principais causas dos focos de calor no Brasil. Esta técnica é utilizada para preparar o solo para a agricultura, especialmente na região do Cerrado e na Amazônia (Aragão *et al.*, 2020). Apesar de ser uma prática tradicional, as queimadas descontroladas podem se tornar incêndios florestais graves.

Os focos de calor têm causado danos irreparáveis à biodiversidade brasileira, especialmente em ecossistemas sensíveis como o Pantanal e a Amazônia. De acordo com Philip Fearnside (2019), pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), os incêndios florestais gerados pelos focos de calor resultam na perda de habitats e na morte de espécies endêmicas, o que ameaça a biodiversidade única do Brasil. A destruição de áreas naturais críticas compromete a riqueza biológica do país, com efeitos em cascata sobre a conservação e o clima global.

O Pantanal, uma das maiores planícies alagadas do mundo, tem enfrentado um aumento alarmante nos focos de calor, exacerbado pelas mudanças climáticas. De acordo com Mercedes Bustamante (2020), professora da Universidade de Brasília (UnB), as alterações no regime de chuvas e o aumento das temperaturas devido às mudanças climáticas têm contribuído para a intensificação dos focos de calor no Pantanal, levando a incêndios de grandes proporções. Estas condições extremas têm gerado impactos severos sobre a fauna e a flora pantaneiras, além de afetarem a economia local (Figura 1).

Figura 1 – Queimadas em Porto Velho (RO)



Fonte: GREENPEACE (2022).

A emergência climática está convertendo vastas áreas da Floresta Amazônica em focos de calor, colocando em risco a biodiversidade e as populações humanas. Marina Silva (2021) alerta que a emergência climática está transformando vastas áreas de floresta tropical em focos de calor, ameaçando não apenas a biodiversidade, mas também as populações humanas que dependem destes ecossistemas. Isto enfatiza a necessidade de políticas de conservação e manejo sustentável das florestas tropicais.

No Cerrado brasileiro, os focos de calor estão intimamente ligados à expansão agrícola, que utiliza o fogo como método de limpeza de áreas para cultivo. Segundo Evaristo Eduardo de Miranda (2021), pesquisador da Embrapa, a utilização do fogo no manejo agrícola do Cerrado é uma das principais causas do aumento dos focos de calor, que têm se tornado mais frequentes e intensos nos últimos anos. Esta prática, apesar de tradicional, tem intensificado a degradação do bioma e contribuído para a desertificação de grandes áreas.

A intensificação dos focos de calor está estreitamente associada às ações antrópicas, especialmente através do desmatamento e da degradação ambiental. Fearnside (2020), renomado ecólogo, afirma que o aumento na frequência e intensidade dos focos de calor está diretamente relacionado à ação humana. A degradação ambiental e o desmatamento exacerbam as condições que facilitam esses incêndios. Esta relação mostra a urgência de políticas públicas que controlem e revertam o desmatamento, mitigando assim os riscos de incêndios.

A escalada dos focos de calor é um indicativo claro de que o sistema climático está em desequilíbrio. Michael Mann (2017), professor de ciências atmosféricas, argumenta que a crescente incidência de focos de calor é um sintoma de um sistema climático desequilibrado. É um alerta para a necessidade urgente de mitigar as emissões de gases de efeito estufa (Mann, 2017). A mitigação destes gases é essencial para prevenir futuros desastres climáticos e garantir a sustentabilidade do planeta.

O combate aos focos de calor no Brasil requer a implementação de políticas públicas eficazes que integrem esforços de prevenção e resposta rápida a incêndios. Segundo Silva (2018), a criação e aplicação de políticas públicas voltadas à prevenção dos focos de calor são essenciais para a preservação das florestas brasileiras e a mitigação dos impactos das mudanças climáticas. O fortalecimento da fiscalização ambiental e a promoção de práticas sustentáveis são caminhos fundamentais para enfrentar este desafio.

A existência de uma fonte de ignição geralmente está relacionada com a decisão humana de onde e quando queimar a vegetação, a qual depende de fatores ambientais,

econômicos, políticos e culturais (Coutinho, 1992, 2000; Mantovani *et al.*, 1998). Para prever este comportamento estão sendo estudados indicadores de ações antrópicas que de alguma forma possam estar relacionados às queimadas, como o uso da terra, malha viária, áreas urbanas e densidade populacional, entre outros (Chuvieco *et al.*, 1997; Ferraz; Vettorazzi, 1997, 1998).

O histórico de queimadas é um indicador que compreende dados de áreas queimadas e da localização de focos de incêndios, auxiliando na previsão de onde o fogo poderia ocorrer, pois supõem-se que quanto mais próximo o espaço e o tempo de queimadas ocorridas anteriormente, maior será a possibilidade de ocorrência de fogo, indicando locais e períodos com as condições necessárias para ocorrência (Chuvieco *et al.*, 1989, 1997).

Atualmente, tem sido atribuída maior importância à prevenção do que à supressão do fogo, pois é mais fácil evitar uma queimada ou combatê-la no começo do que estando estabelecida ou em propagação (Soares, 1984, 1985). O conhecimento da susceptibilidade possibilita o planejamento de medidas preventivas, otimizando a alocação de recursos pela melhor relação custo/benefício em comparação com as medidas supressivas (Soares, 1984, 1985). No século passado foram realizados os primeiros trabalhos sobre susceptibilidade da vegetação ao fogo, com os primeiros índices sendo desenvolvidos na década de 1940 (Turner *et al.*, 1961). Em 1972 foi finalizado o primeiro Índice Nacional de Susceptibilidade, conhecido como fórmula de Monte Alegre (Soares, 1985).

Entre os índices de susceptibilidade ao fogo existem os que utilizam somente dados meteorológicos e os que também adicionam dados vegetacionais e antrópicos. Os parâmetros meteorológicos relacionados à umidade da vegetação variam em curto prazo de tempo, sendo de caráter diário, os mais antigos utilizam apenas estes tipos de dados, tais como: o Angstrom (desenvolvido na Suécia em 1942), o Nesterov (criado na Rússia em 1949) e o Monte Alegre (desenvolvido no Brasil em 1972) (Turner *et al.*, 1961; Soares, 1985).

O risco é a condição potencial de ocorrência e propagação de um incêndio florestal, definido principalmente pelas características do material combustível, entre outros fatores, que somados formam uma situação favorável de ignição e dificuldades de extinguir o fogo (Souza *et al.*, 1996). Por exemplo, um incêndio florestal ocorre quando um ambiente é ou está momentaneamente vulnerável e exposto a um fator de ameaça, ou seja, na junção de combustíveis inflamáveis expostos a uma fonte de calor. Desta forma, os dois fatores que regem a ocorrência de incêndio são a vulnerabilidade do ambiente e o fator de ameaça (Castañeda, 1997).

A vulnerabilidade pode ser traduzida em função do material combustível e das

condições ambientais que favorecem a ignição e propagação do fogo. Entre os fatores relacionados estão incluídas as características do solo em associação com a cobertura vegetal. Enquanto o fator de ameaça está relacionado à probabilidade da existência de agentes naturais e antrópicos que possam dar início ao processo de combustão.

Além disto, uma zona de risco de incêndio é uma área delimitada em função do potencial de ocorrência e propagação do fogo, identificada através de características ambientais comuns que se traduzem em um mesmo potencial de risco. As zonas de risco são delimitadas segundo a distribuição de pontos de ignição de incêndios. Estas áreas de concentração formam zonas úteis para o trabalho de elaboração do plano de gestão ambiental, prevenção e supressão do fogo (Show; Clarke, 1953).

Por fim, a conversão das florestas em pastagem na Amazônia ocorre por meio de um longo processo, iniciado com a abertura de estradas para acessar novas áreas, atividade madeireira como geradora de renda inicial, limpeza do terreno, geralmente com o uso do fogo, e implantação da pecuária extensiva. Quando o fogo adentra a floresta, queima as árvores, aumenta a carga de combustível e seca o sub-bosque, elevando o risco de futuras queimadas e da completa degradação da floresta (Fearnside, 1988, 2005).

## 2.2 AS QUEIMADAS NO ESTADO DO AMAPÁ

O Estado do Amapá, localizado no extremo Norte do Brasil, tem enfrentado desafios crescentes relacionados aos focos de calor, influenciados tanto pelas mudanças climáticas quanto pelas atividades humanas, como o desmatamento e a agricultura. Segundo Paulo Brando (2019), pesquisador especializado em ecossistemas amazônicos, os focos de calor no Amapá refletem um processo contínuo de degradação ambiental, onde as práticas de desmatamento e o manejo inadequado da terra contribuem para a intensificação dos incêndios.

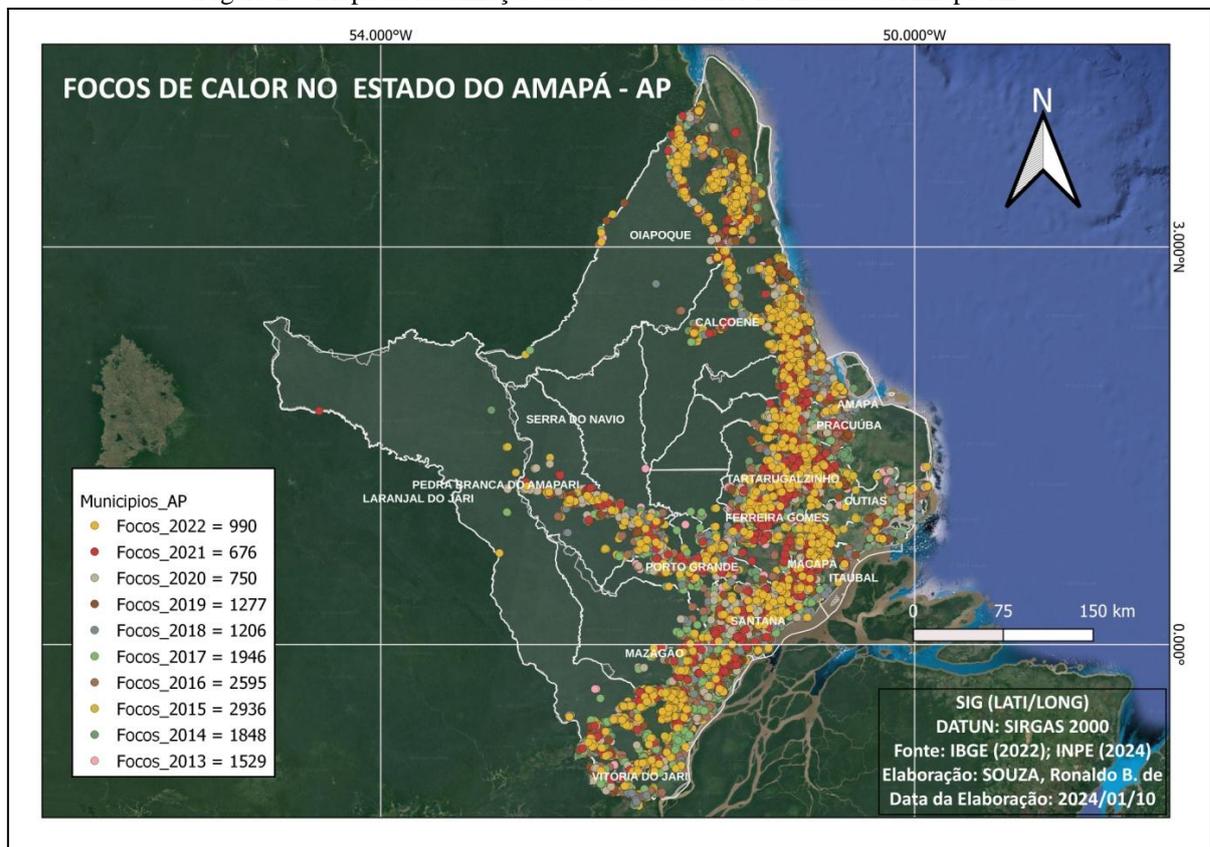
De acordo com Souza e Silva (2021), o aumento das queimadas no Amapá está claramente associado a alterações na biodiversidade local e condições climáticas adversas. Estes impactos são percebidos durante a estação seca, quando a frequência de focos de calor aumenta significativamente. A expansão da agricultura e da pecuária no Amapá está fortemente correlacionada ao aumento dos focos de calor, evidenciando uma relação direta entre práticas de manejo inadequadas e a ocorrência de queimadas (Lima; Fernandes, 2022).

A bióloga Ima Vieira (2020), da Embrapa Amapá, destaca que os focos de calor têm causado perdas significativas de biodiversidade no Amapá, com impactos diretos em espécies endêmicas e na regeneração natural das florestas. A persistência destes incêndios afeta não só

os ecossistemas locais, mas também a resiliência das florestas em face das mudanças climáticas.

A expansão da fronteira agrícola no Amapá tem sido um dos principais fatores para o aumento dos focos de calor na região. De acordo com Miranda (2021), o uso do fogo como ferramenta para a expansão agrícola no Amapá tem contribuído significativamente para o surgimento de focos de calor, resultando em incêndios que afetam vastas áreas de floresta. Este processo de expansão descontrolada coloca em risco os ecossistemas locais e exige um manejo mais sustentável da agricultura no estado. Conforme Figura 2, entre o espaço-temporal analisado (2013-2022), o Estado do Amapá obteve 15.753 focos de calor, destacando os anos de 2013 a 2019, que tiveram acima de 1.000 focos (INPE, 2024a).

Figura 2 – Mapa de localização dos Focos de Calor no Estado do Amapá-AP



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de INPE - BDQueimadas (2024).

As mudanças climáticas têm intensificado os focos de calor no Amapá, resultando em eventos mais frequentes e destrutivos. Bustamante (2020) argumenta que as alterações climáticas, incluindo o aumento das temperaturas e a mudança no padrão das chuvas, têm exacerbado a ocorrência de focos de calor no Amapá, contribuindo para incêndios de grande magnitude. Estes eventos climáticos extremos exigem uma resposta coordenada para mitigar

seus impactos nas comunidades locais e nos ecossistemas.

A prevenção e o combate aos focos de calor no Amapá dependem de políticas públicas eficazes que abordem as causas subjacentes, como o desmatamento e a expansão agrícola desordenada. A implementação de políticas públicas específicas para o Amapá, que incluam a fiscalização rigorosa e o apoio a práticas agrícolas sustentáveis, é crucial para reduzir os focos de calor e proteger a Amazônia (Silva, 2018). A promoção de iniciativas sustentáveis é essencial para a preservação do bioma amazônico e a mitigação dos impactos climáticos.

A monitorização dos focos de calor no Estado do Amapá utilizando imagens de satélite tem revelado padrões de ocorrência que coincidem com períodos críticos de seca e aumento das atividades agropecuárias (Pereira; Oliveira, 2020). Para Pereira e Oliveira (2020), a utilização de imagens de satélite tem sido fundamental para a identificação e monitoramento dos focos de calor no Amapá (Figura 3), permitindo uma compreensão mais detalhada dos padrões espaciais e temporais destes eventos.

Figura 3 – Foco de calor no Município de Itaubal (AP)



Fonte: Atividade de campo realizada pelo autor (2022).

As políticas públicas implementadas no Amapá para o controle de focos de calor têm sido insuficientes para lidar com o aumento crescente dos eventos de queimada, necessitando de medidas mais rigorosas e de fiscalização efetiva (Carvalho; Rodrigues, 2019). Queimadas recorrentes no estado têm causado sérios problemas de saúde pública, incluindo aumento de doenças respiratórias, e afetando principalmente as comunidades rurais (Costa; Santos, 2021).

### 2.3 DESMATAMENTO GLOBAL

O desmatamento é uma das principais causas da degradação ambiental global, resultando na perda de biodiversidade, alteração dos ciclos hidrológicos e contribuição significativa para as mudanças climáticas. Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), o desmatamento é responsável por aproximadamente 10% das emissões globais de gases de efeito estufa (IPCC, 2019). Esta prática ocorre principalmente em regiões tropicais, como a Amazônia, o Congo e as florestas do Sudeste asiático, onde a demanda por terras para agricultura e pecuária impulsiona a conversão de florestas em áreas de cultivo (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura [FAO], 2020).

O desmatamento global tem sido uma preocupação crescente nas últimas décadas, particularmente devido ao seu impacto sobre a biodiversidade e o clima. Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), entre 1990 e 2020, o mundo perdeu aproximadamente 420 milhões de hectares de floresta, uma área equivalente ao tamanho da União Europeia (FAO, 2020). Este processo tem sido impulsionado principalmente pela conversão de florestas em terras agrícolas e pastagens, especialmente nas regiões tropicais, onde a pressão por alimentos e matérias-primas é mais intensa (Meyfroidt *et al.*, 2014).

A expansão agrícola é frequentemente citada como a principal força motriz por trás do desmatamento, especialmente em países em desenvolvimento. De acordo com Geist e Lambin (2002), cerca de 96% do desmatamento nas regiões tropicais pode ser atribuído à agricultura, sendo que a maior parte ocorre em grande escala para a produção de commodities como soja, óleo de palma e carne bovina. Estes autores destacam que a agricultura de subsistência também desempenha um papel significativo, particularmente em regiões da África e da América Latina.

Além dos impactos ambientais diretos, o desmatamento também tem consequências socioeconômicas complexas. Embora a conversão de florestas em terras agrícolas possa gerar benefícios econômicos a curto prazo, como a geração de empregos e a produção de alimentos, estudos apontam que os custos a longo prazo, como a perda de serviços ecossistêmicos e o aumento da vulnerabilidade às mudanças climáticas, superam estes benefícios (Barbier, 2011). Esta dinâmica cria um dilema entre o desenvolvimento econômico e a conservação ambiental, especialmente em países onde a dependência da agricultura é alta.

O Brasil abriga a maior parte da Floresta Amazônica, a maior floresta tropical do mundo, que desempenha um papel crucial na regulação do clima global e na preservação da

biodiversidade. No entanto, nas últimas décadas, o país tem enfrentado uma taxa alarmante de desmatamento. De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o desmatamento na Amazônia brasileira aumentou significativamente desde 2012, atingindo 13.235 km<sup>2</sup> em 2020, o maior valor desde 2008 (INPE, 2020). Este aumento é frequentemente atribuído à expansão agropecuária, extração ilegal de madeira e políticas governamentais que incentivam a ocupação de terras (Ferrante; Fearnside, 2019).

O desmatamento na Amazônia brasileira (Figura 4), por exemplo, é emblemático dos desafios globais em equilibrar a conservação florestal e o desenvolvimento econômico. De acordo com dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a taxa de desmatamento na Amazônia aumentou significativamente nas últimas décadas, com um pico de 11.088 km<sup>2</sup> desmatados em 2019 (INPE, 2020). Estudos indicam que este aumento está fortemente associado à expansão da agropecuária e à exploração madeireira, muitas vezes realizada de forma ilegal (Nepstad *et al.*, 2014).

Figura 4 – Área desmatada e queimada no município de Apuí, Amazonas: desmatamento aumentou 20%



Fonte: MapBiomas (2022).

Uma região que se tornou foco das atenções de ambientalistas, sociólogos, economistas, biólogos, geógrafos e demais pesquisadores do mundo, a Amazônia brasileira, com intenso processo de desmatamento, tem levado à contínua degradação, não somente das florestas (incluindo floresta densa e floresta rasteira), mas também de todo bioma pertencente a esta região, acarretando diversos impactos ambientais, sociais e econômicos (Reis; Guzmán, 1992).

Com o desenvolvimento desta região, os problemas relacionados ao desmatamento têm se agravado, gerando não somente preocupações nacionais, mas também mundiais. De acordo com Fearnside (2005), o índice de desmatamento da Amazônia brasileira é mensurado em termos de “Bélgicas”, pois a perda anual de floresta corresponde à área total deste país (30,5 mil km<sup>2</sup>).

Os impactos ambientais provocados pelo desmatamento estão relacionados, por exemplo, com a perda de biodiversidade, exposição do solo à erosão, perda das funções da floresta na ciclagem d’água, nutrientes e no armazenamento de carbono, além do efeito estufa. E os impactos sociais referem-se ao aumento no número de doenças respiratórias (em decorrência do incremento na liberação de gases poluentes), perda e destruição de parcela das reservas indígenas (devido à instalação de hidrelétricas) e contaminação das populações (por exemplo, ribeirinhos, indígenas e seringueiros) pela ingestão de elevadas quantidades de mercúrio nos rios, pela atividade de garimpeiros, e nas represas das grandes hidrelétricas (Farley, 1998; Fearnside, 2003).

O desflorestamento em áreas de floresta nativa está ocorrendo em função do incremento das áreas voltadas para pastagem e agricultura, com a Amazônia concentrando, aproximadamente, 33% da produção nacional de soja e cerca de 33% do rebanho bovino brasileiro. Além disto, as atividades extrativistas também contribuem para o processo de desmatamento — o total de toras de madeiras exploradas pelos estados da Amazônia correspondem a 81% da produção nacional e cerca de 13% da produção mineral do país é extraída da região (Gomes; Braga, 2008).

Geist e Lambin (2001) fizeram um levantamento de 152 estudos de caso nacionais acerca das forças que atuam positivamente sobre o desmatamento, classificando-as em três diferentes categorias: a) causas agregadas primárias (diretas) e relacionadas - expansão da agricultura, extração da madeira e expansão da infraestrutura; b) forças direcionais subjacentes, que incluem elementos de natureza demográfica, econômicos, institucionais, culturais e político-sociais; e c) fatores heterogêneos, como pré-disposição ambiental, forças biofísicas e eventos aleatórios de natureza social.

O desmatamento da Amazônia Legal brasileira se enquadra nas três categorias citadas, entretanto, as causas agregadas primárias e relacionadas predominam para a maioria dos pesquisadores sobre o tema. Muitos enfatizam que a atividade pecuária (Margulis, 2003; Walker; Moran; Anselin, 2000), a plantação da soja (Fearnside, 1999), a extração madeireira (Fearnside, 2003) ou todos estes fatores somados (Fearnside, 1997; Gomes; Braga, 2008) são os grandes responsáveis pelo desmatamento da referida região.

No início da década de 1970, a atividade pecuária na região amazônica era apontada como predatória e responsável pela intensificação do processo de desertificação. Ela só seria lucrativa, eventualmente, em decorrência do baixo preço de aquisição da terra, subsidiada pela Superintendência para o Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM). Além disto, a venda da madeira extraída na própria área auxiliaria a prover recursos para pagar o custo da terra, o desmatamento, a queimada, a plantação da pastagem e, ainda, a aquisição do gado necessário para iniciar o rebanho (Fearnside, 2003).

Os impactos do desmatamento vão além da perda de biodiversidade, afetando também os povos indígenas e comunidades locais que dependem das florestas para sua subsistência. Segundo Cronkleton *et al.* (2012), a perda de florestas pode comprometer os meios de vida tradicionais e aumentar a vulnerabilidade destas populações às mudanças climáticas. A perda de terras florestais compromete o acesso a recursos naturais essenciais e pode levar ao deslocamento forçado de comunidades (Brockington *et al.*, 2008).

A expansão das plantações de soja na Amazônia também se apresenta como grave ameaça aos povos indígenas e à manutenção da floresta. A importância crescente desta atividade no Brasil fornece justificativa política para investimentos governamentais em infraestrutura, tais como hidrovias, ferrovias e rodovias para o transporte da soja e dos insumos (Fearnside, 1999).

A retirada da madeira contribui com o desmatamento devido às estradas abertas pelas atividades madeireiras que facilitam a entrada de colonos, grileiros, pecuaristas e fazendeiros em regiões até então pouco exploradas. Isto é, além da própria atividade redundar em desmatamento, o dinheiro proveniente da venda da madeira, geralmente, é reinvestido em atividades agropecuárias, estimulando ainda mais a derrubada de florestas (Fearnside, 1999; 2003, Margulis, 2003).

