



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE –UFAC
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - PROPEG
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS - CFCH
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGE

Ufac The logo for the Universidade Federal do Acre (Ufac) is located in the top right corner. It consists of the word "Ufac" in a bold, blue, sans-serif font. To the right of the text is a blue shield-shaped graphic with a yellow border and a diagonal blue line through it.

GERSON BESSA DE ANDRADE

**IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E USO DO SOLO NA REGIÃO DA
AMACRO**

**RIO BRANCO – ACRE - BRASIL
2025**



GERSON BESSA DE ANDRADE

**IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E USO DO SOLO NA REGIÃO DA
AMACRO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia –PPGEO do Centro de Filosofia e Ciências Humanas - CFCH da Universidade Federal do Acre. Requisito final para a obtenção do título de Mestre em Geografia sob orientação sob orientação do Prof. Dr. Frank Oliveira Arcos

**Área de concentração: Análise da Dinâmica
Socioambiental**

**RIO BRANCO – ACRE – BRASIL
2025**



Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

A554i Andrade, Gerson Bessa de, 2000 -
Impacto das mudanças climáticas e uso do solo na região da Amacro / Gerson
Bessa de Andrade; orientador: Prof. Dr. Frank Oliveira Arcos – 2024.
90 f.: il.; 30 cm.

Inclui anexos.

Dissertação (Mestrado) apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Geografia – PPGE do Centro de Filosofia e Ciências Humanas – CFCH da
Universidade Federal do Acre. Requisito final para obtenção do grau de Mestre
em Geografia.

1. Mudanças climáticas. 2. Degradação ambiental. 3. Desenvolvimento
regional - Amazônia. 4. Efeito estufa – Emissões de gases. I. Arcos, Frank de
Oliveira (Orientador). II. Título.

CDD: 304.2598112



GERSON BESSA DE ANDRADE

**IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E USO DO SOLO NA REGIÃO DA
AMACRO**

Dissertação apresentada à banca examinadora em 30 de maio de 2025

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Frank Oliveira Arcos
UFAC - PPGE
Orientador

Prof. Dr. Silvio Simione da Silva
UFAC - PPGE
Membro da Banca

Prof. Dr. Nazira Correia Camely
Departamento de Economia da Universidade Federal Fluminense
Avaliador Externo

Prof. Dr. Rodrigo Otavio Perea Serrano
UFAC - PPGE
Suplente

**RIO BRANCO - ACRE
2025**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe Sonia Maria de Souza Bessa e vó Cecilia de Souza Bessa que foi uma segunda mãe em minha vida, tendo elas como de força, resiliência e amor incondicional. A vocês que sempre acreditaram e confiaram em mim minha eterna gratidão.

Dedico este trabalho *in memoriam* a Joeiry de Souza Bessa, meu tio que sempre me incentivou na busca pelo conhecimento desde criança, tendo partido antes que pudesse vivenciar as conquistas da graduação e agora do mestrado às quais sempre me incentivou.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, por ter me concebido o dom da vida e sobre ela ter lançado saúde para superar todos os obstáculos e está conseguindo finalizar mais esta etapa.

A toda a minha família agradeço por todo o apoio e incentivo nessa busca incessante de conhecimento, em especial a minha mãe Sonia Maria de Souza Bessa e a minha avó Cecilia de Souza Bessa que sempre me apoiaram e não mediram esforços para que a realização dessa conquista fosse possível, a elas sempre serei grato. Não poderia deixar de agradecer a meus tios e tias em especial a Marcela de Souza Bessa, Gesse de Souza Bessa, Jaine Paula Martins e Gelcimar de Souza Bessa, que dá forma deles sempre buscaram me ajudar através de palavras de incentivo, não deixando desanimar ou fraquejar em momentos essenciais dessa caminhada.

Aos meus irmãos não poderia deixar de agradecer, a Fernanda Bessa, Rian Gustavo, Mariana Bessa, Sophia Bessa e Benjamin Bessa, gostaria de agradecer pelo entendimento das ausências e pela ajuda em vários momentos e sentidos, essa conquista e por vocês também.

Gostaria de estender meus agradecimentos aos meus amigos e colegas de turma, pois sem eles a caminhada não seria possível. Em especial gostaria de agradecer a alguns amigos em especial como, Cristiele Silva, Davyd Edson, Moises Santos e Adriano Matias que contribuíram direta ou indiretamente na caminhada da graduação e agora na pós-graduação, sempre incentivando e depositando confiança.

A Universidade Federal do Acre nos nomes do Programa de Pós-Graduação e Mestrado em Geografia gostaria de agradecer a prof. Dr. Maria de Jesus que nunca mediou esforços para nos proporcionar as melhores condições possíveis para desenvolvimento da pesquisa. Agradeço as experiências e conhecimentos compartilhados ao longo desse ciclo com os professores e colegas do mestrado. Ao prof. Dr Frank Oliveira meus agradecimentos no aconselhamento e dedicação apresentada nesta reta final de trabalho, a qual foi essencial para que todo essa trajetória fosse concluída.

Ao prof. Dr. Cristovão Henrique gostaria de agradecer pelos momentos vividos, onde mesmo a gente tendo alguns entraves conseguimos compartilhar experiencias e conhecimentos no decorrer deste trabalho. A Rene Flores, um amigo e pesquisador talentoso que o Intituto GeoLAB me proporcionou conhecer, meus mais sinceros agradecimentos as horas de conselhos e construções de trabalho vividas.

A banca de qualificação e aos professores da banca de defesa prof. Dr. Silvio Simeone, prof. Dr. Rodrigo Perea e a Prof. Dr. Nazira Correia, meus mais sinceros agradecimentos pela dedicação, atenção e contribuição com discussão e sugestões preciosas, que serviram para o enriquecimento da discussão do trabalho.

Em especial agradeço *in memoriam* a Joecy de Souza Bessa, tio que sempre me direcionou e aconselhou na busca das conquistas através dos estudos, a ele que não pode vivenciar as minhas conquistas da graduação e agora da pós-graduação, a ele sempre serei grato.

EPÍGRAFE

“A vitalidade é demonstrada não apenas pela persistência, mas pela capacidade de começar de novo”. (F. Scott Fitzgerald)

RESUMO

Criada com a promessa de ser uma vitrine para o desenvolvimento sustentável na Amazônia Legal, a região AMACRO formada por 32 municípios nos estados do Amazonas, Acre e Rondônia surgiu em 2019 com um discurso baseado na bioeconomia e na economia verde. No entanto, ao longo dos anos, esse ideal deu lugar a uma realidade marcada por crescentes impactos ambientais. O avanço do desmatamento, o aumento dos focos de queimadas e as elevadas emissões de gases de efeito estufa revelam que, na prática, a sustentabilidade ficou em segundo plano diante de pressões econômicas intensas, especialmente aquelas ligadas ao agronegócio. Neste trabalho, buscamos entender como os processos ambientais e climáticos vêm se transformando na AMACRO. Para isso, analisamos dados de diversas fontes como INPE, SEEG, IBGE e outros, abrangendo o período de 2013 a 2023. Consideramos informações sobre desmatamento, queimadas, emissões de gases de efeito estufa e eventos climáticos extremos, como secas prolongadas e enchentes históricas. A partir da análise desses dados, foi possível traçar um panorama preocupante da região. Os