O Plano de ação para a prevenção e controle do desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAM) apresenta que a extração da madeira é realizada de forma intensiva sem práticas de manejo, gerando um expressivo aumento da biomassa seca que torna a floresta altamente vulnerável à invasão do fogo oriundo de pastagens e roçados em localidades vizinhas (MMA, 2016). Fearnside (1999) relata que o corte da madeira aumenta a inflamabilidade da floresta, das queimadas do sub-bosque, coloca em movimento um ciclo vicioso de mortalidade das árvores, aumenta a carga de combustível, a reentrada do fogo e, por fim, a destruição total da floresta.

De acordo com Fearnside (2003), ao contrário do que os dados indicam, a exploração madeireira é uma atividade que vem crescendo nas últimas duas décadas na Amazônia Legal

brasileira. A vasta extensão territorial, atrelada à redução das florestas asiáticas, que possuem madeira de qualidade superior, tende a ampliar a demanda pela madeira extraída na floresta amazônica. Ainda, é necessário enfatizar que os dados de agências oficiais sobre a extração de madeira na Amazônia devem ser vistos com ressalvas, pois cerca de 80% do volume de toras cortadas na região é ilegal (MMA, 2016).

O Bioma Amazônia (Figura 5) ocupa, aproximadamente, 4.196.943 km<sup>2</sup>, correspondendo a 49% do território brasileiro; abrange os Estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia e Roraima e parte dos Estados do Maranhão, Tocantins e Mato Grosso. A Amazônia possui a maior floresta tropical do mundo, equivalente a 1/3 das reservas de florestas tropicais úmidas que abrigam a maior quantidade de espécies da flora e da fauna (IBGE, 2022). Possui ainda a bacia hidrográfica de maior dimensão do mundo, o Rio Amazonas, com mais de 20% do volume de água doce mundial (Buchillet; Ricardo; Azevedo, 2006).

Figura 5 – Biomas brasileiros



Fonte: IBGE (2022).

O desmatamento é causado pela atividade humana sobre a natureza para a obtenção de áreas de plantio de culturas agrícolas e pastagens e extração de madeira (Miranda, 2006). Na

região da Amazônia Legal, as derrubadas têm sido muito utilizadas pelos colonos e ali instaladas para manejo da terra, como retrata Passos (1998), Brasil Jr. (2003) e Pereira *et al.* (2004) ao explicarem que a prática das derrubadas na região da Amazônia Legal é realizada para a extração de madeira e posterior queimada para a implantação de áreas de pastagens e culturas anuais.

Desde o início da colonização da Amazônia no século XX, percebe-se as migrações de famílias do Sul e Sudeste para o Norte, impulsionadas pela abertura de grandes eixos rodoviários e por grandes projetos públicos e privados de colonização, o que levou a região Norte a ser sistematicamente desmatada (Becker, 2004). O desmatamento da floresta na região Amazônica está relacionado diretamente aos grandes projetos de infraestrutura implantados pelo governo federal. Ao relacionar a implantação dos grandes projetos com as obras de infraestrutura, Brasil Jr. (2003) diz que:

Existe uma relação direta entre a implantação de obras de infraestrutura e a degradação dos recursos naturais, especialmente, quando os investimentos ocorrem sem medidas prévias de ordenamento territorial e em áreas nas quais predominam ecossistemas frágeis. Tal situação se tornou uma regra no que tange aos investimentos em infraestrutura na Amazônia. A abertura e/ou pavimentação de rodovias em áreas isoladas de floresta têm sido os principais vetores do desflorestamento naquela região. Ao facilitar o acesso e, portanto, aumentar a oferta de terras baratas em áreas de floresta, as estradas expandem a fronteira de degradação e contribuem para intensificar a disputa pela terra e os conflitos em torno do uso dos recursos naturais. Estima-se que, entre 1978 e 1994, cerca de 75% do desflorestamento na Amazônia ocorreu dentro de uma faixa de 50 km de cada lado das rodovias pavimentadas da região (Brasil Jr., 2003, p. 127).

De acordo com Brasil Jr. (2003), o desmatamento na região Amazônica é dividido em três categorias: 1) desmatamento ao longo dos eixos rodoviários — mais comum na região amazônica, ocorre a partir da transformação das áreas de florestas nativas em decorrência das bordas de rodovias pavimentadas ou não, que são os caminhos de escoamento da produção das fazendas e também de pessoas; 2) radial polarizado — o povoamento e, por consequência, o desmatamento, cresce radialmente a partir de um polo local, podendo ser uma cidade, uma sede de projeto ou um porto. Um sistema de estradas vicinais é formado para estabelecer uma acessibilidade radial das fazendas ao polo, porém, torna-se precário e mantido pelas autoridades políticas do local; 3) pulverizado com estrutura de transporte precária — o desmatamento de áreas é relativamente isolado e induzido por políticas ou atividades locais, sendo um exemplo a implantação de assentamento de reforma agrária.

Alves (2002), analisando as quantidades de desmatamento na Amazônia, descreveu que os desmatamentos variam de região para região. Nos Estados do Pará e do Mato Grosso,

as propriedades com 100 e 200 hectares contribuem com 50% do desmatamento da região. Em Rondônia, as propriedades com mais de 50 hectares contribuem com 70% do desmatamento e na transamazônica; as propriedades com 50 hectares contribuem com 62% do desmatamento de toda a região (Alves, 2002).

Por fim, de acordo com o Wiess (2003), o desmatamento é um círculo vicioso de pressão especulativa e pecuária, pressão e ocupação camponesa, delimitação, regularização de áreas e implantação dos assentamentos. Além dos conflitos intergovernamentais, segundo cada estado, existem conflitos entre pecuarista, governos, grupos indígenas e entre pecuarista e pequenos agricultores. O pesquisador destaca ainda que não existe uma única causa para o desmatamento da floresta amazônica, é um processo complexo em que todos os atores têm seus papéis.

#### 2.4 COMO OCORREM OS DESMATAMENTOS NO ESTADO DO AMAPÁ

O Estado do Amapá, localizado na região Norte do Brasil, destaca-se por abrigar uma das maiores porcentagens de cobertura florestal do país, com mais de 70% de seu território composto por florestas nativas (Araújo *et al.*, 2019). Apesar da alta cobertura vegetal, o desmatamento no Amapá tem se intensificado nos últimos anos, impulsionado principalmente pela expansão da agricultura e pela extração de madeira. Segundo Silva *et al.* (2020), entre 2015 e 2019, o Amapá perdeu aproximadamente 35 mil hectares de floresta, um aumento significativo em relação às décadas anteriores. Conforme Figura 6, entre o espaço-temporal analisado (2013-2022), o Estado do Amapá obteve 206,19 km<sup>2</sup> de área desmatadas, com destaque para o ano de 2019 com cerca de 39,06 km<sup>2</sup> (INPE, 2024b).

Figura 6 – Mapa de localização dos Desmatamentos no Estado do Amapá



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de INPE - PRODES (2024).

A dinâmica do desmatamento no Amapá é influenciada por fatores específicos, como a expansão da fronteira agrícola e a criação de áreas de pastagem. De acordo com Almeida *et al.* (2019; 2021), Araújo *et al.* (2019), Fearnside (2020) a expansão de infraestruturas, como estradas e projetos de mineração, tem ampliado o acesso a áreas anteriormente isoladas, acelerando o desmatamento. Um exemplo notável é a BR-210, cuja construção tem favorecido a ocupação desordenada e a conversão de florestas em pastagens. Paralelamente, a intensificação da pecuária, especialmente no sul do Amapá, tem sido um dos principais fatores responsáveis pela substituição da vegetação nativa por áreas de pasto. Além disso, a crescente demanda global por commodities agrícolas tem impulsionado a expansão da agricultura, com destaque para a produção de soja e a pecuária, intensificando ainda mais o desmatamento nessa região.

Figura 7 – Desmatamento, ramal da Vila Vitória no Município de Oiapoque (AP)



Fonte: Atividade de campo realizada pelo autor, 2022.

O impacto do desmatamento no Amapá não se limita à perda de biodiversidade, também afeta diretamente as comunidades tradicionais e indígenas que dependem dos recursos florestais para sua subsistência. A perda de terras florestais compromete o acesso a recursos naturais essenciais e pode levar ao deslocamento forçado de comunidades (Brockington *et al.*, 2008). No Amapá, esta questão é particularmente sensível, já que uma grande parte do território é composta por áreas protegidas e terras indígenas. Segundo Lopes *et al.* (2020), o desmatamento em áreas de preservação, embora menor em comparação com outras regiões da Amazônia, tem aumentado, pressionando as comunidades locais e ameaçando seu modo de vida.

O desmatamento no Amapá também apresenta desafios significativos para a conservação da biodiversidade e a proteção de áreas indígenas. O estado abriga diversas áreas protegidas e terras indígenas que, embora formalmente reconhecidas, enfrentam pressões crescentes devido à expansão agrícola e à mineração (Schwartzman *et al.*, 2005). A degradação destas áreas pode comprometer não apenas a integridade ecológica da Amazônia, mas também os direitos e a subsistência das comunidades tradicionais que dependem destes ecossistemas (Tavares; Costa, 2020).

Apesar dos desafios, o Amapá tem mostrado potencial para se tornar um modelo de desenvolvimento sustentável na Amazônia, com iniciativas voltadas para a conservação ambiental e o uso sustentável dos recursos naturais. O Programa de Áreas Protegidas da Amazônia (ARPA), por exemplo, tem desempenhado um papel fundamental na preservação das florestas do estado, promovendo a criação e manutenção de unidades de conservação (Gomes *et al.*, 2018). Além disto, projetos de manejo florestal comunitário têm sido implementados com sucesso em algumas regiões, demonstrando que é possível aliar desenvolvimento econômico e conservação ambiental (Silva *et al.*, 2018).

A implementação de tecnologias de monitoramento remoto, como o uso de satélites, tem sido essencial para detectar e combater o desmatamento ilegal (Soares-Filho *et al.*, 2014). Além disto, a promoção de práticas agroflorestais sustentáveis e a valorização dos serviços ecossistêmicos podem oferecer alternativas econômicas para as comunidades locais, reduzindo a dependência de atividades que contribuem para a degradação florestal (Carvalho *et al.*, 2019).

## 2.5 PROCESSAMENTO DE DADOS PARA QUEIMADAS E DESMATAMENTO

O geoprocessamento ou geomática é a ciência e tecnologia para obtenção, análise, interpretação, distribuição e uso da informação espacial. Segundo Rosa (2005), também conhecidas como "geoprocessamento", as geotecnologias são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica. De acordo com Burrough e McDonnell (1998), um Sistema de Informações Geográficas (SIG) é um poderoso conjunto de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados espaciais sobre o mundo real de um local específico.

O SIG pode ser considerado uma das mais revolucionárias ferramentas para áreas de pesquisas das últimas décadas, sendo capaz de promover mudanças que englobam toda a sociedade em seus diversos aspectos, incluindo todo o conhecimento científico. O *Geographic Information System* (GIS) é um sistema de informações geográficas que trabalha com dados referenciados por coordenadas espaciais ou geográficas de forma manual ou automatizada (Star; Estes 1990).

O termo Sistema de Geoprocessamento engloba todos os sistemas computacionais capazes de processar dados georreferenciados, tais como os sistemas de cartografia automatizada, o Desenho Assistido por Computador (CAC), os sistemas de processamento de imagens, os sistemas de gerenciamento de redes de infraestrutura, os sistemas de apoio a projeto e, principalmente, os SIGs (Ramirez, 1994).

Os SIGs surgiram na década de 1960 a partir do avanço da informática, da geografia e da cartografia. Sua história é relativamente recente, e esta tecnologia aplicada ao SIG teve um incremento muito importante e acelerado desde o seu início. Atualmente, observam-se sistemas acessíveis com ampla e variada utilização nas mais diversas áreas do conhecimento (Erba; Piumetto, 2007).

Existe uma grande quantidade de definição de SIG, muitas delas com distintas orientações, segundo a importância com que os autores definem os diferentes aspectos desta

tecnologia. Entre as definições, podemos citar: Aronoff (1989), Star e Estes (1990), Cowen (1988) e Carter (1989), cujas definições expostas são alguns exemplos de tantas que existem e podem ser encontradas em sites na web, bibliografia e artigos técnicos.

Em relação aos aplicativos SIG, estes possuem funções para elaboração de produtos cartográficos, ainda que não seja sua função principal. Sua aplicação está mais relacionada à gestão e análises da informação geográfica para a resolução de problemas completos da realidade. Pode-se afirmar, então, que os SIGs são ferramentas de suporte ao processo de tomada de decisão, seja em um projeto ou em uma instituição (Erba; Piumetto, 2007).

Para Loch e Erba (2007), a evolução tecnológica nas áreas da fotogrametria e sensoriamento remoto, particularmente nos sistemas de informações geográficas (SIG), permite obter uma cartografia de melhor qualidade a menor custo, favorecendo o desenvolvimento de bases cartográficas de detalhes e a atualização e a geração de novas cartas temáticas. Praticamente todos os procedimentos geotecnológicos são aplicáveis às necessidades cadastrais e escolher o mais apropriado é fundamental, pois a seleção deve estar condicionada principalmente pela escala.

A informação gerada pelos SIGs sobre o espaço geográfico não é um recurso exclusivo dos geógrafos, cartógrafos e ambientalistas, pois contempla outros profissionais, técnicos e especialistas de distintas áreas de conhecimentos, interagindo em equipes de trabalho multidisciplinares para o desenvolvimento de projetos que podem ser aplicados na gestão do fogo (Erba; Piumetto, 2007).

O uso do sensoriamento remoto como instrumento utilizado na detecção de focos de calor é justificado, visto que em países de grande extensão territorial como o Brasil, o monitoramento dos incêndios, a nível nacional e em escalas regionais, pelo uso de imagens de satélites é o método mais eficiente e de baixo custo ao ser relacionado com os demais meios de detecção (Batista, 2004).

O sensoriamento remoto é utilizado pelos dois principais órgãos federais ligados à prevenção e combate destas ocorrências, o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Estes órgãos possuem metodologias que fazem uso do Sensoriamento Remoto para identificação e localização dos incêndios. Além disto, são utilizados como parte da metodologia os dados de focos de calor detectados por satélites e disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (Tomzhinski *et al.*, 2011).

Para o IBAMA, o monitoramento de queimadas em imagens de satélites é útil para grandes áreas e regiões remotas sem meios intensivos de acompanhamento, como é o caso do

Brasil. No monitoramento são utilizados todos os satélites que possuem sensores óticos operando na faixa termal-média de 4um que o INPE consegue receber (IBAMA, 2017).

A Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SEMA) no Amapá realizou o primeiro relatório sobre a situação do desmatamento no estado em 2003, tendo o ano de 2002 como referência. Todas as imagens foram georreferenciadas tomando como referência a base cartográfica digital do Amapá, elaborada a partir da vetorização de cartas do IBGE na escala 1:100.000 e de dados do projeto Shuttle Radar Topograph Mission (SRTM), que produziu o modelo digital de terreno de todo o planeta (SEMA, 2004).

O uso do SIG para o monitoramento dos incêndios florestais fornece melhor capacidade analítica, pois com os dados obtidos pode-se analisar possíveis ignições de incêndios florestais, do seu potencial de propagação e dos efeitos inerentes, por meio da produção de mapas temáticos estratégicos de combate ao incêndio, localização dos recursos hídricos, rede viária, centros urbanos, além da produção de cartas de risco de incêndios, evidenciando as áreas com maior e menor potencial de ocorrência (Vakalis *et al.*, 2004).

Os mapas de risco de incêndio oriundos do SIG permitem aos gestores florestais planejar de forma estratégica as atividades e ações de prevenção a longo prazo (Paz *et al.*, 2011). Além de fornecer informações sobre os esforços que devem ser empregados na prevenção e redução de riscos. Ressalta-se a importância da análise histórica dos registros e mapas de ocorrência de incêndios, possibilitando vislumbrar um panorama sobre as mudanças da dinâmica do seu comportamento e para a compreensão da relação clima e fogo, bem como da mudança sobre o comportamento do fogo entre regiões distintas, proporcionando planejamento personalizado e aplicação de medidas geograficamente específicas de prevenção de incêndios (Vijayakumar *et al.*, 2015; Zumbrunnen *et al.*, 2011).

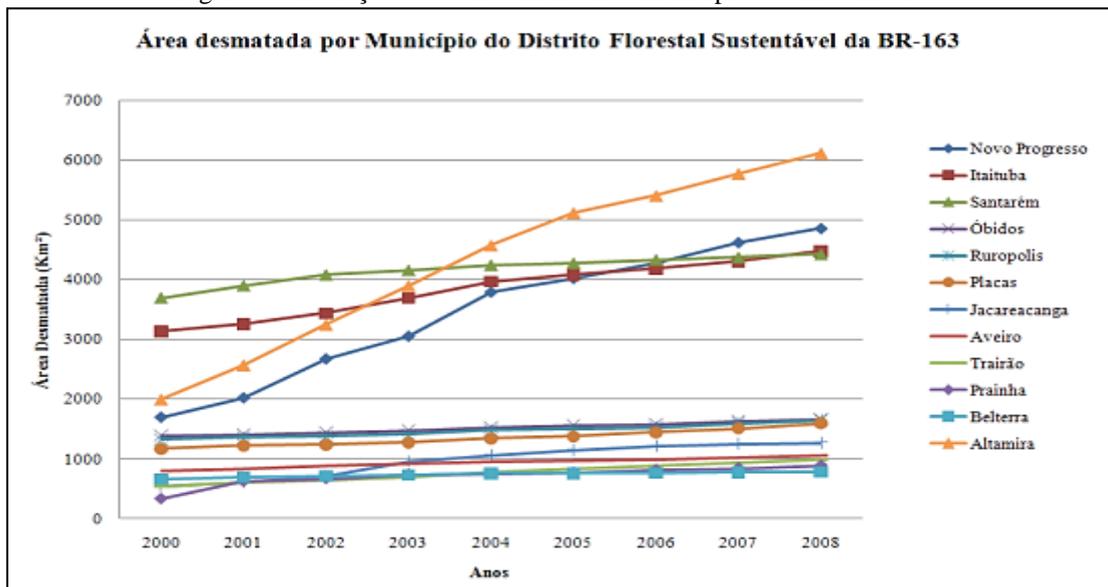
Atualmente, na Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais (DSA) do INPE são processadas operacionalmente as imagens AVHRR dos satélites polares NOAA-15, NOAA-16, NOAA-18 e NOAA-19, as imagens MODIS dos satélites polares NASA TERRA e AQUA, e as imagens dos satélites geoestacionários GOES-12, GOES-13 e MSG-2. Cada satélite de órbita polar produz pelo menos um conjunto de imagens por dia e os geoestacionários geram algumas imagens por hora (IBAMA, 2017).

Existem estudos que já utilizaram as geotecnologias para mapeamento e monitoramento da dinâmica da vegetação. Por exemplo, o estudo realizado por Moreira (2014) avaliou as imagens digitais TM do sensor Landsat para classificar as florestas em regeneração e dinâmica da sucessão de paisagem no município de Manaus (Estado do Amazonas) e identificou que as bandas utilizadas foram significantes para encontrar os

resultados de reflectância, amplitude de variação de biomassa e idades das capoeiras analisadas.

Gavlak (2011) classificou os padrões de desmatamento dos anos de 1997, 2000, 2003 e 2007 utilizando dados do PRODES e definiu padrões difusos (Figura 8). Desta forma, verificou o aumento do desmatamento na região do Distrito Florestal Sustentável nos municípios do Estado do Pará onde houve uma redução da vegetação, possivelmente influenciada pela expansão da cultura de soja.

Figura 8 – Evolução do desmatamento nos municípios do DFS/BR-163



Fonte: INPE (2011 apud Gavlak, 2011).

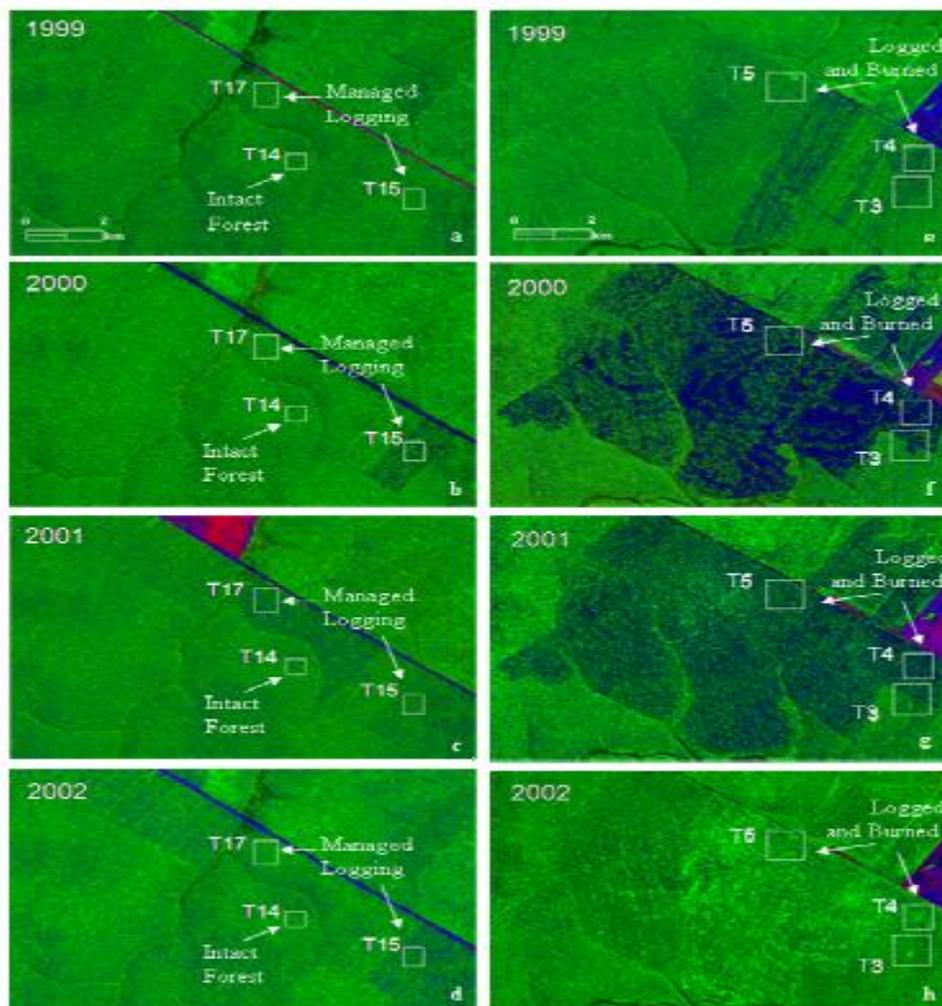
No estudo de Silva *et al.* (2018) foi mapeada toda a área geográfica do município Alta Floresta (Estado do Mato Grosso) por meio da Análise Baseada a Objeto Geográfico (GEOBIA). O desempenho da GEOBIA baseia-se no agrupamento de pixels a partir da segmentação, que é o passo preliminar que divide a imagem em objetos contíguos, e a acurácia da segmentação (Yan *et al.*, 2006).

A GEOBIA é tida como uma nova metodologia no processamento das imagens de Sensoriamento Remoto. Nela, o nível de abstração deixa de ser o pixel para ser o objeto, o qual é constituído por agregados de pixels próximos espacialmente e com características similares (Silva *et al.*, 2018). A orientação a objetos, ou OBIA, é usada em muitas disciplinas diferentes (por exemplo, Biomedicina, Astronomia, Microscopia, Visão Computacional etc.) e, atualmente, vem sendo usada no Processamento Digital de Imagens (PDI) de Sensoriamento Remoto, que opta pelo termo “GEOBIA” com o pseudoprefixo “Geo” como qualificador, enfatizando o componente geográfico e o foco principal em Sensoriamento

Remoto e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) (Hay; Castilla, 2008).

Souza (2005) utilizou em seu estudo o algoritmo de triangulação e reamostragem de vizinhança mais próxima (RMS) disponível no ENVI 4.0 para a detecção de mudanças na floresta ao longo do tempo com o auxílio de imagens Landsat ETM (Figura 9). Este procedimento permitiu construir um conjunto de séries temporais de refletância, vegetação e índices infravermelhos cobrindo o tempo antes da degradação até quatro anos após o evento.

Figura 9 – Processo de degradação florestal e série temporal usando imagens Landsat ETM



Fonte: Souza (2005).

## 2.6 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO: HISTÓRICO, LEGISLAÇÃO, IMPORTÂNCIA E MODALIDADE

Os incêndios florestais recorrentes e abrangentes têm sido amplamente reconhecidos como uma das principais ameaças às unidades de conservação ao redor do mundo. Estes eventos, além de causarem danos diretos à fauna e à flora, trazem consequências ambientais

devastadoras, como a poluição atmosférica e a emissão de gases de efeito estufa, como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e metano (CH<sub>4</sub>). Estudos como os de Crutzen e Andreae (1990) e Freitas *et al.* (2005) destacam que estas emissões contribuem significativamente para o aquecimento global, exacerbando ainda mais a crise climática. Além disto, os incêndios florestais acarretam a perda da biodiversidade e a degradação do solo, que se empobrece e fica mais suscetível à erosão (Mueller-Dumbois; Goldammer, 1990).

Diante da gravidade dos impactos, organizações conservacionistas e governos ao redor do mundo têm se empenhado em encontrar soluções eficazes para mitigação e combate de incêndios florestais. Soares e Santos (2002) e Batista (2005) ressaltam que tanto ações de combate como estratégias de prevenção são fundamentais, sendo discutidas em fóruns internacionais e através de colaborações interinstitucionais. Ademais, a pesquisa científica sobre o tema também tem ganhado relevância, como notado por Ramos (1995), que enfatiza a importância de estudos que investiguem os métodos mais eficazes de prevenção.

No Brasil, a gestão do controle das queimadas é de responsabilidade do Estado, e para que seja eficiente é essencial o uso de informações e dados estatísticos confiáveis. Conforme argumentam Carvalho *et al.* (2008), uma base de dados robusta sobre desflorestamentos e as tendências de mudanças na cobertura vegetal nativa permite que gestores públicos direcionem políticas ambientais mais eficazes, promovendo a preservação dos remanescentes florestais. Estas informações são cruciais para a análise da dinâmica do uso da terra, permitindo intervenções mais precisas e sustentáveis no enfrentamento dos incêndios florestais e desmatamentos.

Os incêndios florestais, legalmente definidos como fogo sem controle, são eventos que, embora imprevisíveis, muitas vezes têm origem em atividades humanas previsíveis, como o manejo de pastagens, limpeza de áreas para plantio, atividades recreativas e até em áreas próximas a rodovias e zonas urbanas. Por isto, é fundamental uma maior atenção às áreas situadas nas proximidades destas atividades, conforme alerta Soares (2000). A gestão adequada destas regiões pode reduzir significativamente os riscos de incêndios descontrolados.

De acordo com Soares (1985), a prevenção é a forma mais eficaz de controlar as queimadas em áreas rurais. As ações preventivas não só demandam um investimento financeiro menor em comparação ao combate ativo dos incêndios, como também minimizam os riscos de acidentes e danos ambientais, conforme corroborado por Ribeiro (2005). Portanto, a adoção de práticas preventivas é uma abordagem estratégica tanto do ponto de vista econômico quanto ecológico.

O sucesso destas atividades preventivas está diretamente relacionado à qualidade das informações disponíveis. Saber quais áreas são mais suscetíveis ao fogo e identificar os fatores que favorecem sua ocorrência são passos essenciais para direcionar as ações preventivas e melhorar a eficiência técnica, resultando em melhores resultados no controle das queimadas (Fonseca; Ribeiro, 2003). Assim, o conhecimento detalhado sobre a dinâmica das queimadas é fundamental para a elaboração de estratégias eficazes.

Outro aspecto crucial para a compreensão da dinâmica do uso do fogo é o estudo do padrão de distribuição espacial das queimadas. Esta análise permite identificar se os incêndios ocorrem de maneira aleatória ou se há uma concentração de ocorrências em determinadas áreas. Estes dados fornecem subsídios importantes para investigações sobre as interações socioambientais que influenciam a propagação das queimadas, além de auxiliar na identificação de áreas prioritárias para a intervenção.

Inclusive, é essencial conhecer a fisionomia vegetal das áreas atingidas pelos incêndios. Segundo Pereira *et al.* (2007), este conhecimento pode ser obtido por meio do cruzamento de dados de mapeamento de queimadas e da vegetação, o que possibilita ações de mitigação mais eficazes e fornece uma base de dados valiosa para estudos futuros, especialmente no que diz respeito às emissões de gases de efeito estufa.

Por fim, o mapeamento das queimadas ao longo do tempo é uma ferramenta valiosa, pois permite a criação de um banco de dados histórico que facilita o monitoramento das tendências e das causas das mudanças no uso do solo. Esta abordagem oferece uma base sólida para a formulação de políticas públicas direcionadas à proteção e recuperação dos remanescentes florestais (Carvalho *et al.*, 2008).

Nas últimas décadas, a crescente discussão sobre queimadas e desmatamentos em ambientes naturais no meio acadêmico tem impulsionado o desenvolvimento de tecnologias capazes de monitorar estas ocorrências em nível global. Atualmente, ferramentas avançadas de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas (SIG) permitem análises detalhadas sobre a distribuição temporal e espacial das queimadas, além de identificar padrões em diferentes escalas. Estas tecnologias oferecem novas possibilidades para estudar as interações entre o fogo e os fatores socioambientais e culturais, proporcionando uma visão abrangente e multidimensional sobre a ocorrência de incêndios florestais.

A detecção de focos de calor ativos e ocorrências de desmatamentos, assim como a criação de bancos de dados históricos, desempenha um papel fundamental em projetos operacionais de governos, especialmente no desenvolvimento de sistemas de alerta para períodos de baixa umidade relativa do ar, que aumentam a suscetibilidade a incêndios

(Phulpin *et al.*, 2002; Xaud *et al.*, 2003; Deep; Paula, 2004; Pereira *et al.*, 2007). O monitoramento em tempo real destas ocorrências não apenas auxilia na resposta rápida a incêndios, mas também é uma ferramenta crucial para estratégias de fiscalização e prevenção, permitindo que os gestores tomem decisões baseadas em dados precisos e atualizados.

A criação das Unidades de Conservação (UCs) no Brasil, conforme estabelecido pela Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000, representa uma estratégia fundamental para a proteção dos povos e comunidades tradicionais. Esta lei visa a criação, implementação e gestão de territórios destinados à conservação ambiental, reconhecendo a importância de manter ecossistemas essenciais para a biodiversidade e a qualidade de vida das comunidades locais. Contudo, embora estas áreas tenham sido idealizadas também como uma barreira ao avanço do desmatamento e das queimadas, na prática, as UCs não têm sido eficazes em impedir a exploração ilegal e o avanço de atividades econômicas predatórias.

Como destacado por Salmona *et al.* (2014), a simples criação de territórios sob proteção legal não é suficiente para garantir a devida proteção dos recursos naturais, sociais e culturais das comunidades tradicionais. A manutenção destas áreas depende de uma gestão eficaz e de uma fiscalização rigorosa, que muitas vezes são insuficientes para combater a crescente pressão exercida por atividades exploratórias ilegais.

Na Amazônia, estas pressões são intensificadas pela ação de criminosos que visam a grilagem e a especulação de terras, práticas comumente observadas no interior das UCs, onde há altos índices de desmatamento e atividades ilegais, como a criação irregular de gado (Torres; Doblas; Alarcon, 2017). Estas atividades não apenas degradam o meio ambiente, como também ameaçam a integridade territorial das UCs, colocando em risco a preservação dos ecossistemas e a subsistência das populações tradicionais. Este cenário reflete as pressões antrópicas que buscam integrar estas áreas ao mercado capitalista, seja para especulação imobiliária ou para o desenvolvimento de atividades agropecuárias, evidenciando a vulnerabilidade das UCs diante de interesses econômicos poderosos.

O desmatamento, juntamente com a perda e fragmentação da cobertura vegetal, tem sido uma das principais ameaças às UCs no Brasil. Este processo, muitas vezes agravado por incêndios florestais — que podem ocorrer de forma intencional ou acidental —, afeta diretamente a integridade ecológica destas áreas protegidas. Além disto, a expansão urbana desordenada nas comunidades localizadas no interior ou nos arredores das florestas intensifica o uso e a ocupação do solo, contribuindo para a degradação dos ecossistemas locais.

De acordo com Koproski *et al.* (2011), o crescimento descontrolado da malha urbana, associado à ocorrência de incêndios florestais, representa uma grave ameaça à conservação e

à manutenção dos processos ecológicos dentro das UCs. Os autores destacam que o fogo é uma das principais ameaças, pois altera drasticamente a paisagem e a biodiversidade não apenas nas áreas protegidas, mas também em seus entornos. Este impacto afeta a capacidade destas unidades de desempenharem seu papel na preservação da fauna, flora e dos serviços ecossistêmicos, contribuindo para a fragilização das medidas de conservação implementadas no país. Assim, o controle do desmatamento, aliado a estratégias eficazes de manejo do fogo, é essencial para garantir a proteção efetiva das UCs frente às pressões antrópicas crescentes.

Diante dos desafios relacionados ao desmatamento, fragmentação da cobertura vegetal e incêndios, uma das alternativas mais promissoras para mitigar estes problemas é a realização de estudos ambientais em territórios amazônicos, utilizando tecnologias digitais como o geoprocessamento e o sensoriamento remoto. Estas ferramentas permitem um monitoramento eficiente e contínuo das mudanças ambientais, fornecendo dados detalhados e atualizados sobre a ocupação e o uso do solo, facilitando a identificação de áreas em risco e auxiliando na tomada de decisões para a preservação das UCs.

Lopes *et al.* (2015) ressaltam que o uso de técnicas de geoprocessamento em estudos ambientais tem contribuído significativamente para o fortalecimento do SIG, proporcionando resultados confiáveis e de fácil interpretação. Segundo os autores, esta integração tecnológica é essencial para o monitoramento das atividades antrópicas que impactam as UCs, permitindo uma gestão mais eficaz destes territórios. Ao fornecer uma visão ampla e precisa das áreas protegidas e seus arredores, o SIG possibilita o desenvolvimento de estratégias mais direcionadas para a conservação e recuperação dos ecossistemas, além de atuar na prevenção de incêndios e no combate ao desmatamento. Assim, o uso de geotecnologias se consolida como uma ferramenta essencial no enfrentamento dos desafios ambientais que ameaçam a integridade das UCs na Amazônia.

Além de suas aplicações no monitoramento ambiental e no combate ao desmatamento, o geoprocessamento, aliado às técnicas de sensoriamento remoto, desponta como uma ferramenta de grande potencial para a gestão, gerenciamento e monitoramento das UCs, especialmente no que se refere ao comportamento de áreas afetadas por incêndios. Estas tecnologias permitem a identificação e quantificação precisa das áreas mais atingidas pelo fogo, oferecendo uma base sólida para o desenvolvimento de estratégias de manejo e controle de queimadas.

Oliveira (2018) destaca que estas ferramentas são extremamente eficazes para a compreensão dos fatores envolvidos nos incêndios florestais, proporcionando uma visão detalhada da extensão e da intensidade das áreas queimadas. A partir dos dados obtidos por

meio do sensoriamento remoto, é possível mapear com precisão os focos de calor e avaliar os impactos causados pelo fogo, tanto dentro das UCs quanto em seus entornos. Isto possibilita uma melhor coordenação das ações de prevenção e combate, além de subsidiar a criação de políticas públicas voltadas para a preservação dos ecossistemas e a redução das pressões antrópicas que afetam as áreas protegidas. Desta forma, o geoprocessamento e o sensoriamento remoto se consolidam como ferramentas indispensáveis para a gestão ambiental, oferecendo suporte técnico e científico para a manutenção da integridade das UCs.

As áreas protegidas não são uma prática inventada recentemente, já no ano de 252 a.C, o imperador da Índia proibiu a caça, a pesca e o corte de árvores em uma extensa área de seu império (Mackinnon *et al.*, 1986). Também há registros da criação de áreas protegidas na ilha de Sumatra, na Indonésia, datada do ano de 684 (Miller, 1997), e na Inglaterra, no ano de 1804, o rei Guilherme I fez o primeiro inventário nacional de terras e de recursos naturais produtivos para planejar seu uso (Mackinnon *et al.*, 1986).

Porém, somente no século XIX, a partir da Revolução Industrial — acontecimento que desencadeou um padrão de vida mais consumista, ocasionando o aumento da pressão sobre os recursos naturais —, que surgiram as primeiras preocupações quanto à necessidade de conservação de ecossistemas através da criação de áreas protegidas. O marco histórico desta iniciativa se deu nos Estados Unidos em 1872, com a criação do Parque Nacional de Yellowstone. No Brasil, foi somente em 1937 que foi criada a primeira área protegida, o Parque Nacional de Itatiaia, no Rio de Janeiro (Schenini; Costa; Casarin, 2004).

O Brasil é o único país do mundo que se refere às áreas protegidas como UCs (Dourojeanni; Pádua, 2007). As propostas de criação destas áreas começaram em 1876 com o engenheiro André Rebouças, que sugeriu a criação de dois parques nacionais, um na Ilha do Bananal, no Tocantins, e outro em Sete Quedas, no Paraná (Pádua, 2002). Porém, a criação legal dos primeiros parques ocorreu apenas 60 anos depois das propostas de Rebouças, sendo o primeiro, o Parque Nacional de Itatiaia, criado em 1937 no Rio de Janeiro, e os Parques Nacionais do Iguçu e da Serra dos Órgãos, criados em 1939 no Paraná e no Rio de Janeiro, respectivamente (Pádua, 1997). No Brasil, as Unidades de Conservação são áreas protegidas e estabelecidas em ecossistemas significativos do território nacional pelo Governo Federal e pelas unidades da federação através dos respectivos governos Estaduais e Municipais, em seu âmbito administrativo (Barcelos, 1999).

O SNUC teve suas origens nos anos 1970, quando o antigo Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), apoiado pela organização não-governamental (ONG) Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza, criou o Plano do Sistema de Unidades

de Conservação do Brasil, publicado oficialmente em 1979 (Pádua, 2011). O plano continha objetivos específicos necessários à conservação da natureza no Brasil e propunha novas categorias de manejo dos recursos naturais, que não eram previstas na legislação da época — o Código Florestal Brasileiro, de 1965, e a Lei de Proteção à Fauna, de 1967. Uma segunda etapa do plano, elaborada pelo IBDF, foi sancionada pelo governo em 1982 e publicada sob o seu nome e siglas atuais, Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza, SNUC (Pádua, 2011).

Na época não havia amparo legal para o sistema e tornou-se evidente a necessidade de uma lei que incorporasse os conceitos definidos no mesmo, vindo a fornecer os mecanismos legais para a categorização e o estabelecimento de unidades de conservação no Brasil. Uma ONG, a Fundação Pró-Natureza (FUNATRA), com recursos fornecidos inicialmente pela Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA) e pelo Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) e, após a sua extinção, pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), reuniu um grupo de especialistas a partir de julho de 1988 para a revisão e atualização conceitual do conjunto de categorias de unidades de conservação, incluindo a elaboração de um Anteprojeto de Lei, para dar suporte legal ao Sistema (Pádua, 2011).

A Lei nº 9.985/2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, define Unidade de Conservação (UC) como o espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias de proteção (ICMBIO, 2024). Além destes objetivos, entre os benefícios do estabelecimento de parques, reservas e florestas, podemos destacar a conservação dos solos, a regulação do regime hídrico e a manutenção das condições climáticas, fatores que têm, por exemplo, impacto direto na produtividade agropecuária, principalmente nas áreas no entorno das unidades (Alho, 2008).

No interior das UCs, a partir do zoneamento da área e respeitando suas características sociais e ambientais, é permitido realizar atividades que fomentam o desenvolvimento social, econômico e científico, tanto local quanto nacional. Logo, o que se busca com a criação destas áreas é uma complementaridade entre conservação da natureza e desenvolvimento em bases sustentáveis (Alho, 2008).

O SNUC é formado de 12 categorias, conforme objetivos específicos de gestão e usos permitidos. De acordo com a legislação atual, pode-se afirmar que em todas as categorias admitem-se atividades que contribuem para o desenvolvimento do país. Estas atividades

fomentam o conhecimento científico e ambiental e estimulam a criação de cadeias produtivas de diversos bens e serviços, propiciando o surgimento de polos de desenvolvimento sustentável e contribuindo para a melhora da qualidade de vida da população local e nacional (ICMBIO, 2024).

As unidades de conservação estão organizadas em dois grupos. No primeiro estão as Unidades de Proteção Integral, que têm a finalidade de preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos recursos naturais, por isso as regras e normas são restritivas. Pertencem a este grupo as categorias: Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Refúgio de Vida Silvestre e Monumento Natural. No segundo grupo estão as Unidades de Uso Sustentável, que conciliam a conservação da natureza com o uso sustentável de parte dos recursos naturais. Este grupo é constituído pelas categorias de: Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural (ICMBIO, 2024).

O SNUC possui como objetivos: contribuir para a conservação da variedade de espécies biológicas e dos recursos genéticos no território nacional e nas águas jurisdicionais; proteger as espécies ameaçadas de extinção; promover a educação e a interpretação ambiental; promover o desenvolvimento sustentável a partir dos recursos naturais; promover a utilização dos princípios e práticas de conservação da natureza no processo de desenvolvimento; proteger paisagens naturais e pouco alteradas de notável beleza cênica; proteger as características relevantes de natureza geológica, morfológica, geomorfológica, espeleológica, arqueológica, paleontológica e cultural; proteger ou restaurar ecossistemas degradados; proporcionar meios e incentivos para atividades de pesquisa científica, estudos e monitoramento ambiental; valorizar econômica e socialmente a diversidade biológica; favorecer condições e promover a educação e a interpretação ambiental, a recreação em contato com a natureza e o turismo ecológico; e proteger os recursos naturais necessários à subsistência de populações tradicionais, respeitando e valorizando seu conhecimento e sua cultura e promovendo-as social e economicamente (ICMBIO, 2024).

As áreas protegidas constituem espaços territoriais legalmente instituídos pelo poder público e importante instrumento para resguardar os recursos naturais, pesquisa científica, recreação, lazer, educação ambiental, uso sustentável dos recursos acessado por comunidades tradicionais ou concessões e garantia dos serviços ambientais, fatores fundamentais para a gestão do Estado do Amapá (SEMA, 2022).

Atualmente, o Estado do Amapá possui 20 (vinte) Unidades de Conservação (Tabela 1) nas diversas categorias de Proteção Integral e Uso Sustentável, previstas pelo SNUC. Deste modo, dos 14,3 milhões de hectares que correspondem à área total do Estado, 9,3 milhões de hectares são contemplados por Unidades de Conservação, que somados aos 1,1 milhão de hectares de áreas de Terras Indígenas, ocupam aproximadamente 73% do território em áreas protegidas (SEMA, 2022).

Tabela 1 – Unidades de Conservação, Estado do Amapá

<b>UNIDADE DE CONSERVAÇÃO - PROTEÇÃO INTEGRAL</b>		
<b>NOME DA UNIDADE</b>	<b>JURISDIÇÃO</b>	<b>ÁREA (ha)</b>
PARNA Municipal do Cancão	Municipal	370,26
REBIO Parazinho	Estadual	111,31
PARNA Cabo Orange	Federal	657.318,06
ESEC Jarí	Federal	227.126,00
REBIO Lago Piratuba	Federal	392.469,110
ESEC Maracá-Jipioca	Federal	72.000,00
PARNA Montanhas do Tumucumaque	Federal	3.846.429,40
<b>UNIDADE DE CONSERVAÇÃO – USO SUSTENTÁVEL</b>		
<b>NOME DA UNIDADE</b>	<b>JURISDIÇÃO</b>	<b>ÁREA (ha)</b>
RESEX Municipal Beija-Flor Brilho de Fogo	Municipal	68.524,20
FLOTA do Amapá	Estadual	2.369.400,00
APA Fazendinha	Estadual	137,00
APA Rio Curiaú	Estadual	21.000,00
APA do Carmo do Macacori	Municipal	5,58
RDS Rio Iratapuru	Estadual	806.184,00
FLONA Amapá	Federal	412.000,00
RESEX Rio Cajarí	Federal	532.397,00
RPPN Seringal Triunfo	Particular	99.996,16
RPPN REVECOM	Particular	17,18
RPPN Aldeia Ekinox	Particular	10,87
RPPN Retiro Paraíso	Particular	46,75
RPPN Boa Esperança	Particular	43,02
<b>TOTAL</b>		<b>9.505.585,90</b>

Fonte: Adaptado pelo autor a partir de ICMBIO (2022).

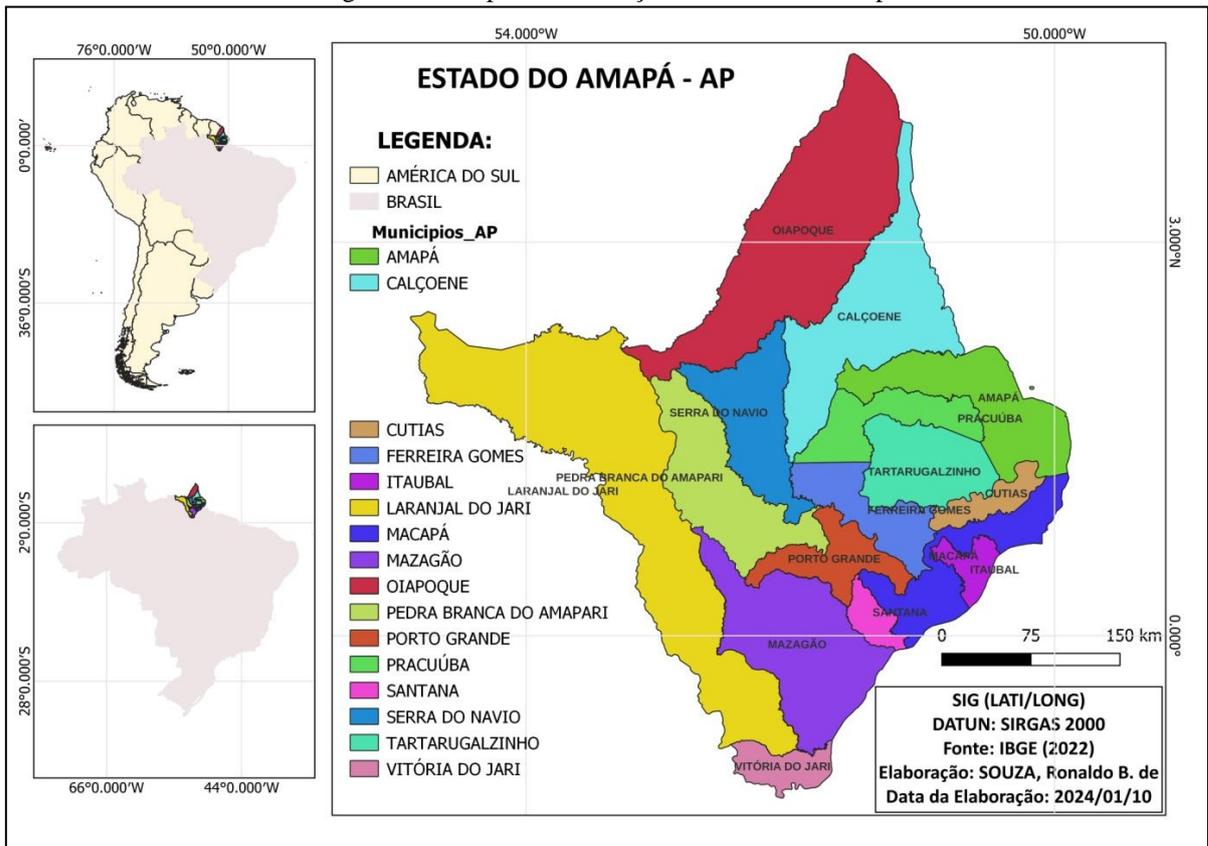
### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Estado do Amapá possui uma área total de 142.470,762 km<sup>2</sup> e está situado no hemisfério ocidental, concentrando uma grande diversidade em ambientes naturais. É formado por 16 municípios: Oiapoque, Calçoene, Amapá, Pracuúba, Tartarugalzinho, Ferreira Gomes, Serra do Navio, Porto Grande, Pedra Branca do Amapari, Cutias, Itaubal, Macapá, Santana, Mazagão, Laranjal do Jari e Vitória do Jari (IBGE, 2024). A área está situada na região Norte do Brasil, fazendo limite, a norte, com a Guiana Francesa, a noroeste, com o Suriname, a oeste e sul, com o Pará, e a leste, com o Oceano Atlântico (Figura 10). Possui 75% de sua área coberta pela Floresta Amazônica, sendo conhecido como o Estado mais preservado do Brasil, dado que 72% de seu território estão dentro de áreas de preservação ambiental (SUPERTI, 2018).

A classificação oficial do clima do Amapá é “tropical superúmido”. O Estado possui duas regiões climáticas principais: 1) “úmida com um ou dois meses secos (setembro e outubro)”, que predomina sobre a maior parte do interior do Estado — oeste, sul, norte e toda a parte central; 2) “úmida com três meses secos (setembro, outubro e novembro)”, registrada na maior parte do litoral, a leste. A precipitação anual média cai significativamente do litoral para o interior (MPAP, 2011, p. 08). Possui duas rodovias federais: a BR-156 e a BR-210. A BR-156 possui 822,9 km de extensão, passando por Santa Clara, Camaipi, Porto Grande, Tartarugalzinho, Beiradão, Igarapé e Água Branca (Amapá). A BR-210 é a segunda rodovia federal do estado, também recebe o nome de Perimetral Norte, tendo uma extensão de pouco mais de 471 quilômetros (DNIT, 2022).

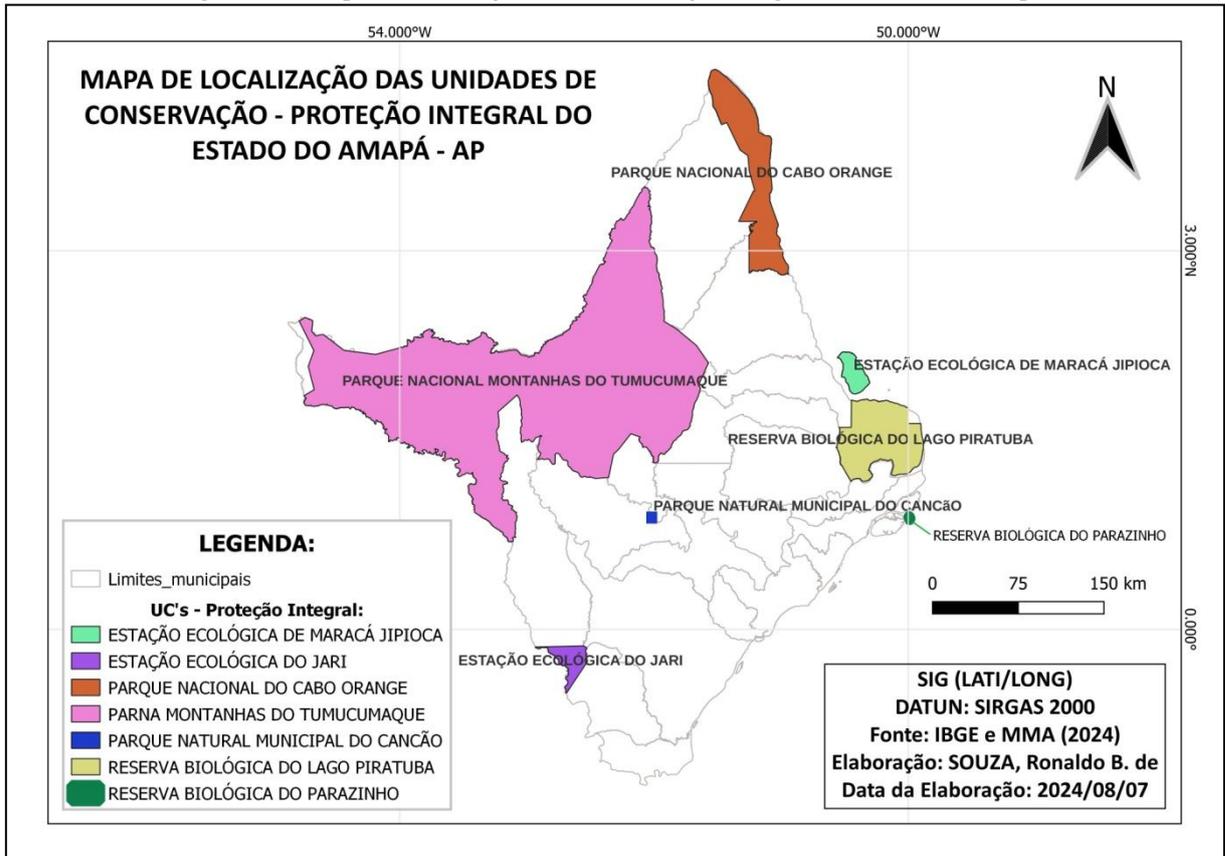
Figura 10 – Mapa de localização do Estado do Amapá



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de IBGE (2022).

As Unidades de Conservação de Proteção Integral (Figura 11) são os objetos de estudo desta dissertação e têm como objetivo básico preservar a natureza, livrando-a, o quanto possível, da interferência humana. Como regra só se admite o uso indireto dos recursos naturais, isto é, aquele que não envolve consumo, coleta, dano ou destruição, com exceção dos casos previstos na Lei do SNUC (ICMBIO, 2021).

Figura 11 – Mapa de localização das UCs Proteção Integral no Estado do Amapá



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de MMA (2024).

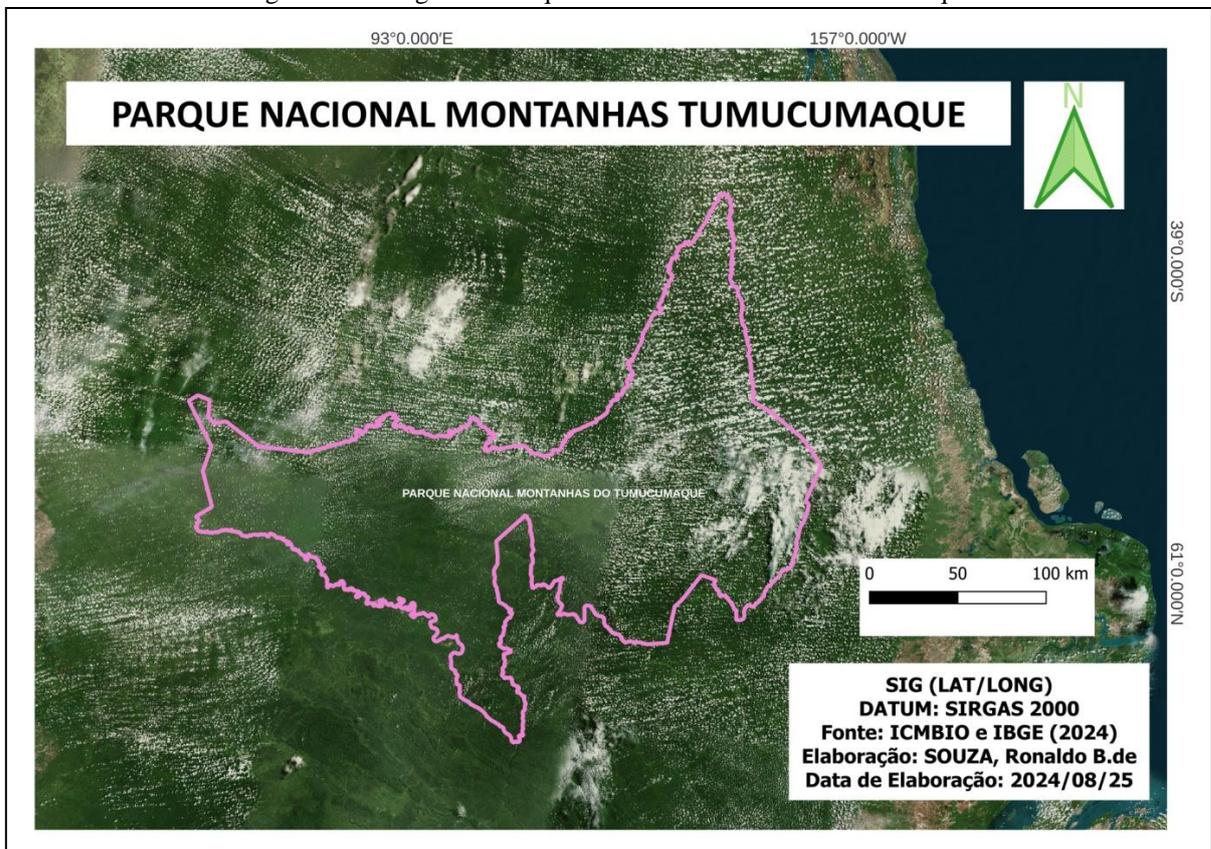
### 3.1.1 Área de estudo: Unidades de Conservação de Proteção Integral

O **Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque** foi criado por Decreto Federal em 22 de agosto de 2002. É a segunda maior UC do Brasil com 3.867.000 ha (ocupa 0,7% da Amazônia Legal) e a segunda maior área protegida em florestas tropicais do mundo (Figura 12). Abrange terras de cinco municípios amapaenses (Calçoene, Oiapoque, Pedra Branca do Amapari, Serra do Navio e Laranjal do Jari), além de uma estreita faixa no município de Almerim, no Pará. As terras da UC correspondem às glebas de Tumucumaque, Mururé, Oiapoque e Reginá, identificadas e arrecadadas pelo INCRA. Elas foram repassadas ao MMA e, após a criação da unidade, transferidas para o IBAMA, atualmente estão sob a responsabilidade do ICMBio. Parte dos seus limites passa ao longo das fronteiras com o Suriname e a Guiana Francesa. Esta unidade limita-se também com o Parque Indígena do Tumucumaque, com a Terra Indígena Waiãpi e com a Floresta Nacional do Amapá (SEMA, 2008).

A cobertura vegetal da área é dominada por Floresta Tropical Densa de Terra Firme. Segundo a variação altimétrica, este tipo de floresta apresenta-se na condição de Floresta

Densa dos Baixos Platôs e Floresta Densa Sub-Montana.

Figura 12 – Imagem do Parque Nacional Montanhas Tumucumaque

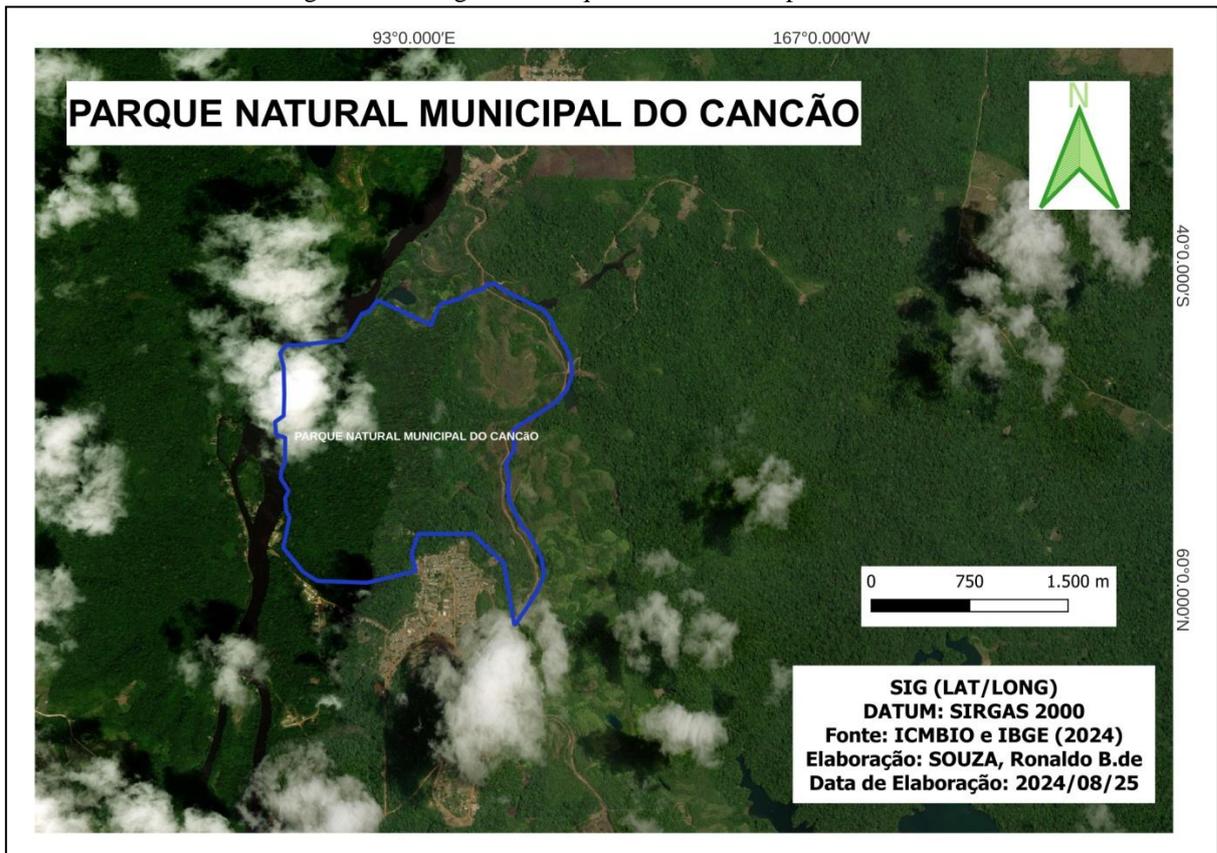


Fonte: Elaborado pelo autor a partir de MMA (2024).

O **Parque Natural Municipal do Cancão** foi criado pelo Decreto Municipal n.º 085/2007 - PMSN, de 14 de novembro de 2007, e está localizado em terras do município de Serra do Navio (Figura 13). De acordo com o Decreto de criação, o Parque possui uma área de 370,26 hectares e tem como objetivo a preservação de amostras da Floresta Amazônica, espécies da fauna e flora, a manutenção de bacias hidrográficas locais e a valorização do patrimônio paisagístico e cultural do município de Serra do Navio (SEMA, 2008).

A área da unidade de conservação é caracterizada por floresta ombrófila densa e de igapó. As espécies vegetais que se destacam na UC são: ucuúba (*Virola surinamensis*), maçaranduba (*Manilkara* sp.), piquiá (*Cariocar villosum*), samaúma (*Ceiba pentandra*), cumaru (*Dipteryx odorata*), acapu (*Vouacapoua americana*), angelim (*Hymenolobium* sp.), tachi (*Triplaris surinamensis*), castanha-do-brasil (*Bertholetia excelcia*). Existem ainda cipós, espécies medicinais, ornamentais e diversas palmeiras, como bacabeira (*Oenocarpus bacaba*), açazeiro (*Euterpe oleracea*) e tucumanzeiros (*Astrocaryum vulgare*) (SEMA, 2008).

Figura 13 – Imagem do Parque Natural Municipal do Cancão



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de MMA (2024).

A **Reserva Biológica do Lago Piratuba** foi criada pelo Decreto Federal n.º 84.914, de 16 de julho de 1980, tendo os seus limites alterados pelo Decreto Federal n.º 89.932, de 10 de julho de 1984. A UC foi instituída com o objetivo de preservar integralmente a biota e os atributos naturais existentes dentro de seus limites (Figura 14). Localizada no extremo leste do Estado, ela abrange terras e águas dos municípios de Tartarugalzinho e Amapá. Localiza-se entre as latitudes 01°10' N e 01°50' N e entre as longitudes 49°34' W e 50°34' W. Sua área total é expressiva, compreendendo 357.000 ha (SEMA, 2008).

Habitam na Unidade de Conservação famílias das comunidades de Tabaco e Milagre de Jesus, Paratu e Araqueçaua, além dos funcionários de algumas fazendas. A maior parte destas pessoas residia na área quando a UC foi criada. A região era formada por terras devolutas pertencentes à União. Das terras de domínio particular existentes na área, aproximadamente 5.000 ha (cerca de 1,40% da UC) foram desapropriadas e indenizadas. Os principais cursos d'água que abrangem parcial ou integralmente a unidade são os rios Araguari e Tartarugal Grande. O Oceano Atlântico banha o leste e o norte da UC. Destacam-se ainda os igarapés Camaleões, Retiro, Vista Alegre, Piranhas e Tabaco, e os lagos Grande, Gaivota, Piratuba, Vento, Bacia, Lodão e Ganso (SEMA, 2008).

Figura 14 – Imagem da Reserva Biológica do Lago Piratuba



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de MMA (2024).

A **Estação Ecológica Maracá-Jipiôca** foi criada através do Decreto Federal n.º 86.061, de 2 de junho de 1981 (Figura 15). Localiza-se na chamada concavidade da costa atlântica do Amapá, próxima ao Cabo Norte. Apresenta as seguintes coordenadas geográficas: latitude 01°59'06"N a 02°13'45"N, longitude 49°31'13"W a 50° 30'20"W. É composta por duas ilhas, com uma área total de aproximadamente 72.000 ha. A maior, Ilha de Maracá, tem um formato aproximadamente retangular, sendo dividida em Maracá Norte e Maracá Sul por um canal denominado Igarapé do Inferno. A outra ilha, bem menor, conhecida como Jipiôca, em consequência das condições hidrodinâmicas locais, vem progressivamente reduzindo de tamanho. O acesso, a partir de Macapá, pode ser feito por via fluvial ou rodoviária até a cidade de Amapá e de lá chega-se às ilhas somente por via fluvial e marítima (SEMA, 2008).

Esta UC apresenta modificações significativas no seu estado original desde a criação, já que sofreu grande alteração pela presença de búfalos e de gramínea (*Brachiaria* sp.), introduzidos por antigos habitantes da ilha. Além disto, entre os anos 2003 e 2006 ocorreram incêndios de grandes proporções que afetaram parte significativa da unidade. Hoje não há moradores locais na área e apenas funcionários do ICMBio e do IBAMA, pesquisadores,

estudantes e instituições parceiras têm acesso à unidade de conservação (SEMA, 2008).

Figura 15 – Imagem da Estação Ecológica Maracá-Jipiôca



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de MMA (2024).

O **Parque Nacional do Cabo Orange** (PARNA Cabo Orange) foi criado pelo Decreto Federal n.º 84.913, de 15 de julho de 1980 (Figura 16). Está localizado em terras dos municípios de Calçoene e Oiapoque, ao norte do Estado do Amapá, entre os paralelos 4°26' a 3°30' N e os meridianos 51°09' a 51°35' W. Com uma área relativamente extensa, de 619.000 ha, a UC protege uma grande extensão de manguezais, com faixas variáveis, chegando a 10 km da costa marítima e com ecossistemas terrestres associados em excelente estado de preservação (SEMA, 2008).

Por conta de sua localização remota e de acesso difícil, desfavorecendo a presença humana, 90% da UC está integralmente preservada. Nos 10% restantes existem a presença de pequenos criadores de gado ao longo do rio Cassiporé e de populações tradicionais de pescadores e agricultores (Vila Taperebá e Vila Velha), que vivem no entorno e praticam pesca e cultivo de subsistência. Os principais rios que cortam a UC são: Cunani, Cassiporé, Uaçá, Oiapoque e Marrecal, todos desaguando no Oceano Atlântico. Ainda não foi feito um estudo detalhado sobre a rede hidrográfica e hidrológica. É dominada por formações vegetais

ainda em fase de sucessão, as chamadas formações pioneiras. Ocorrem faixas de floresta densa de planície aluvial ao longo dos cursos dos rios Uaçá e Cassiporé (SEMA, 2008).

Figura 16 – Imagem do Parque Nacional do Cabo Orange



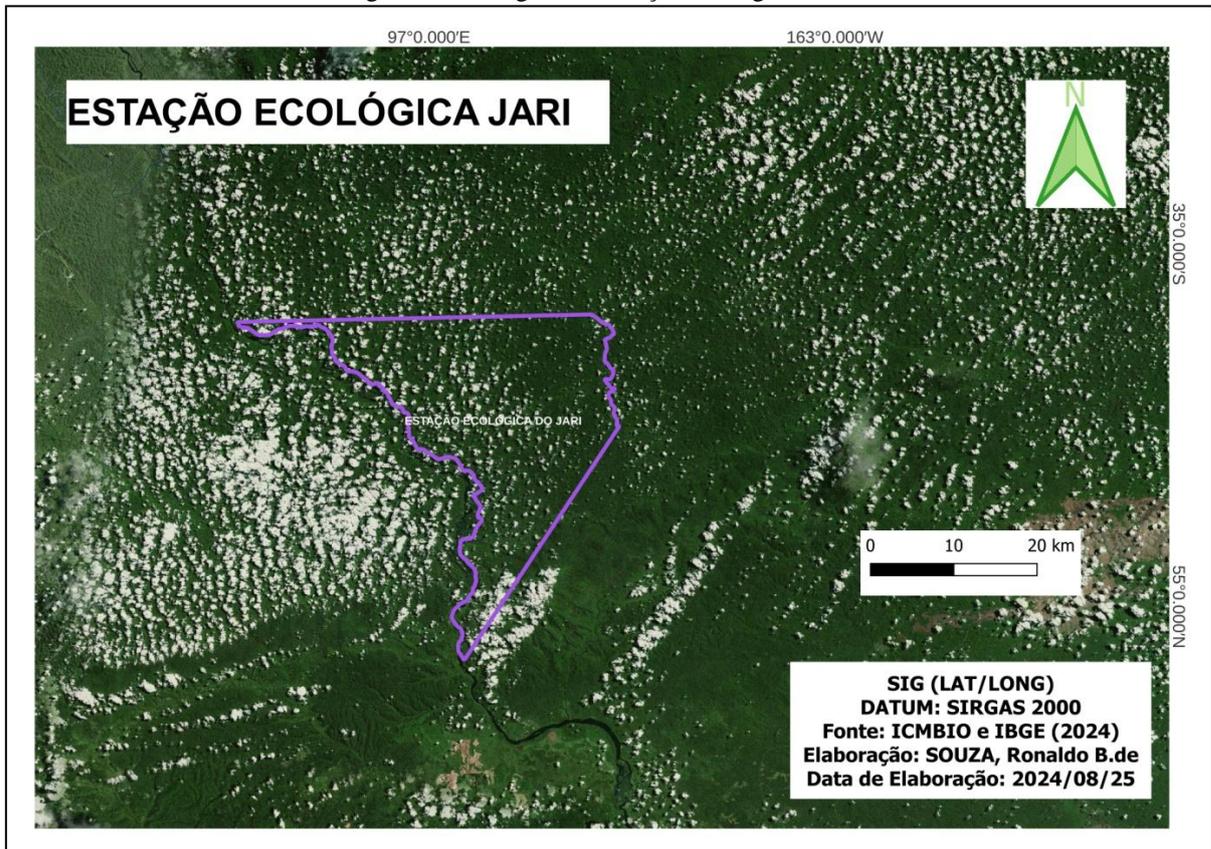
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de MMA (2024).

A **Estação Ecológica do Jari** foi criada pelo Decreto Federal n.º 87.092, de 12 de abril de 1982, e teve a sua área alterada pelo Decreto Federal n.º 89.440, de 13 de março de 1984. Localizada a 80 km ao norte da cidade de Monte Dourado (PA), com acesso por estrada de terra, entre os paralelos 00°08'33"S e 00°51'15"S e os meridianos 053°24'52"W e 052°30'00"W (aproximadamente), ocupa uma área de 227.126 ha, em uma faixa que vai da margem direita do rio Iratapuru, cruzando o rio Jari, a leste, até o rio Paru, a oeste (Figura 17). Os dois rios são afluentes da margem esquerda do rio Amazonas. Aproximadamente 30% da UC fica no município de Laranjal do Jari, no Amapá, e os 70% restantes encontram-se no município de Almeirim, no Estado do Pará (SEMA, 2008).

Apresenta-se com as suas características básicas inalteradas desde a criação. Não há registro de pessoas residentes dentro desta UC. O rio Jari, afluente do Amazonas, corta a reserva, dividindo-a em duas parcelas, a paraense e a amapaense. Outros cursos d'água importantes são o rio Paru (limite a oeste), o rio Cumaru (limite em parte do norte), os rios

Pacanari e Caracuru (localizados na parte sul) e o rio Iratapuru (limite a leste), que servem como limites naturais da unidade. Outros rios e igarapés nascem dentro da UC ou a cruzam (SEMA, 2008).

Figura 17 – Imagem da Estação Ecológica do Jari



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de MMA (2024).

A **Reserva Biológica do Parazinho** (REBIO do Parazinho) foi criada em 21 de janeiro de 1985, pelo Decreto Territorial (E) nº 5. Esta UC é uma ilha integrante do arquipélago do Bailique, Município de Macapá, situada na foz do rio Amazonas (Figura 18). Ela tem uma área aproximada de 111,32 ha, porém, de acordo com levantamentos georreferenciados realizados pela SEMA, deve ser alterada para aproximadamente 707,00 ha, uma vez que a REBIO vem sofrendo variações nos seus limites devido à sedimentação causada pelo rio Amazonas (SEMA, 2008).

Não existe ocupação humana na REBIO. Ocorre, às vezes, alguma pressão antrópica no entorno, mas ela é relativamente baixa, porque é controlada pelo desenvolvimento do Projeto de Preservação e Reprodução de Quelônios – Quelônios da Amazônia (Q.AMA). A presença permanente de pesquisadores e técnicos do projeto na UC tem contribuído para que os recursos naturais ainda estejam em excelente estado de conservação. A vegetação da

REBIO do Parazinho encontra-se em processo de sucessão, com ecossistemas dependentes de fatores ecológicos e sujeitos à periodicidade inundável. A parte do litoral é de alta vulnerabilidade à erosão natural causada pelas ondas da maré, o que frequentemente ocorre pela queda das árvores (SEMA, 2008).

Figura 18 – Imagem da Reserva Biológica Parazinho



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de MMA (2024).

### 3.2 COLETA DE DADOS

A presente pesquisa utilizou como insumos os dados geoespaciais disponibilizados de forma gratuita por meio da rede mundial de computadores em sítios eletrônicos de instituições governamentais, que disponibilizam informações geoespaciais relacionadas diretamente com o recorte territorial de interesse. Para este estudo foi adotado o Sistema de Coordenadas Geográficas e Datum SIRGAS 2000. Todos os arquivos utilizados foram no formato *shapefile*. Os focos de calor foram identificados pelo BDQueimadas, plataforma que realiza pesquisa, desenvolvimento tecnológico, inovação de produtos, processos e geoserviços para o monitoramento e a modelagem da ocorrência, propagação e classificação do fogo ativo na vegetação, bem como seu risco, extensão e severidade (INPE, 2024a).

Este programa utiliza técnicas de Sensoriamento Remoto, geoprocessamento e modelagem numérica que são atualizados, automaticamente, todos os dias do ano e com acesso totalmente livre às informações, podendo observá-las por meio de mapas, tabelas e gráficos. Este monitoramento utiliza imagens de baixa (0,3 a 1 km) e média (10 a 60 m) resolução espacial para estimar operacionalmente e em modo automático a superfície queimada no país, gerando mapas digitais, comparações temporais e produtos de apoio à gestão e avaliação do impacto do uso do fogo na vegetação (INPE, 2024a).

O sensor MODIS do satélite AQUA, que é o “satélite de referência” do programa Queimadas desde 2002, indica a temperatura para o “foco de queima” com área de 1 km<sup>2</sup> (10.000 ha) toda queimando a 300° C e para uma área 100 vezes menor com 0,01 km<sup>2</sup> (1 hectare, ou 10.000 m<sup>2</sup>) queimando a 450° C, ou seja, o sensor mede a quantidade de energia (de ftons) que chega até ele originária de um píxel, a qual pode ser gerada por múltiplas combinações de tamanho e temperatura da superfície queimando, inclusive de fontes separadas, mas desde que dentro do mesmo píxel. A temperatura assim medida é chamada de “temperatura aparente do fogo”, ou "temperatura radiométrica" e "temperatura de brilho", obtida a partir da "radiância espectral" indicada pelo sensor em unidades de Watt/stereoradiano/m<sup>2</sup> em um determinado comprimento de onda ( $W \cdot sr^{-1} \cdot m^{-2} \cdot nm^{-1}$ ), combinando energia medida (Watts) por tamanho de ângulo sólido espacial do píxel (stereoradiano) por unidade de área observada (m<sup>2</sup>). A conversão da radiância espectral medida para a temperatura é feita pela Lei de Plank (INPE, 2024a).

Para os dados de desmatamentos utilizou-se a plataforma do Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia (PRODES), que realiza o monitoramento por satélite do desmatamento por corte raso na Amazônia Legal e produz as taxas anuais de desmatamento na região, utilizadas pelo governo brasileiro para o estabelecimento de políticas públicas (INPE, 2024b). As taxas anuais são estimadas a partir dos incrementos de desmatamento identificados em cada imagem de satélite que cobre a Amazônia Legal. O PRODES utiliza imagens de satélites da classe LANDSAT (20 a 30 metros de resolução espacial e taxa de revisita de 16 dias) numa combinação que busca minimizar o problema da cobertura de nuvens e garantir critérios de interoperabilidade. Independente do instrumento utilizado, a área mínima mapeada pelo PRODES é de 6,25 hectares (INPE, 2024b).

Também foram utilizados os dados da SEMA/AP, que trabalha com os parâmetros originais da imagem de satélites, com píxel de 30x30 metros, permitindo que a menor área mapeada seja de aproximadamente 0,1 ha. As áreas alteradas são cruzadas com variáveis geográficas, destacando-se os limites municipais, estradas, bacias hidrográficas, áreas

protegidas, assentamentos e tipos de vegetação. O órgão realiza a vetorização manual dos polígonos de desmatamento, o que infere um maior grau de subjetividade aos resultados, uma vez que o resultado da análise estará relacionado à experiência do intérprete (SEMA, 2014).

Os demais *shapefiles* adquiridos foram do polígono do Estado do Amapá e seus respectivos municípios através da “Base Cartográficas Contínuas - Brasil”, disponibilizada pela plataforma do IBGE; os limites das Unidades de Conservação pela plataforma do Ministério do Meio Ambiente (MMA); e a malha rodoviária (BR-156 e BR-210), do Ministério dos Transportes (MT).

Para a obtenção das imagens de satélite foi utilizada a base de dados do Catálogo do INPE (<http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>), para a obtenção das cenas dos sensores Spot-5, Cbers 2b e Cbers 4; a base do Centro de Acesso Aberto Copernicus (<https://scihub.copernicus.eu/>) foi utilizada para a obtenção das cenas do sensor Sentinel 2b; e a base de dados do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) foi utilizada para a obtenção das cenas do Landsat 8. As imagens foram capturadas em dois períodos distintos, nos meses de setembro de 2013 e junho de 2022, para análise da dinâmica dos focos de calor e desmatamentos nas Unidades de Conservação de proteção integral.

Para a análise da cobertura e uso do solo nas UCs de proteção integral no Estado do Amapá foi utilizada a plataforma do MapBiomas (Coleção 9) como principal fonte de informações, com o propósito de mapear anualmente a cobertura e uso da terra do Brasil e monitorar as mudanças do território. A Coleção 9 é a versão mais recente, lançada em agosto de 2024, cobre o período de 1985 a 2023 e apresenta 29 classes mapeadas (Figura 19). Entre as novidades estão melhorias na acurácia dos biomas e duas novas classes: Floresta Alagável e Cultivo de Dendê (MapBiomas, 2023).

Figura 19 – Classes da Coleção 9



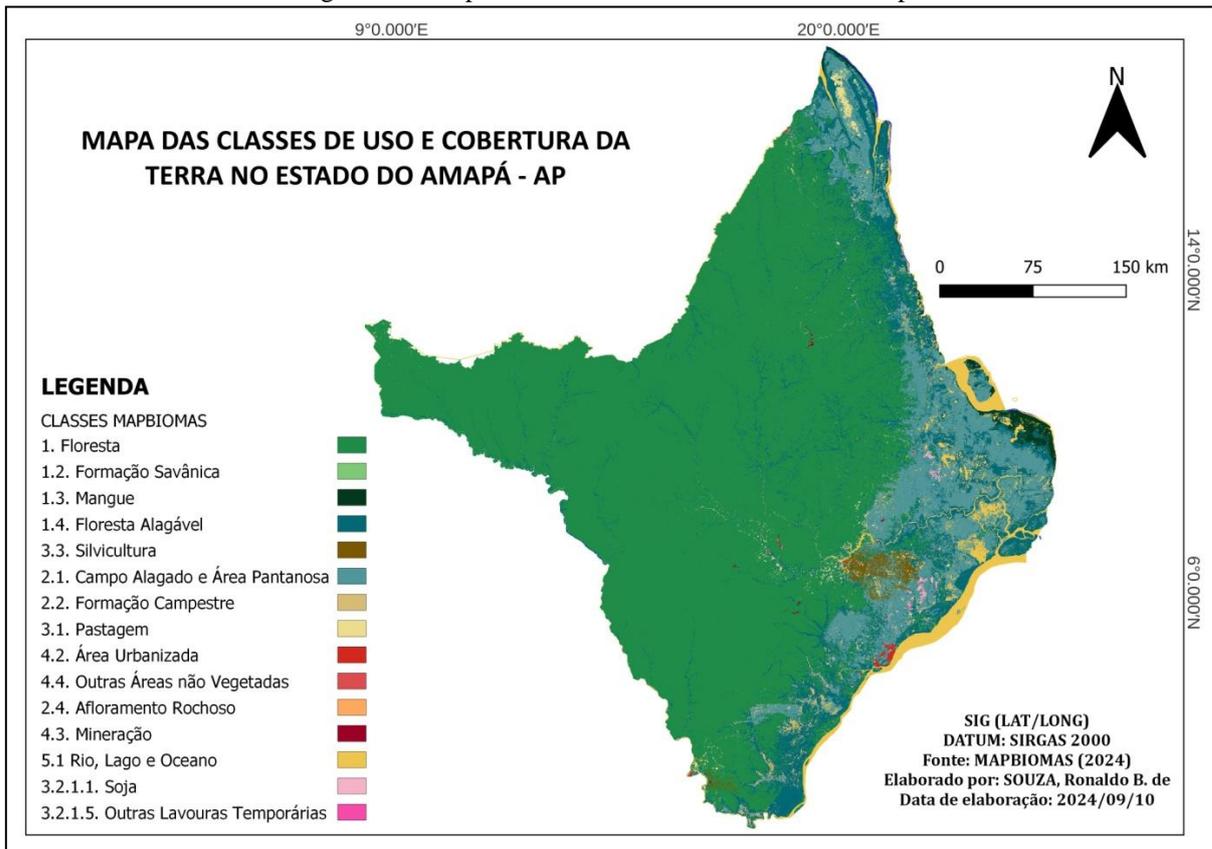
**MAPBIOMAS**  
BRASIL

<b>COLEÇÃO 9 - CLASSES</b>	
<b>1. Floresta</b>	<b>3. Agropecuária</b>
1.1 Formação Florestal	3.1. Pastagem
1.2. Formação Savânica	3.2. Agricultura
1.3. Mangue	3.2.1. Lavoura Temporária
1.4. Floresta Alagável	3.2.1.1. Soja
1.5. Restinga Arbórea	3.2.1.2. Cana
<b>2. Vegetação Herbácea e Arbustiva</b>	3.2.1.3. Arroz
2.1. Campo Alagado e Área Pantanosa	3.2.1.4. Algodão (beta)
2.2. Formação Campestre	3.2.1.5. Outras Lavouras Temporárias
2.3. Apicum	3.2.2. Lavoura Perene
2.4. Afloramento Rochoso	3.2.2.1. Café
2.5. Restinga Herbácea	3.2.2.2. Citrus
<b>4. Área não Vegetada</b>	3.2.2.3. Dendê
4.1. Praia, Duna e Areal	3.2.2.4. Outras Lavouras Perenes
4.2. Área Urbanizada	3.3. Silvicultura
4.3. Mineração	3.4. Mosaico de Usos
4.4. Outras Áreas não Vegetadas	<b>5. Corpo D'água</b>
	5.1 Rio, Lago e Oceano
	5.2 Aquicultura
	6. Não observado

Fonte: MapBiomas (2023).

O esquema de classificação do MapBiomas é um sistema de classificação hierárquico com uma combinação de classes de uso e cobertura do solo compatível com os sistemas de classificação da FAO e IBGE, visualizando o valor de cada classe nos mapas e observando suas respectivas cores, seguindo a referência de bases nacionais e internacionais de interpretação de uso e cobertura do solo (Figura 20).

Figura 20 – Mapa de uso e cobertura do Estado do Amapá



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de MapBiomas (2024).

### 3.3 ANÁLISE DE DADOS

Para melhor compreensão e integração das geotecnologias no contexto de gestão ambiental e análise espacial, as ferramentas utilizadas podem ser divididas em três principais etapas: aquisição, processamento e geração de produtos. De acordo com Menezes e Almeida (2012), a digitalização das informações, como imagens de satélite, possibilita o armazenamento, transmissão e tratamento destes dados de forma mais eficiente. Já no processamento dos dados utilizam-se técnicas apropriadas para a manipulação e extração de informações relevantes, como destacado por Márquez (2021), que ressalta o uso do sensoriamento remoto. Este método, que envolve a interação da Radiação Eletromagnética sem a necessidade de contato direto com o alvo, permite a coleta de dados sobre o objeto de estudo a partir das variações na radiação refletida ou emitida pela superfície analisada.

A estruturação do SIG usado no estudo foi resultado da integração de softwares, ferramentas e técnicas com acervos de dados numéricos, iconográficos e cartográficos e bancos de dados apoiados em informações espaciais. No processo de elaboração do SIG, o principal programa utilizado foi o *software* QGIS 3.28 Development Team (OSGeo 2022),

por sua facilidade para lidar com bancos de informações complexos através de módulos específicos para análise espacial (Graser, 2015).

O pós-processamento, a análise dos dados estruturais e vetoriais, assim como a tabulação das informações de saída foram feitos em ambiente R 4.0.4 Core Team (2024), software livre escrito que integra uma grade para linguagem de computação de alto nível desenvolvida para operar em modelagem numérica e computação matemática e utilizado para análises estatísticas, espaciais, de geoprocessamentos e construções dos resultados (mapas, gráficos e histogramas).

O estudo também utilizou dados diários do produto MYD09GA do sensor Modis para analisar a superfície e visualizar a cobertura de queimadas. Estes dados foram obtidos através da plataforma Google Earth Engine (GEE), que oferece um catálogo de informações acessível por uma interface de programação (API) em JavaScript, permitindo a geração e visualização de resultados geoespaciais em escala global (Chen *et al.*, 2017; Gorelick *et al.*, 2017).

Após a compilação dos dados vetoriais adquiridos, eles foram sobrepostos à área de estudo para iniciar o processo de interpretação das informações e geração de dados derivados. Os dados geoespaciais dos índices de focos de calor e desmatamentos foram organizados por ano e em uma única base de dados para facilitar a visualização das informações acumuladas e manipulação e edição de sua tabela de atributos. Para análise estatística foram elaboradas tabelas no *software* Excel®.

Utilizando técnicas de geoprocessamento foi possível integrar bases de dados cruciais, como informações territoriais, focos de calor e áreas desmatadas. Estes dados, em formato vetorial (SHP), foram inseridos em um Sistema de Informação Geográfica (SIG) que permite a visualização e análise espacial. A adoção do Sistema de Referência Geográficas (SIRGAS 2000), amplamente utilizado na América do Sul, garantiu que os dados estejam georreferenciados de forma precisa, facilitando comparações e análises ao longo do tempo e entre diferentes áreas geográficas.

Foram realizados mapeamentos das áreas de interesse aplicando a estatística espacial com o objetivo de identificar áreas críticas e mais afetadas por focos de queimadas e desmatamentos dentro dos limites das UCs de proteção integral para a interpretação visual sobre as imagens normalizadas, com a finalidade de verificar as características espectrais registradas na imagem dos principais aglomerados desses sinistros. A partir dos resultados obtidos foram elaborados mapas temáticos das UCs, um (1) para cada ano da série analisada (2013 a 2022).

Para a análise da cobertura e uso da terra do Brasil e monitorar as mudanças do

território da cobertura e uso do solo nas UCs de proteção integral foram empregados diversos recursos disponibilizados pelo MapBiomas, incluindo tabelas de matrizes, gráficos setoriais de percentuais de classes de cobertura do solo e mapeamentos detalhados de cobertura e uso do solo e *shapefile* do Brasil (MapBiomas, 2023). Estes recursos permitiram a identificação das alterações nas classes ocorridas ao longo do período analisado entre 2013 e 2022, fornecendo uma base sólida para o monitoramento das transformações ambientais nas UCs.

Esta etapa, denominada de processamento, é iniciada a partir da área de estudo como o recorte da imagem raster das UCs, conversão de raster para vetor de arquivo *shapefile* e correção das geometrias dos polígonos. A extração dos dados referentes às classes foi feita com a classificação de acordo com o apresentado na Figura 9. Na projeção de Datum manteve-se o WGS 84, reprojetoado em Universal Transversa de Mercator (UTM), utilizado na edição das tabelas de atributos para o cálculo de área e séries temporais.

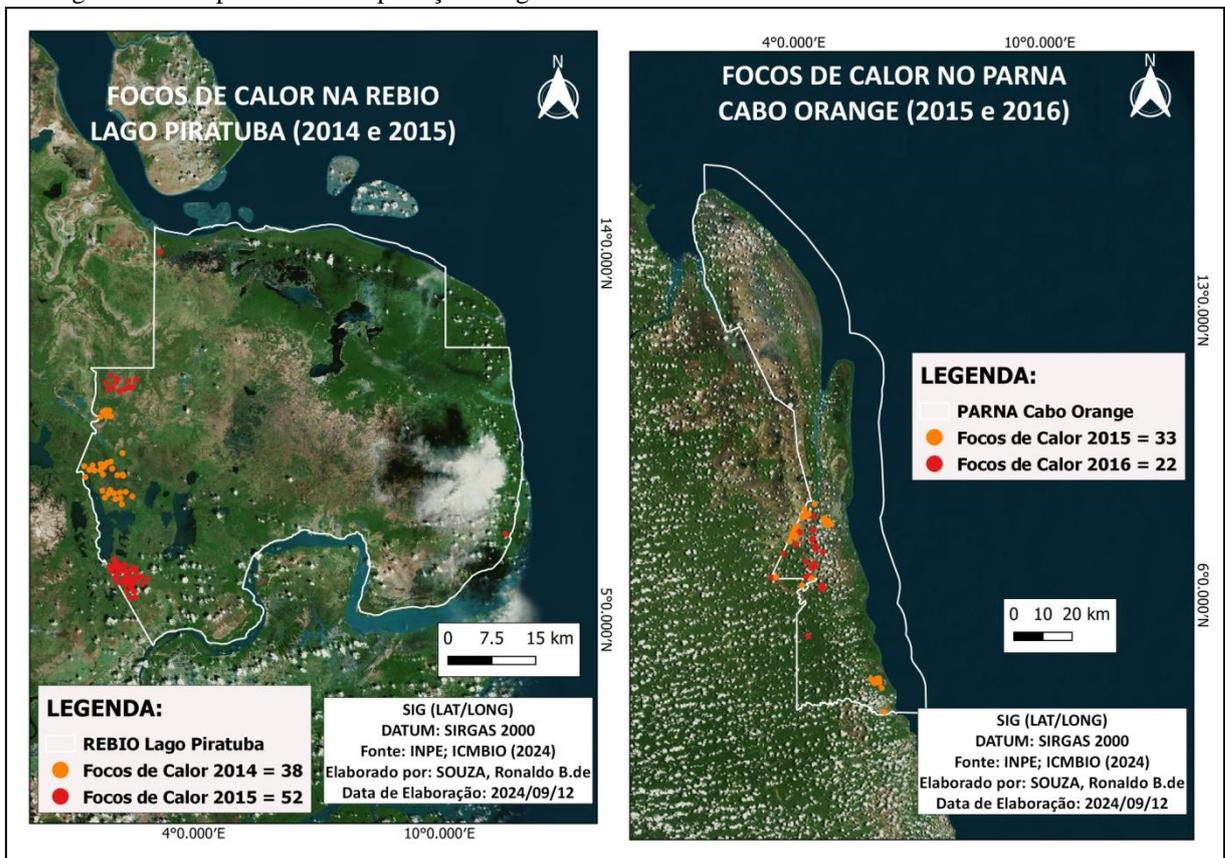
Foram elaborados dois mapeamentos anuais com a utilização dos filtros temporais, assim como tabelas. Para a análise de alteração das classes de cobertura e uso do solo foi estudado o intervalo de 10 anos, correspondente aos períodos de 2013 e 2022. Com a elaboração de mapeamentos buscou-se representar as classes de cobertura e uso do solo em cada período, assim como a dinâmica de alteração das classes de cobertura e uso do solo de cada UC de proteção integral ao longo deste período.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o tratamento e interpretação dos dados obtidos pela plataforma BDQueimadas do INPE, constatou-se que o Estado do Amapá teve cerca de 15.753 focos de calor na somatória dos períodos avaliados no espaço-temporal entre 2013 e 2022, sendo que 2021 foi o ano com menor índice, tendo 676 focos, e 2015 teve o maior índice, com alarmantes 2.936 focos.

Os resultados revelam que no período de 2013 a 2022 houve uma predominância de focos de calor nas UCs de proteção integral da área estudada, com destaque para a Reserva Biológica do Lago Piratuba, que registrou os maiores índices nos anos de 2014 e 2015, e o Parque Nacional do Cabo Orange, que apresentou alta incidência em 2015 e 2016 (Figura 21).

Figura 21 – Mapa das UCs de proteção integral com maiores índices de focos de calor entre 2013 e 2022



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de INPE (2024).

Juntas, estas UCs acumularam um total de 215 focos de calor ao longo do período analisado. Em contraste, outras UCs, como o Parque Natural Municipal do Cancão, a Estação Ecológica Jari e a Reserva Biológica do Parazinho, não registraram nenhum foco de calor durante o mesmo intervalo de tempo, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Focos de Calor nas UCs de proteção integral no Estado do Amapá

NOME DA UNIDADE	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Σ =
PARNA Montanhas do Tumucumaque	1	0	3	1	2	2	2	1	1	2	<b>15</b>
PARNA Municipal do Cancão	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
REBIO Lago Piratuba	5	38	52	5	3	3	5	0	0	0	<b>111</b>
ESEC Maracá-Jipioca	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>2</b>
PARNA Cabo Orange	1	13	33	22	10	3	13	3	3	3	<b>104</b>
ESEC Jarí	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
REBIO Parazinho	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>TOTAL UCs/ANO =</b>	<b>8</b>	<b>52</b>	<b>88</b>	<b>28</b>	<b>15</b>	<b>8</b>	<b>20</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>232</b>

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de INPE - BDQueimadas (2024).

Observa-se que a concentração de focos de calor em áreas específicas, como a Reserva Biológica do Lago Piratuba e o Parque Nacional do Cabo Orange, pode ser atribuída a uma combinação de fatores climáticos, como secas intensificadas em determinados anos, e atividades humanas, como queimadas, que tendem a ocorrer mais intensamente nestas regiões. A expressiva incidência de 215 focos sugere que estas UCs estão sob pressão de atividades que promovem o uso do fogo, como a expansão agropecuária e a prática de queimadas descontroladas, exigindo uma atenção especial nas políticas de monitoramento e controle.

Por outro lado, a ausência de focos de calor no Parque Natural Municipal do Cancão, na Estação Ecológica Jari e na Reserva Biológica do Parazinho pode indicar que estas áreas estão localizadas em regiões de menor pressão antrópica ou que possuem condições ambientais e de gestão que minimizam a ocorrência de incêndios. Este contraste evidencia a necessidade de uma abordagem de gestão diferenciada para as UCs, considerando tanto as características ambientais quanto os fatores socioeconômicos locais. A espacialização dos focos de calor pode, assim, subsidiar estratégias mais eficazes de prevenção e combate a incêndios, direcionando recursos e esforços para áreas mais vulneráveis.

As taxas anuais com espaço-temporal entre 2013 e 2022 foram estimadas a partir dos incrementos de desmatamento identificados no Estado do Amapá por imagens de satélites através da plataforma do PRODES (INPE), que cobre a Amazônia Legal e mapeia uma área mínima de 6,25 ha. O Estado do Amapá apresentou um total acumulado para o período analisado de cerca de 206,19 km<sup>2</sup> de áreas desmatadas, tendo como destaque e ordem decrescente os anos de 2019, 2014, 2018 e 2013, que apresentaram os respectivos valores de

39,06 km<sup>2</sup>, 29,12 km<sup>2</sup>, 24,57 km<sup>2</sup> e 24,24 km<sup>2</sup>.

Os resultados demonstram que, no período analisado (2013-2022), as Unidades de Conservação de Proteção Integral no Amapá tiveram áreas desmatadas com total de 1,65 km<sup>2</sup>, o que representa apenas 0,80% do total desmatado no estado. Entre as UCs avaliadas, destacam-se o Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque, que apresentou 0,43 km<sup>2</sup> de desmatamento em 2021, e o Parque Nacional Cabo Orange, com 0,47 km<sup>2</sup> em 2014, totalizando 1,65 km<sup>2</sup>. As demais UCs de Proteção Integral não registraram áreas desmatadas no período considerado, conforme indicado na Tabela 3.

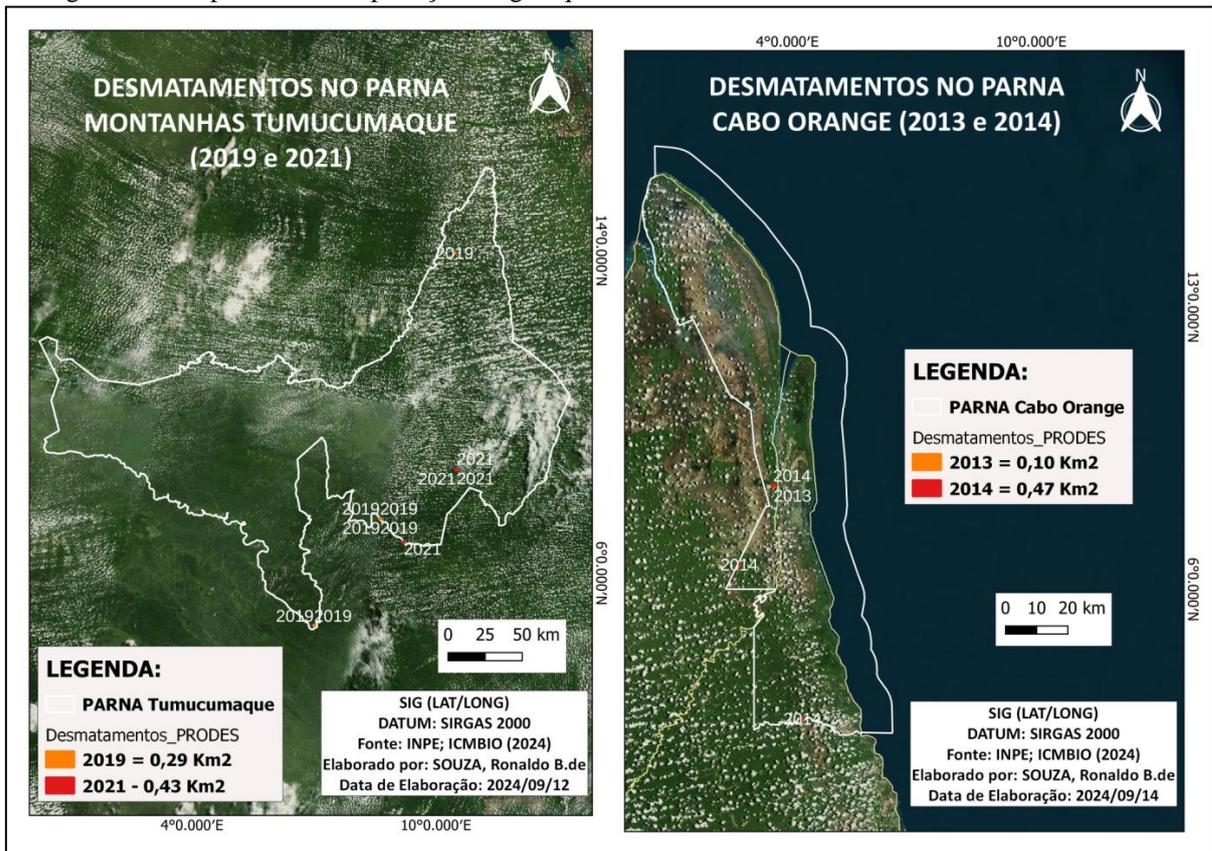
Tabela 3 – Desmatamentos nas UCs proteção Integral no Estado do Amapá em ha

NOME DA UNIDADE	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Σ =
PARNA Montanhas do Tumucumaque	0	0	7	0	9	0	29	20	43	0	<b>108</b>
PARNA Municipal do Cancão	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
REBIO Lago Piratuba	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
ESEC Maracá-Jipioca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
PARNA Cabo Orange	10	47	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>57</b>
ESEC Jarí	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
REBIO Parazinho	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>TOTAL UCs/ANO =</b>	<b>10</b>	<b>47</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>29</b>	<b>20</b>	<b>43</b>	<b>0</b>	<b>165</b>

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de INPE - PRODES (2024).

Na discussão destes resultados é importante notar que o percentual de desmatamento nas UCs de Proteção Integral é relativamente baixo em relação ao total estadual, o que pode refletir o impacto positivo das medidas de conservação nestas áreas. No entanto, os desmatamentos observados no Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque e no Parque Nacional Cabo Orange sugerem que estas UCs ainda enfrentam pressões significativas, especialmente em anos específicos (Figura 22). As flutuações no desmatamento entre os anos podem estar associadas a fatores sazonais, mudanças nas atividades ilegais, como exploração de madeira ou mineração, ou até variações nas políticas de fiscalização e gestão.

Figura 22 – Mapa das UCs de proteção integral que se destacaram com desmatamentos entre 2013 e 2022



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de INPE (2024).

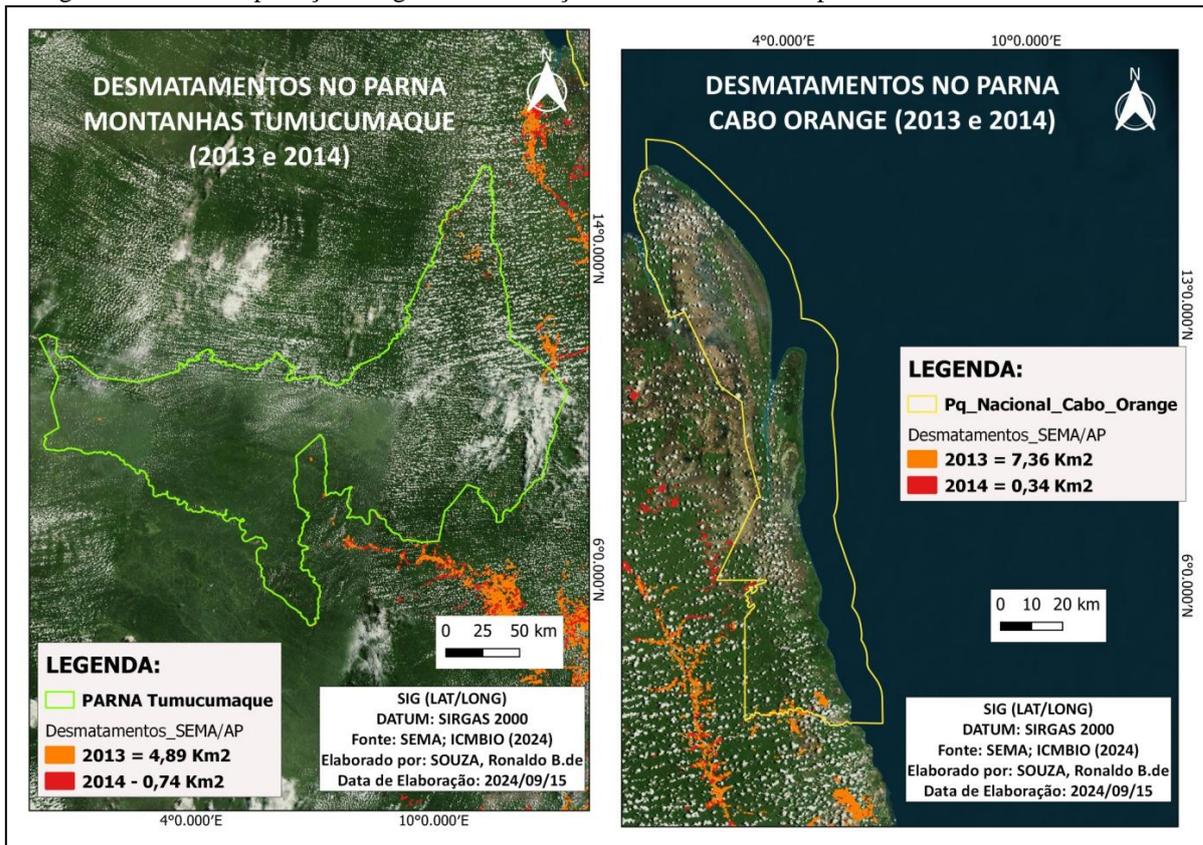
A ausência de desmatamento nas demais UCs indica que para grande parte destas áreas as políticas de proteção têm sido eficazes, pelo menos no período avaliado. No entanto, o fato de mesmo as áreas protegidas mais rigorosamente sofrerem desmatamento pontual destaca a necessidade contínua de vigilância e reforço das políticas de fiscalização. Além disto, é essencial investigar as causas subjacentes aos picos de desmatamento observados em 2014 e 2021, a fim de desenvolver estratégias mais robustas e específicas para mitigar os impactos futuros nestas UCs.

Com os dados adquiridos pela SEMA/AP, que realiza a vetorização manual dos polígonos de desmatamentos e trabalha com os parâmetros originais da imagem de satélites, com píxel de 30x30 metros, permitindo que a menor área mapeada/analísada seja de aproximadamente 0,1 ha, os resultados foram bastante expressivos em comparação com os dados do PRODES (INPE). Cabe ressaltar que no período analisado (2013-2022), o Estado do Amapá obteve o total de 206,19 km<sup>2</sup> de seu território desmatado apresentado pelo INPE, e no mesmo período a SEMA divulgou nos seus boletins que foram catalogados 486,08 km<sup>2</sup> de áreas desmatadas em todo território amapaense.

Os resultados analisados e obtidos indicam que as UCs de proteção integral no Amapá

sofreram um total de 27,39 km<sup>2</sup> de desmatamento entre os anos de 2013 e 2022, conforme dados fornecidos pela SEMA/AP (Tabela 4). O Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque foi uma das UCs mais afetadas, com uma área desmatada de cerca de 10,63 km<sup>2</sup>, seguido pelo Parque Nacional do Cabo Orange com 7,89 km<sup>2</sup>, ambas apresentaram maiores índices nos respectivos anos de 2013 e 2014 (Figura 23).

Figura 23 – UCs de proteção integral com avaliação dos desmatamentos pela SEMA/AP entre 2013 e 2022



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de SEMA (2024).

O Parque Natural Municipal do Cancão registrou 6,62 km<sup>2</sup> de desmatamento, observado apenas em 2013. Por outro lado, a Estação Ecológica Maracá-Jipiôca e a Reserva Biológica Parazinho se destacam por não apresentarem nenhum índice de desmatamento no período analisado, evidenciando a eficácia de sua gestão e proteção.

Tabela 4 – Desmatamentos nas UCs proteção Integral no Estado do Amapá em ha

<b>NOME DA UNIDADE</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>Σ =</b>
PARNA Montanhas do Tumucumaque	489	74	51	0	0	355	13	27	52	2	<b>1063</b>
PARNA Municipal do Cancão	662	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>662</b>
REBIO Lago Piratuba	223	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>223</b>
ESEC Maracá-Jipioca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
PARNA Cabo Orange	736	34	6	0	0	3	0	9	0	1	<b>789</b>
ESEC Jarí	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	<b>2</b>
REBIO Parazinho	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>TOTAL UCs/ANO =</b>	<b>2110</b>	<b>108</b>	<b>59</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>358</b>	<b>13</b>	<b>36</b>	<b>52</b>	<b>3</b>	<b>2739</b>

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de SEMA (2024).

Na avaliação é importante destacar que o desmatamento nas UCs de proteção integral do Amapá, embora limitado em termos absolutos, representa uma preocupação ambiental significativa, visto que estas áreas são destinadas à preservação integral dos ecossistemas. O destaque para o Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque pode ser atribuído a pressões externas, como atividades ilegais, exploração de recursos e, possivelmente, falhas na fiscalização em áreas de difícil acesso. O Parque Nacional do Cabo Orange, localizado na costa atlântica, também enfrenta desafios similares, com atividades de pesca e extração de madeira afetando sua integridade. O caso do Parque Natural Municipal do Cancão, cujo desmatamento foi registrado apenas em 2013, pode indicar uma situação isolada ou uma melhoria nas políticas de proteção nos anos subsequentes.

A ausência de desmatamento nas UCs da Estação Ecológica Maracá-Jipioca e na Reserva Biológica Parazinho sugere que estas áreas têm uma proteção mais eficiente, seja pela menor pressão humana ou pela maior eficácia nas políticas de conservação. Este contraste entre UCs indica a necessidade de uma análise mais profunda sobre os fatores que influenciam o desmatamento em áreas protegidas, considerando aspectos como acessibilidade, fiscalização, políticas públicas e o envolvimento das comunidades locais na preservação ambiental.

Nos últimos 10 anos (2013 a 2022), a perda de vegetação nativa no Brasil acelerou. O período coincide com a vigência do novo Código Florestal, aprovado pelo Congresso em 2012. É o que mostra uma análise inédita feita pelo MapBiomias a partir da mais recente coleção de dados de uso e cobertura da terra, cobrindo o período entre 1985 e 2022. A análise das imagens de satélite mostra que no período de 5 anos antes da aprovação do Código

Florestal (2008-2012) houve uma perda de 5,8 milhões de hectares. Nos cinco anos seguintes à aprovação do código (2013-2018), a perda aumentou para 8 milhões de hectares. Nos últimos 5 anos (2018-2022) alcançou 12,8 milhões de hectares, um aumento de 120% em relação a 2008-2012 (MapBiomias, 2023).

Os resultados obtidos a partir da análise dos dados do MapBiomias indicam mudanças significativas na cobertura de uso e ocupação do solo no Estado do Amapá entre 2013 e 2022 (Figura 24). No período analisado, a classe 1, correspondente à Floresta, apresentou uma redução de sua área total. Em 2013, a cobertura florestal representava 11.620.035 Mha, o que correspondia a 81,84% do território do estado. No entanto, em 2022, a área foi reduzida para 11.593.435 Mha, representando 81,64%. Esta diminuição de 0,2% pode ser atribuída a pressões antrópicas, como desmatamento e expansão de atividades agropecuárias.

Por outro lado, a classe 3, Agropecuária, que inclui subcategorias como pastagem, agricultura e silvicultura, apresentou um crescimento expressivo. Em 2013, as atividades agropecuárias ocupavam 169.848 Mha, o que representava 1,20% do território. Em 2022, a área destinada a estas atividades aumentou para 228.354 Mha, correspondente a 1,61%, um incremento de 58.506 Mha. Este aumento reflete a crescente demanda por expansão agrícola e pecuária no estado, sugerindo uma conversão de áreas florestais e outras formações naturais para usos agropecuários. Estes dados evidenciam a dinâmica de transformação da paisagem no Amapá e reforçam a importância de políticas de manejo sustentável para mitigar os impactos ambientais resultantes desta expansão.

Figura 24 – Valores (ha) das Classes de Uso e Cobertura da Terra no Estado do Amapá entre 2013 e 2022



Fonte: Adaptado pelo autor a partir de MapBiomias (2024).

Os resultados obtidos nas UCs de proteção integral, analisadas com base nas classes de uso e cobertura da terra disponibilizadas pelo Mapbiomas, evidenciam variações significativas, principalmente no Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque, que apresentou as maiores alterações. Este parque foi seguido pelo Parque Nacional do Cabo Orange e pela Reserva Biológica Lago Piratuba. Na classe "Formação Florestal", as UCs sofreram perdas expressivas de 303 ha, 17 ha e 0,6 ha, respectivamente, no período de 2013 a 2022, totalizando uma redução de 321,5 ha (Tabela 5). Além disto, as classes "Mangue" e "Floresta Alagável" também apresentaram perdas notáveis no PARNA Cabo Orange, com diminuições de 77 ha e 0,7 ha. Em contrapartida, houve aumento nas classes "Pastagens" e "Rio, Lago e Oceano", com 0,7 ha de incremento em pastagens, indicando indícios de atividades de pecuária dentro da unidade, e um aumento de 150 ha na hidrografia. Estes resultados destacam tanto a vulnerabilidade destas áreas à perda de vegetação nativa quanto o impacto das atividades humanas em seu interior.

Tabela 5 – Mudanças do Uso e Cobertura da Terra nas UCs proteção Integral no Estado do Amapá em (ha) nos anos de 2013 e 2022

CLASSES	PARNA Montanhas do Tumucumaque	PARNA Municipal do Cancão	REBIO Lago Piratuba	ESEC Maracá- Jipióca	PARNA Cabo Orange	ESEC Jarí	REBIO Parazinho
Formação Florestal	- 303.4	0	- 0.6	0	- 17.5	0	0
Formação Savânica	0	0	0	0	0.01	0	0
Mangue	0	0	- 0.6	0	- 76.92	0	0
Floresta Alagável	- 24.2	0	0	0	- 0.71	0	0
Campo Alagado e Área Pantanosa	0	0	0	0	- 0.05	0	0
Formação Campestre	0.1	0	0.1	0	3.15	0	0
Pastagem	0.1	0	0	0	0.65	0	0
Outras Lavouras Temporárias	0	0	0	0	0	0	0
Silvicultura	0	0	0	0	0	0	0
Área Urbanizada	0	0	0	0	0	0	0
Mineração	0	0	0	0	0	0	0
Outras Áreas não Vegetadas	0	0	0	0	0	0	0
Rio, Lago e Oceano	29.5	0	17.6	0.3	149.63	0	0

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de MapBiomias (2024).

A análise realizada para a Estação Ecológica (ESEC) Maracá-Jipióca revelou um acréscimo de aproximadamente 0,3 ha na classe “Rio, Lago e Oceano” no período de 2013 a 2022, sem alterações significativas nas demais classes de uso e cobertura da terra (Figura 25). No caso das outras Unidades de Conservação analisadas, como o Parque Nacional Municipal do Cancão, a Estação Ecológica Jarí e a Reserva Biológica Parazinho, não foram observadas mudanças em nenhuma das classes ao longo do período analisado. A estabilidade destas áreas sugere uma preservação eficiente de seus ecossistemas e, possivelmente, uma menor pressão antrópica, ao contrário de outras UCs que mostraram variações significativas.

Figura 25 – Aumento da Classe “Rio, Lago e Oceano” na ESEC Maracá-Jipiôca entre 2013 e 2022



Fonte: Adaptado pelo autor a partir de MAPBIOMAS (2024).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As considerações finais deste estudo reforçam a relevância das atividades antrópicas no contexto das alterações no uso e cobertura do solo, refletindo o impacto direto do manejo sobre o meio ambiente. Estas mudanças estão profundamente vinculadas às características econômicas, sociais e histórico-culturais da população local, evidenciando uma relação complexa entre o desenvolvimento humano e a preservação ambiental. Os efeitos destas intervenções podem se manifestar em diversas esferas, como alterações climáticas, poluição dos recursos hídricos e do solo e perda da biodiversidade, influenciando negativamente a qualidade de vida da população. A análise apresentada alerta para a necessidade urgente de políticas de gestão ambiental mais efetiva, capazes de minimizar os impactos e promover um equilíbrio sustentável entre as necessidades econômicas e a conservação ambiental, tanto em nível regional quanto global.

Os resultados obtidos neste trabalho demonstram que o monitoramento orbital das queimadas e desmatamentos tem aplicações e resultados práticos satisfatórios no contexto da dimensão da área e da falta de outras opções de monitoramento. O estudo oferece uma compreensão detalhada das queimadas e desmatamentos nas unidades de conservação de proteção integral e aponta a necessidade de aprimoramento no sistema de monitoramento.

Com base nos dados foi possível concluir que a degradação ambiental é resultante de um processo social, determinado pelo modo como a sociedade se apropria e utiliza os recursos naturais. A degradação ou destruição de um ecossistema compromete a qualidade de vida da humanidade, por isso a relação do homem com o meio ambiente deve ser harmoniosa. Recomenda-se a implementação de políticas de manejo do fogo e a revisão das tecnologias de detecção, bem como campanhas periódicas sobre as legislações ambientais e suas sanções correlatas aos crimes de extração de madeira ilegal e respectivos desmatamentos. Assim, as ferramentas de Geoprocessamento são imprescindíveis no auxílio deste monitoramento e aliadas na sua prevenção.

As análises realizadas nas Unidades de Conservação de proteção integral, com base nas classes de uso e cobertura da terra, cujos dados foram obtidos pela plataforma MapBiomas, destacam a complexidade das dinâmicas ambientais em áreas protegidas e evidenciam a pressão ambiental sobre ecossistemas sensíveis. Estes resultados sublinham a importância da gestão ambiental contínua para garantir a preservação da biodiversidade e a integridade das UCs, além de ressaltar a necessidade de ações de fiscalização mais rigorosas para mitigar os impactos antrópicos em áreas de conservação.

Os índices apresentados nesta dissertação não conformam em profundidade os fatores que explicam os focos de calor e desmatamentos nas UCs de proteção integral, ou seja, seus aspectos qualitativos e causais, mas prende-se objetivamente em disponibilizar dados quantitativos, sua distribuição espacial e relação, ainda que superficial, com os grandes eixos de integração regional. Destaca-se, portanto, como ponto de referência para futuras análises mais profundas que devam direcionar as ações da gestão ambiental no Estado, integrada às políticas públicas de desenvolvimento socioeconômico, em conformidade com o modelo de gestão sistêmica do território.

## REFERÊNCIAS

- ABDENUR, A. E. **The Glasgow Leaders' Declaration Onforests: Déja Vu Or Solid Restart?** New York: United Nations University, 2022. Disponível em: <http://collections.unu.edu/eserv/UNU:8669/COP26ForestGovernance.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2023.
- ABDENUR, A. E.; TEIXEIRA, I.; WAGNER, J.; ABRAMOVAY, P. **Clima e estratégia internacional: Novos rumos para o Brasil.** Plataforma Cipó, 2022. Disponível em: <https://climainternacional.plataformacipo.org/politica-internacional-e-clima-novos-rumos-para-o-brasil/>. Acesso em: 11 jan. 2023.
- ALHO, C. J. R. Biodiversity of the Pantanal: response to seasonal flooding regime and to environmental degradation. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, n. 4, 2008. Disponível em: [https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5490/1/BRU\\_n3\\_unidades\\_conservacao.pdf](https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5490/1/BRU_n3_unidades_conservacao.pdf). Acesso em: 19 out. 2024.
- ALMEIDA, C. A.; SOARES-FILHO, B. S.; NEPSTAD, D. **Drivers of deforestation in the Brazilian Amazon: The role of soy, cattle and infrastructure.** 2019. *SCIENCE* v.326.
- ALMEIDA, F. T.; PEREIRA, H. M.; SOARES-FILHO, B. S. Expansão agropecuária e seus impactos sobre a cobertura florestal no Amapá. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 82, n. 1, p. 34-52, 2021.
- ALVES, D. S. Space-times dynamics of deforestation in Brazilian Amazon. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 14, p. 2903-2908, 2002.
- ARAGÃO, L. E. O. C.; BARLOW, J. Tropical Deforestation and Climate Change. **Nature Reviews Earth & Environment**, 2020.
- Araújo, R. L.; Costa, M. M.; Oliveira, G. P. Desmatamento e sustentabilidade no Estado do Amapá: uma análise crítica. **Boletim Amazônico**, v. 14, n. 3, p. 201-215, 2019.
- ARONOFF, S. **Geographic Information Systems: A Management Perspective.** Ottawa, Canada: WDL Publications, 1989.
- BARBIER, E. B. The policy challenges for green economy and sustainable economic development. **European Journal of Environmental and Sustainability Policy**, 2011.
- BARCELOS, C. Q. **Fatores que atuam na dependência entre o funcionamento dos Parques Nacionais e sua preservação.** 1999. Monografia (Curso de Biociências) - Centro Universitário de Brasília, Brasília, 1999.
- BATISTA, A. C. Detecção de incêndios florestais por satélites. **Floresta**, [S. l.], v. 34, n. 2, 2004. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/2402>. Acesso em: 10 out. 2023.
- BATISTA, A. **Estadística de incendios forestales en las Unidades de Conservación Federales del Brasil: periodo 2000-2004.** Curitiba: UFPR, 2005. 3 p.

BECKER, B. K. **Amazônia**: Geopolítica na virada do III milênio. Rio de Janeiro: Garamond, 2004.

BRANDO, P. M. **Desmatamento, focos de calor e mudanças climáticas na Amazônia brasileira**. Belém: Editora MPEG, 2019.

BRASIL JR, A. C. P. Um cenário desejável para conter o desmatamento na região de Belo Monte. *In*: NASCIMENTO, E. P. do.; DRUMMOND, J. A (Org.). **Amazônia**: dinamismo econômico e conservação ambiental. Rio de Janeiro: Garamond, 2003. p. 115-132.

BROCKINGTON, D.; DUFFY, R.; IGOE, J. **Nature Unbound**: Conservation, Capitalism and the Future of Protected Areas. London/Sterling, VA: Earthscan. 2008.

BUCHILLET, D.; RICARDO C. A.; AZEVEDO M. A. Saúde indígena no alto rio negro. *In*: **Pesquisas do IRD no Brasil desde 1998**. Brasília: editora Charbel, 2006. p. 105-110.

BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. **Principles of Geographical Information Systems**: Spatial Information Systems and Geostatistics. Oxford: Oxford University, 1998.

BUSTAMANTE, M. M. **Mudanças climáticas e incêndios no Pantanal**: Uma análise das causas e consequências dos focos de calor. Brasília: UnB Press, 2020.

CALIFORNIA DEPARTMENT OF FORESTRY AND FIRE PROTECTION. **Annual fire report**, 2023. Disponível em: <https://www.fire.ca.gov/media/1234/annual-fire-report-2023.pdf>. Acesso em: 02 jan. 2024.

CANADIAN INTERAGENCY FOREST FIRE CENTRE. **Annual Report 2023**. Disponível em: <https://www.cifff.ca/>. Acesso em: 02 jan. 2024.

CARTER, J. R. On Defining the Geographic Information System. *In*: RIPPLE, W. J. (ed.). **Fundamentals of Geographical Information Systems**: a Compendium. Asprs/Acsm, Falls Church, Virginia: Ripple, 1989.

CARVALHO, L. M. T.; SCOLFORO, J. R. S.; CANDEIAS, H. Tendências de ocupação do solo nas áreas modificadas. *In*: CARVALHO, L. M. T.; SCOLFORO, J. R. S. (ed.). **Inventário florestal de Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 2008. v. 1. p. 329-354.

CARVALHO, W. D.; de OLIVEIRA, R. R.; BARBOSA, R. I. Community-based forest management as a strategy for sustainable development in the Brazilian Amazon. **Forest Policy and Economics**, v. 109, 102037, 2019.

CARVALHO, F. J.; RODRIGUES, T. A. Políticas públicas para o controle de queimadas e focos de calor na Amazônia Brasileira. **Boletim de Políticas Ambientais**, 2019.

CASTAÑEDA, A. Zonificación para el manejo de incendios en plantaciones forestales en Colombia. **Boletín de Protección Forestal**, Colômbia, n. 2. p. 38-46, 1997.

CHEN, B.; XIAO, X.; LI, X.; PAN, L.; DOUGHTY, R.; MA, J.; DONG, J.; QIN, Y.; ZHAO, B.; WU, Z. A mangrove forest map of China in 2015, analysis of time series Landsat 7/8 and

Sentinel-1A imagery in Google Earth Engine cloud computing platform. **Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 131, p. 104-120, 2017.

CHUVIECO, E.; CONGALTON, R. G. Application of remote sensing and geographic information systems to forest fire hazard mapping. **Remote sensing of environment**, v. 29, p. 145-59, 1989.

CHUVIECO, E.; SALAS, F. J.; VEJA, C. Remote sensing and GIS for long-term fire risk mapping. *In*: CHUVIECO, E. (ed.). **A review of remote sensing methods for the study of large wildland fires**. Alcalá de Henares, Spain: Universidad de Alcalá, 1997.

COSTA, J. P.; SANTOS, M. A. **Efeitos das queimadas na saúde pública**: um estudo de caso no Estado do Amapá. 2021. Saúde e Meio Ambiente. v. 10 n.5: Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação- REASE

COUTINHO, L. M. O Cerrado e a ecologia do fogo. **Ciência hoje**, v. 12, n. 68, p. 22-30, 1992. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/000850523>. Acesso em: 18 ago. 2022.

COWEN, D. J. GIS versus CAD versus Dbms: What are the differences Photog. **Eng. And Rem. Sem.**, v. 54, p. 1551-4, 1988.

CRONKLETON, P.; PULHIN, F.; SAIGAL, S. Co-management in community forestry: How the partial devolution of management rights creates challenges for forest communities. **Conservation and Society**, v. 10, n. 2, p. 91-102. 2012.

CRUTZEN, P. J.; ANDREAE, M. O. Biomass burning in the tropical impact on atmospheric chemistry and biogeochemical cycles 1669, 1678, 1990. **Science**, New York, v. 250, n. 4988, p. 1669-1678, 1990.

DEEP, F.; PAULA, E. V. FIRESIG - Sistema de suporte a tomada de decisão para o combate a incêndios no Paraná. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 2, p. 157-162, 2004.

DOUROJEANNI, M. J.; PÁDUA, M. T. J. **Biodiversidade**: a hora decisiva. 2. ed. Curitiba: Ed. UFPR, 2007.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Amapá, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/search?SearchableText=Amap%C3%A1>. Acesso em: 08 mar. 2022.

ERBA, D. A.; PIUMETTO, M. Sistemas de Información Geográfica Aplicados al Catastro Urbano. *In*: ERBA, D. A. (ed.). **Catastro multifinalitario**: aplicado a La definicion de políticas de suelo urbano. Cambridge, MA: Lincoln Institute of Land Policy, 2007.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **Climate change and extreme weather**. 2022. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-and-extreme-weather>. Acesso em: 28 set. 2023.

FAO. **Global Forest Resources Assessment 2020**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020.

FARLEY, J. **Optimal Deforestation in the Brazilian Amazon; Theory and Policy: The Local, National, International and Intergenerational Viewpoints**. 1998. Tese (Doutorado em Filosofia) - Cornell University, 1998.

FEARNSIDE, P. M. Processos predatórios na floresta tropical úmida da Amazônia Brasileira. **Estudos Avançados**, v. 3, n. 5, p. 21-35, 1988. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/22095>. Acesso em: 13 ago. 2022.

FEARNSIDE, P. M. Environmental services as an strategy for sustainable development in rural Amazonia. **Ecological Economics**, v. 20, p. 53-70, 1997.

FEARNSIDE, P. M. Combate ao desmatamento na Amazônia brasileira. **Cadernos da Biodiversidade**, Curitiba, v. 2, n. 2, p. 35-39, 1999.

FEARNSIDE, P. M. **A Floresta Amazônica nas mudanças globais**. Manaus: INPA, 2003. v. 1.

FEARNSIDE, P. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e consequências. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 114-122, 2005. Disponível em: [http://philip.inpa.gov.br/publ\\_livres/2005/Desmatamento%20historia-Megadiversidade.pdf](http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/2005/Desmatamento%20historia-Megadiversidade.pdf). Acesso em: 13 ago. 2022.

FEARNSIDE, P. M. **Impactos ambientais dos focos de calor no Brasil: Biodiversidade e mudanças climáticas**. Manaus: Editora INPA, 2019.

FEARNSIDE, P. M. **Roads and dams in Amazonia: Environmental and Social Consequences of Brazil's Planned Infrastructure in Amazonia**. *Environmental Management* **30**, 0735–0747 (2020).

FERRANTE, L.; FEARNSIDE, P. M. Brazil's new president and 'ruralists' threaten Amazonia's environment, traditional peoples and the global climate. **Environmental Conservation**, v. 46, n. 4, p. 261-263, 2019.

FERRAZ, S. F. B.; VETTORAZZI, C. A. Avaliação de riscos de incêndios florestais através de um SIG: proposta de um sistema automatizado para monitoramento. *In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA USP*, 5, Piracicaba, 1997. **Anais [...]**. São Paulo: Edusp, 1997. v. 1, p. 573.

FERRAZ, S. F. B.; VETTORAZZI, C. A. Mapeamento de Risco de Incêndios Florestais por meio de sistemas de informações geográficas (SIG). **Scientia Forestalis**, n. 53, p. 39-48, 1998.

FONSECA, E. M. B.; RIBEIRO, G. A. **Manual de prevenção de incêndios florestais**. Belo Horizonte: CEMIG, 2003.

FREITA, S. R.; LONGO, K. M.; DIAS, M. A. F. S.; DIAS, P. L. S. Emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul. **Estudos Avançados**, Campinas, v. 19, n. 53, p. 167-185, 2005.

GATTI, L. V.; BASSO, L. S.; MILLER, J. B. et al. Amazonia as a carbon source linked to deforestation and climate change. **Nature**, v. 595, p. 388–393, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03629-6>.

GAVLAK, A. A. **Padrões de mudanças de cobertura da terra e dinâmica populacional no Distrito Florestal Sustentável da BR 163**: População, espaço e ambiente. 2011. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2011. Disponível em: <http://mtc-m16d.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19/2011/08.02.16.24/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 10 maio. 2022.

GEIST, H. J.; LAMBIN, E. F. What drives tropical deforestation? Land – Use and Land – Cover Change (LUCC). International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change (IHDP), Internacional Geosphere – Biosphere Programme (IGBP), **LUCC Report Series nº 4**. Louvain-la-Neuve, 2001.

GEIST, H. J.; LAMBIN, E. F. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. **Bioscience**, v. 52, n. 2, p. 143–150, 2002.

GOMES, S. C.; BRAGA, M. J. Desenvolvimento Econômico e Desmatamento na Amazônia Legal: Uma análise Econométrica. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46, 2008, Rio Branco. **Anais [...]**. Rio Branco, Acre: SOBER, 2008.

GOMES, C. V.; LEITE, M. L.; SILVA, P. R. O papel do Programa Áreas Protegidas da Amazônia (ARPA) na conservação das florestas no Amapá. **Revista de Conservação Ambiental**, v. 9, n. 2, p. 112-130, 2018.

GORELICK, N.; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILUYSHCHENKO, S.; THAU, D.; MOORE, R. Google Earth Engine: planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, v. 202, p. 18-27, 2017.

GRASER, A.; OLAYA, V. Processamento: Uma estrutura python para a integração perfeita de ferramentas de geoprocessamento no QGIS. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 4, n. 4, p. 2219-2245, 2015.

GREENPEACE. **Queimada em Porto Velho-RO para monitorar desmatamento e queimadas na Amazônia**. Greenpeace Brasil, 2022. Disponível em: <https://www.greenpeace.org/brasil/blog/focos-de-calor-em-alta-na-amazonia-fomos-a-campo-registrar/>. Acesso em: 10 maio. 2023.

HAY, G. J.; CASTILLA, G. Geographic Object-Based Image Analysis (GEOBIA): A new name for a new discipline. In: BLASCHKE, T.; LANG, S.; HAY, G. (ed.). **Object Based Image Analysis**, Heidelberg, Berlin, New York: Springer, 2008. p. 93–112. Disponível em: <https://www.researchstudio.at/wp-content/uploads/2020/05/Blaschke-T.-G.J.-Hay-M.-Kelly-S.-Lang-P.-Hofmann-E.-Addink-R.-Feitosa-F.-van-der-Meer-H.-van-der-Werff-F.-van-Coillie-D.-Tiede-2014-Geographic-Object-based-Image-Analysis.pdf>. Acesso em: 11 maio. 2022.

HANSEN, J. **Storms of My Grandchildren: The Truth About the Coming Climate Catastrophe and Our Last Chance to Save Humanity.** New York: Bloomsbury, 2018.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Monitoramento de queimadas em imagens de satélites. Brasília: IBAMA, 2017. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/consultas/incendios-florestais/consultas-monitoramento-de-queimadas/monitoramento-de-focos-de-queimadas-em-imagens-de-satelites>. Acesso em: 15 set. 2022.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados.** Brasília: IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ap/panorama>. Acesso em: 28 mai. 2022.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Biomass do Brasil.** Escala 1:250.000. Brasília: IBGE, 2022. Disponível em: [https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/estudos\\_ambientais/biomass/mapas/biomass\\_e\\_sistema\\_costeiro\\_marinho\\_250mil.pdf](https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/estudos_ambientais/biomass/mapas/biomass_e_sistema_costeiro_marinho_250mil.pdf) Acesso em: 28 maio. 2023.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Base Cartográfica Escala 1:250.000, versão 2021.** Brasília: IBGE, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/basescartograficas/#/home>. Acesso em: 10 maio. 2022.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Bases Cartográficas Contínuas - Brasil Escala 1:250.000, versão 2023.** Brasília: IBGE, 2023. Disponível em: [https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html?caminho=cartas\\_e\\_mapas/bases\\_cartograficas\\_continuas/bc250/versao2023/](https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html?caminho=cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc250/versao2023/). Acesso em: 09 julh. 2024.

ICMBIO - INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Biodiversidade-Unidade de Conservação-Grupos;** publicado em 16 de dezembro 2020, atualizado em 22 de janeiro de 2021. Brasília: ICMBio, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/grupos>. Acesso em: 10 maio. 2022.

ICMBIO - INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Educação Ambiental.** Brasília: ICMBio, 2024. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/educacaoambiental/politicas/snuc.html>. Acesso em: 10 mar. 2024.

INDIA METEOROLOGICAL DEPARTMENT. **Heat wave reports.** 2023. Disponível em: <https://www.imd.gov.in/heat-wave-reports-2023>. Acesso em: 02 jan. 2024.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite.** Brasília: INPE, 2020.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Queimadas.** Brasília: INPE, 2022a. Disponível em: <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal/destaque/area-queimada>. Acesso em: 20 jun. 2022.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **PRODES -**

**Monitoramento do Desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite.** Brasília: INPE, 2022b. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>. Acesso em: 20 jun. 2022.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change and Land: An IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems.** IPCC, 2019.

IUCN - UNIÃO INTERNACIONAL PARA A CONSERVAÇÃO DA NATUREZA. **Florestas e mudanças climáticas.** IUCN, 2022. Disponível em: <https://www.iucn.org/resources/issues-briefs/forests-and-climate-change>. Acesso em: 28 jun. 2022.

RANNARD G.; GILLET, F. COP26: Líderes mundiais prometem acabar com o desmatamento até 2030. **BBC News**, 2021. Disponível em: <https://www.bbc.com/news/science-environment-59088498>. Acesso em: 23 mai. 2024.

KOPROSKI, L.; FERREIRA, M. P.; GOLDAMMER, A. C. Modelo de zoneamento de risco de incêndios para unidades de conservação brasileiras: o caso do Parque Estadual do Cerrado (PR). **Revista Floresta**, v. 41, n. 3, p. 551-562, 2011.

LIMA, C. R.; FERNANDES, L. C. O impacto das atividades agropecuárias nos focos de calor do Amapá: uma análise regional. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 6, n. 1, p. 1-6, 2022.

LOCH, C.; ERBA, D. A. **Cadastro técnico multifinalitário: rural e urbano.** Cambridge: Lincoln Institute of Land Policy, 2007.

LOPES, A. P.; SILVA, C. J.; RIBEIRO, J. M. Desafios da conservação ambiental em áreas protegidas no Amapá. **Journal of Environmental Studies**, v. 59, n. 2, p. 1-3, 2020.

LOPES, E. R. N.; REUSS-STRENZEL, G. M. Geoprocessamento aplicado à caracterização da ocupação de unidades de conservação—um olhar sobre a área de Proteção Ambiental de Guaibim, Bahia, Brasil. **Revista de Geografia – UFPE**, v. 32, n. 3, p. 46-59, 2015.

MACKINNON, J.; MACKINNON, K.; CHILD, G.; THORSELL, J. **Managing protected areas in the tropics.** Gland: IUCN/Unep, 1986.

MANN, M. E. **The Madhouse Effect: How Climate Change Denial Is Threatening Our Planet, Destroying Our Politics, and Driving Us Crazy.** New York: Columbia University Press, 2017.

MANTOVANI, J. E.; PEREIRA, A. Estimativa da integridade da cobertura vegetal do Cerrado através de dados TM/Landsat. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9, 1998, Santos. **Anais [...]**. INPE/SELPER, 1998. CD-ROM.

MAPBIOMAS. **Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil.** [S./d.]. Disponível em: <https://mapbiomas.org/visao-geral-da-metodologia>. Acesso em: 16 jun. 2022.

MAPBIOMAS. **Desmatamentos no Brasil - 2022**. Disponível em: <https://projeto colabora.com.br/ods15/mapbiomas-desmatamento-no-brasil-cresceu-20-em-2021/>. Acesso em: 27 dez. 2023.

MAPBIOMAS. **Coleção 9**. 2023. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/>. Acesso em: 02 ago. 2024.

MARGULIS, S. **Causas do Desmatamento da Amazônia Brasileira**. Brasília: Banco Mundial. Brasília, 2003.

MÁRQUEZ, L. A. M. Dinâmica de uso e cobertura dos solos do município de Silvânia (1985-2020). **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, v. 8, n. 24, p. 113-120, 2021.

MENESES, P. R. de; ALMEIDA, T. de (org.). **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília, DF: [s.n.], 2012.

MEYFROIDT, P.; RUDEL, T. K.; LAMBIN, E. F. Forest transitions, trade, and the global displacement of land use. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, n. 49, p. 20917-20922, 2014.

MILLER, K. R. **Evolução do conceito de áreas de proteção: oportunidades para o século XXI**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, 1, 1997, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba, Paraná: 1997. v. 1, p. 3-21.

MIRANDA, E. E. A Amazônia Legal registrou menos queimadas em 2005. **Revista Eco21**, Rio de Janeiro, p. 14, 2006.

MIRANDA, E. E. de. **Agricultura e fogo no Cerrado: Impactos ambientais dos focos de calor**. Brasília: Embrapa, 2021.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano De Ação Para A Prevenção E Controle Do Desmatamento Na Amazônia Legal**. Brasília, 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/servicosambientais/controle-de-desmatamento-e-incendios-florestais/pdf/Documentobasecontextoanlisededados.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2022.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Dados Georreferenciados das Unidades de Conservação**. 2024. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/areas-protetidas/cadastro-nacional-de-ucs/dados-georreferenciados.html>. Acesso em: 06 mar. 2024.

MOREIRA, M. P. **Uso do sensoriamento remoto para avaliar a dinâmica de sucessão secundária na Amazônia central**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2014. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/5172>. Acesso em: 10 maio. 2022.

MPAP – MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO AMAPÁ. **Centro de apoio operacional do meio ambiente – CLIMA**. Brasília, 2011. Disponível em: <https://www.mpap.mp.br/tac/lista-tacs-caopambiental/tacs-caopambiental-2011?view=article&id=192:clima&catid=111>. Acesso em: 17 out. 2022.

MUELLER-DUMBOIS, D.; GOLDAMMER, J. G. Fire in the tropical ecosystems and global environmental change: an introduction. *In*: GOLDAMMER, J. G. (ed.). **Fire in the tropical biota**. New York: Springer-Verlag, 1990. p. 1-10.

NEPSTAD, D.; MCGRATH, D.; STICKLER, C. *et al.* Slowing Amazon deforestation through public policy and interventions in beef and soy supply chains. **Science**, v. 344, p. 1118-1123, 2014.

NOBRE, C. **Mudanças climáticas e seus efeitos no Brasil**. São Paulo: Companhia das Letras, 2019.

NOBRE, C. **Amazônia em chamas: Desmatamento, mudanças climáticas e os incêndios florestais no Brasil**. São Paulo: Companhia das Letras, 2020.

OLIVEIRA, V. S. **Geoprocessamento como ferramenta para o monitoramento ambiental de unidades de conservação: o caso do Parque Estadual dos Pirineus e da APA dos Pirineus**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Pampa, São Gabriel, 2018.

PÁDUA, M. T. J. Sistema brasileiro de unidades de conservação: de onde viemos e para onde vamos? *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, 1, 1997, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: IAP; Unilivre; Rede Nacional Pró Unidades de Conservação, 1997.

PÁDUA, M. **Do Sistema Nacional de Unidades de Conservação**. Dez anos do Sistema Nacional de Unidades de Conservação: lições do passado, realizações presentes e perspectivas para o futuro. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2011.

PASSOS, M. M. **Amazônia: Teledetecção e Colonização**. São Paulo: UNESP, 1998.

PAKISTAN METEOROLOGICAL DEPARTMENT. **Climate and Weather Updates**. 2023. Disponível em: <https://www.pmd.gov.pk/en/>. Acesso em: 02 jan. 2024.

PAZ, S.; CARMEL, Y.; JAHSHAN, F.; SHOSHANY, M. Post-fire analysis of pre-fire mapping of fire-risk: a recent case study from Mt. Carmel (Israel). **Forest Ecology and Management**, v. 262, p. 1184-1188, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2011.06.011>. Acesso em: 15 set. 2023.

PEREIRA, M. C.; FERNANDES, A. E.; BRAGA, R. A.; SILVA, R. A. B. E. Detecção de queimadas com o uso do radiômetro AVHRR. *In*: FERREIRA, N. J. (coord.). **Aplicações ambientais brasileiras dos satélites NOAA e TIROS-N**. São Paulo: Oficina de textos, 2004. p. 41-55.

PEREIRA, M. J.; OLIVEIRA, R. L. Uso de imagens de satélite para a detecção de focos de calor no Norte do Brasil. **Journal of Remote Sensing**, v. 37, n. 3, p. 313-327, 2020.

PEREIRA, A. A.; PEREIRA, L. C.; VALADARES, R. Monitoramento dos incêndios florestais no estado de Minas Gerais. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO

REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: INPE, 2007. p. 4535-4540.

PHULPIN, T.; LAVENU, F.; BELLAN, M. F.; MOUGENOT, B.; BLASCO, F. Using SPOT-4 HRVIR and vegetation sensors to assess impact of tropical forest fires in Roraima, Brazil. **International Journal of Remote Sensing**, Basingstoke, v. 23, n. 10, p. 1943-1966, 2002.

RAMIREZ, M. R. **Sistemas gerenciadores de bancos de dados para geoprocessamento**. Rio de Janeiro. RJ: UFRJ/COPE, 1994. Dissertação de mestrado.

RAMOS, P. C. M. Sistema nacional de prevenção e combate aos incêndios florestais. *In*: FÓRUM NACIONAL SOBRE INCÊNDIOS FLORESTAIS, 1., 1995, Piracicaba. **Anais [...]**. Piracicaba: IPEF, 1995. p. 29-58.

REIS, E. J.; GUZMÁN, R. M. **An econometric model of Amazon deforestation**. Texto para discussão IPEA n° 265. Brasília: IPEA, 1992.

RIBEIRO, G. Estratégias de prevenção contra os incêndios florestais. **Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 24, p. 42-46, maio 2005.

ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 16, p. 81-90, 2005.

SALMONA, Y. B.; RIBEIRO, F. F.; MATRICARDI, E. A. T. Parques “no papel” conservam? O caso do Parque dos Pireneus em Goiás. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 34, n. 2, p. 295-310, 2014.

SCHENINI, P. C.; COSTA, A. M.; CASARIN, V. W. Unidades de conservação: aspectos históricos e sua evolução. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 6, 2004, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis, 2004.

SCHWARTZMAN S., ZIMMERMAN, B. (2005). **Conservation alliances with indigenous peoples of the Amazon**. *Conservation Biology*, 19(3):721–727. DOI: DOI: 10.1111/j.1523-1739.2005.00695.x

SEMA – SECRETARIA DE ESTADO E MEIO AMBIENTE. **Unidades de Conservação: Áreas protegidas**. Macapá, 2022. Disponível em: <https://sema.portal.ap.gov.br/conteudo/servicos-e-informacoes/unidades-de-conservacao>. Acesso em: 11 maio. 2022.

SEMA – SECRETARIA DE ESTADO E MEIO AMBIENTE. **Relatório Técnico do Desmatamento no Estado do Amapá**. Macapá, 2004.

SEMA – SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE. **Atlas das Unidades de Conservação do Estado do Amapá**. Texto de José Augusto Drummond; Teresa Cristina Albuquerque de Castro Dias e Daguinete Maria Chaves Brito. Macapá: MMA/IBAMA-AP; GEA/SEMA, 2008.

SEMA – SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE. **Boletim do Desmatamento no Estado do Amapá: Biênio 2011/2012**. Macapá, 2014. Disponível em: <https://sema.portal.ap.gov.br/conteudo/servicos-e-informacoes/clima-e-servicos-ambientais>

SHOW, S. B.; CLARKE, B. **Elements of forest fire control**. Roma: FAO. 1953. p. 33. Disponível em: <https://www.fao.org/3/au020e/au020e.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2022.

SILVA, A. F.; SANTOS, R. S.; ALMEIDA, J. P. Manejo florestal comunitário como alternativa sustentável para o desenvolvimento no Amapá. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, v. 16, n. 2, p. 58-77, 2020.

SILVA, L. J.; REGINALDO, C. S.; LIMA, B. M.; LIMA, M.; OLIVEIRA-JUNIOR, J. F.; TEODORO, P. E.; EISENLOHR P. V.; SILVA-JUNIOR, C. A. Improving the validation of ecological niche models with remote sensing analysis. **Ecological Modelling**, v. 380, p. 22-30, 2018. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/eee/ecomod/v380y2018icp22-30.html>. Acesso em: 14 maio. 2022.

SILVA, M. **Políticas públicas e a proteção ambiental no Brasil: Desafios no combate aos focos de calor**. Rio de Janeiro: Zahar, 2018.

SILVA, M. **Amazônia: Pacto pela Vida**. Rio de Janeiro: Zahar, 2021.

SOARES, R. V. **Incêndios florestais: controle e uso do fogo**. Curitiba: FUPEF, 1985.

SOARES, R. V. Novas tendências no controle de incêndios florestais. **Floresta**, Curitiba, v. 30, n. 1/2, p. 11-21, 2000.

SOARES, R. V.; SANTOS, J. F. Perfil dos incêndios florestais no Brasil de 1994 a 1997. **Floresta**, Curitiba, v. 32, n. 2, p. 219-225, 2002.

SOARES, R. V. **Prevenção e controle de incêndios florestais**. Curitiba: FUPEF - Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1984.

SOARES-FILHO, B. S., RAJÃO, R., MACEDO, M. *et al.* Cracking Brazil's Forest Code. **Science**, v. 344, n. 6182, p. 363-364, 2014.

SOUZA, C.; PINHEIRO, D.; GRILO, F.; GUERREIRO, J.; MENDONÇA, M.; CARIDADE, M. L.; CASTRO, M.; MESQUITA, P.; ALMEIDA, R. **Relatório do projeto de cartografia de Risco de Incêndio florestal – CRIF 2º Fase**. 1996. Disponível em: [www.terravista.pt](http://www.terravista.pt). Acesso em: 19 ago. 2022.

SOUZA, C. M. Jr. **Mapping and spatiotemporal characterization of degraded forests in the brazilian Amazon through remote sensing**. 2005. Tese (Doutorado em Geografia) - University of California, 2005. Disponível em: <https://amazon.org.br/PDFamazon/Portugues/outros/mapping-and-spatiotemporal-characterization-o.pdf>. Acesso em: 20 maio. 2022.

SOUZA, A. M.; SILVA, E. F. Impactos das queimadas na biodiversidade e no clima do Estado do Amapá. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 15, n. 6, p. 2960-2977, 2021.

STAR, J. L.; ESTES, J. E. **Geographic Information Systems: an Introduction**. New Jersey: Prentice Hall, 1990.

SUPERTI, E. Integração Internacional e Políticas Públicas de Defesa e Segurança na Fronteira Setentrional Amazônica: Reflexões sobre a condição fronteiriça amapaense. **Revista Intellector**, [S. l.], v. 11, n. 22, p.129-147, 2018. Disponível em: <https://revistaintellector.cenegri.org.br/index.php/intellector/article/view/278>. Acesso em: 22 maio. 2023.

TAVARES, M. P.; COSTA, C. F. **Indigenous land rights and deforestation in the Brazilian Amazon**: Journal of Environmental Economics and Management , vol. 86(C), páginas 29-47.2020.

TOMZHINSKI, G. W.; COURA, P. H. F.; FERNANDES, M. C. Avaliação da Detecção de focos de calor por sensoriamento remoto para o Parque Nacional do Itatiaia. **Biodiversidade Brasileira**, ano I, n. 2, p. 201-211, 2011.

TORRES, M.; DOBLAS, J.; ALARCON, D.F. **Dono é quem desmata**: conexões entre grilagem e desmatamento no sudoeste paraense. São Paulo: Urutu-branco; Altamira: Instituto Agrônômico da Amazônia, 2017.

TURNER, J.A.; LILLYWHITE, J.W.; PIESLAK, Z. **Forecasting for forest fire services**. Technical Note n°. 42. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization (WMO), 1961.

VAKALIS, D.; SARIMVEIS, H.; KIRANOUDIS, C. T.; ALEXANDRIDIS, A.; BAFAS, G. A. GIS based operational system for wildland fire crisis management II. System architecture and case studies. **Applied Mathematical Modelling**, v. 28, n. 4, p. 411-425, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apm.2003.10.006>.

VIEIRA, I. C. G. **Biodiversidade e conservação no Amapá**: Desafios diante dos focos de calor. Macapá: Embrapa Amapá, 2020.

VIJAYAKUMAR, D. B. I. P.; RAULIER, F.; BERNIER, P. Y.; GAUTHIER, S.; BERGERON, Y.; POTHIER, D. Lengthening the historical records of fire history over large areas of boreal forest in eastern Canada using empirical relationships. **Forest Ecology and Management**, v. 347, p. 30-39, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2015.03.011>.

WALKER, R; MORAN, E; ANSELIN, L. Deforestation and cattle ranching in the Brazilian Amazon: external capital and household processes. **World Development**, v. 28, n. 4, p. 683-699, 2000.

WIESS, J. Como reorientar as políticas públicas agrárias e florestais: contribuindo para o desenvolvimento sustentável. In: NASCIMENTO, E. P. do.; DRUMMOND, J. A. (org.). **Amazônia**: dinamismo econômico e conservação ambiental. Rio de Janeiro: Garamond, 2003. p. 115-132.

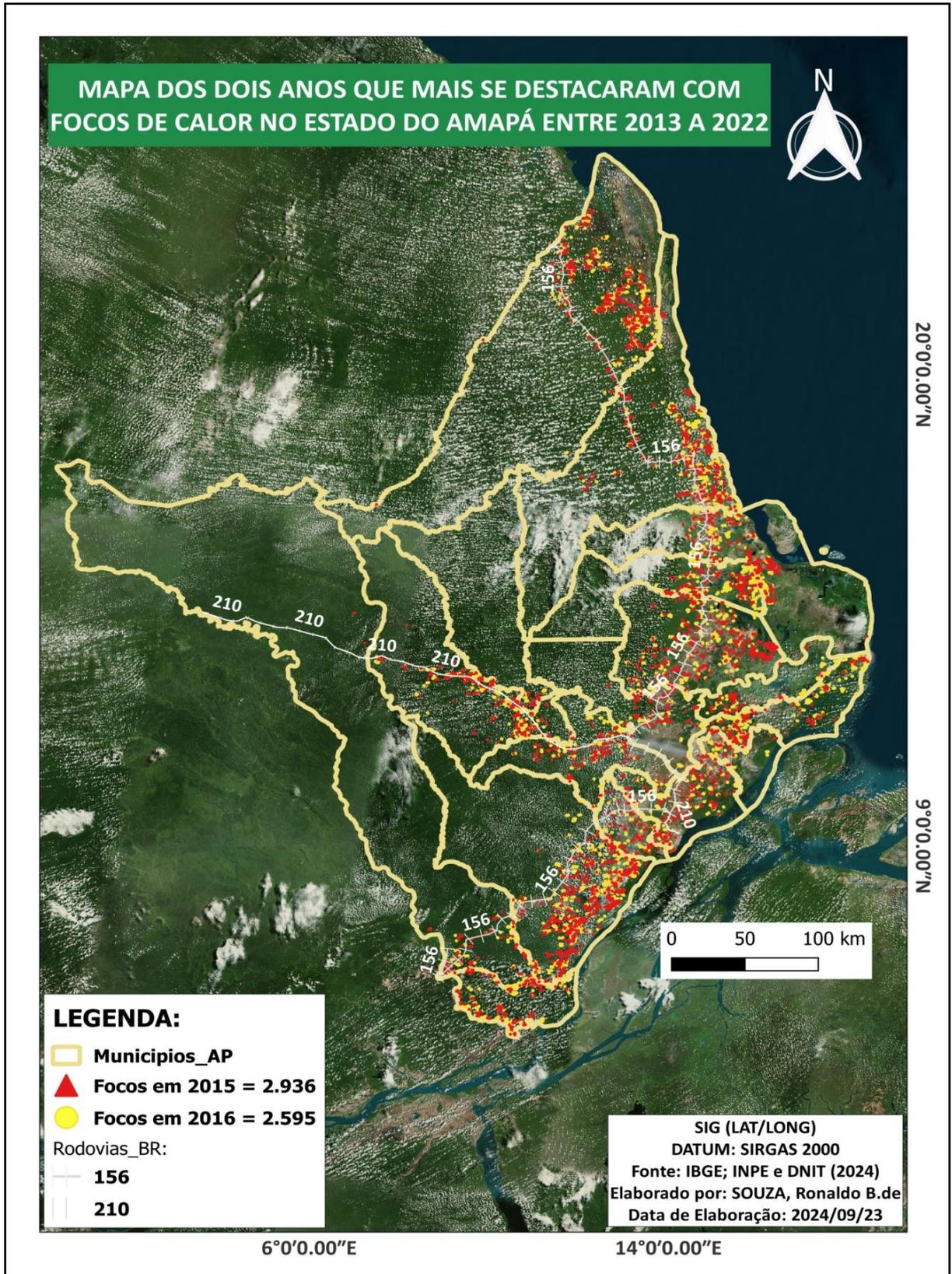
XAUD, M. R.; SILVA, G. F. N.; XAUD, H. A. M.; BARBOSA, R. J.; ESBELL, D.; COSTA, V. P. Monitoramento de queimadas e incêndios florestais em Roraima: informações orbitais e locais subsidiando tomadas de decisão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2003, Belo Horizonte. **Anais [...]**. Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 533-534.

YAN, G.; MAS, J.-F.; MAATHUIS, B.H.P.; XIANGMIN, Z.; VAN DIJK, P.M. Comparison of pixel-based and object-oriented image classification approaches – a case study in a coal fire area, Wuda, Inner Mongolia, China. **International Journal of Remote Sensing**, v. 27, p. 4039-4055, 2006.

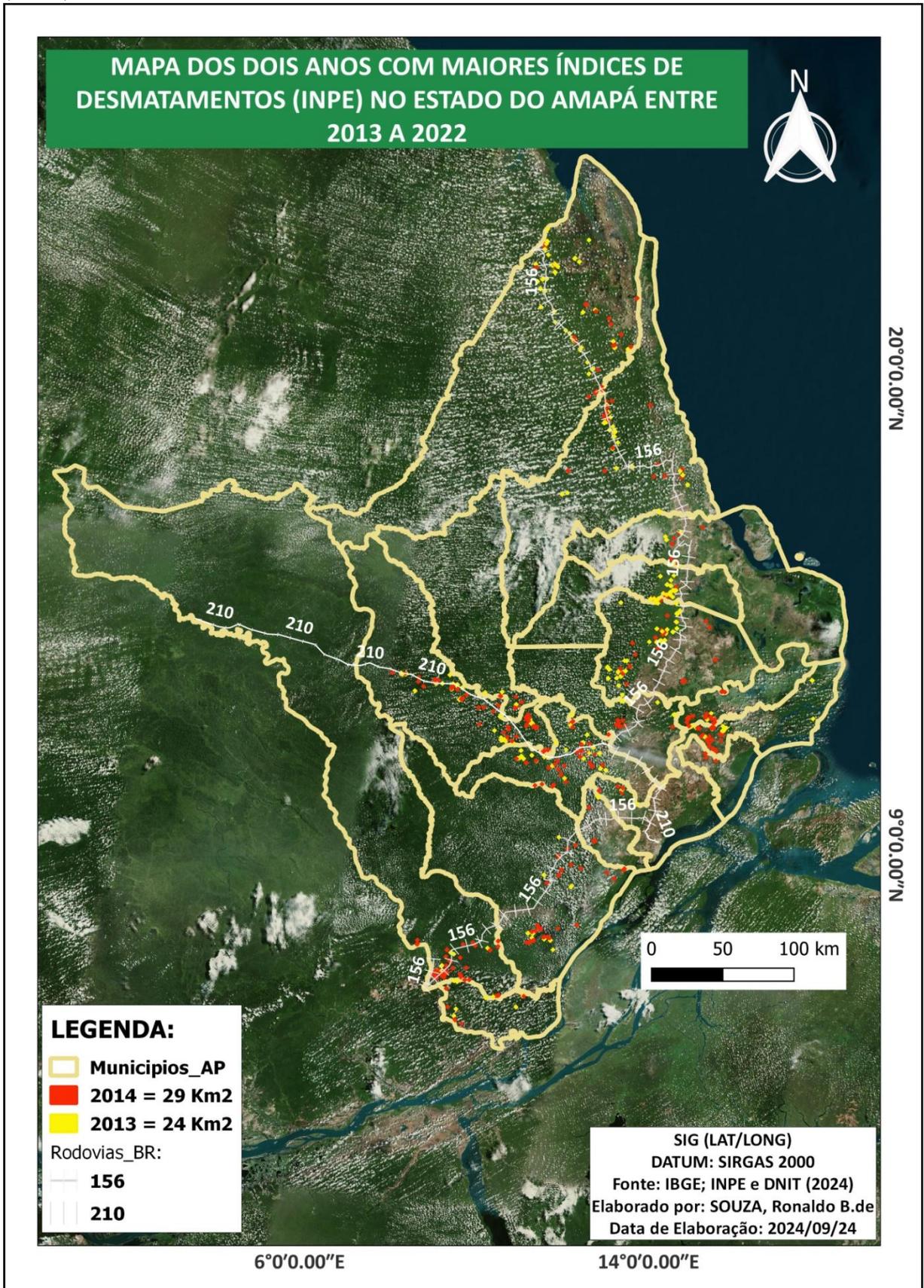
ZUMBRUNNEN, T.; PEZZATTI, G. B.; MENÉNDEZ, P.; BUGMANN, H.; BÜRGI, M.; CONEDERA, M. Weather and human impacts on forest fires: 100 years of fire history in two climatic regions of Switzerland. **Forest Ecology and Management**, v. 261, p. 2188-2199, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2010.10.009>.

### APÊNDICES

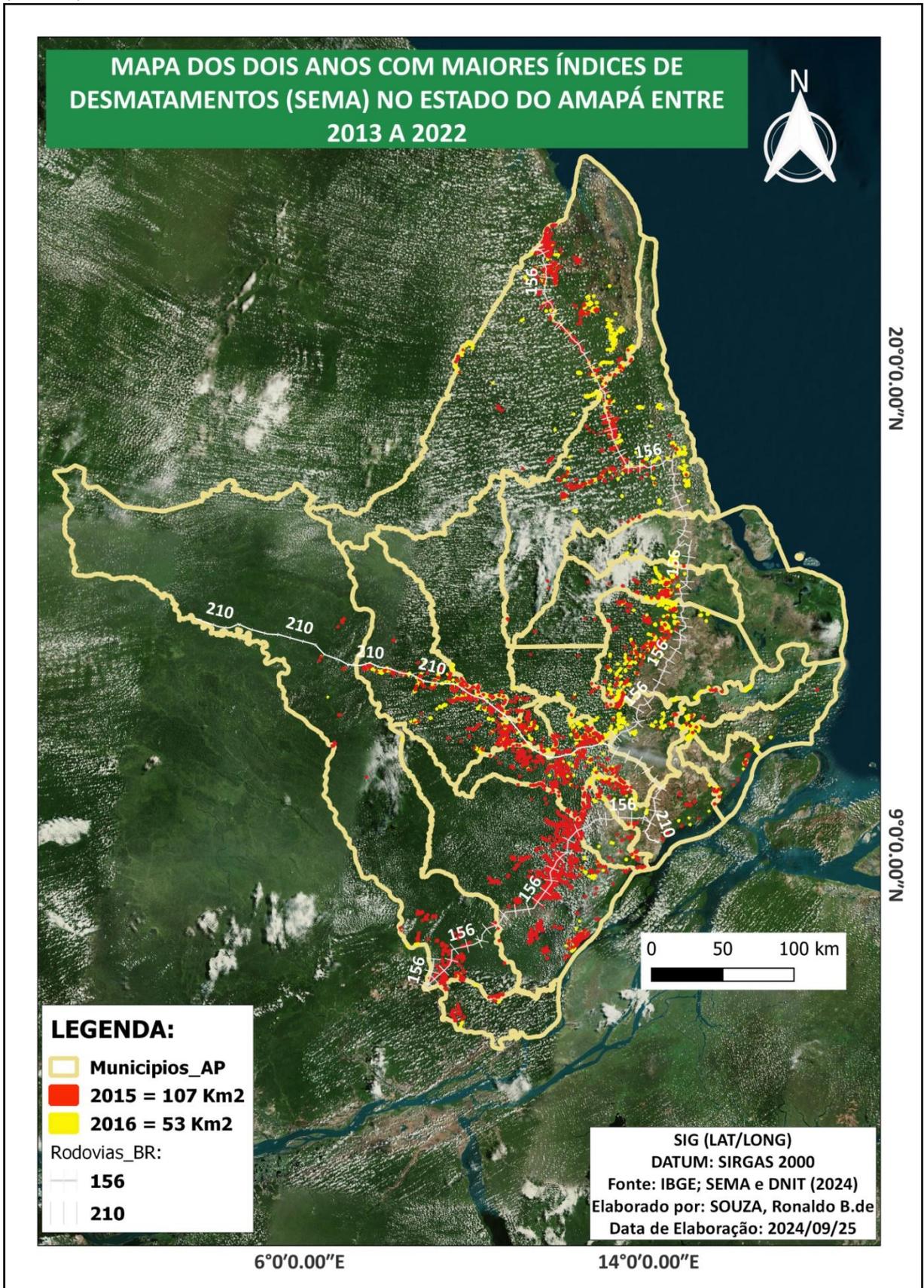
APÊNDICE A – MAPA DOS ANOS QUE MAIS SE DESTACARAM COM ELEVAÇÃO DOS FOCOS DE CALOR NO ESTADO DO AMAPÁ ENTRE 2013 E 2022



APÊNDICE B – MAPA DOS ANOS COM MAIORES ÍNDICES DE DESMATAMENTOS (INPE) NO ESTADO DO AMAPÁ ENTRE 2013 E 2022



APÊNDICE C – MAPA DOS ANOS COM MAIORES ÍNDICES DE DESMATAMENTOS (SEMA) NO ESTADO DO AMAPÁ ENTRE 2013 E 2022



APÊNDICE D – MAPA DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NO ESTADO DO AMAPÁ

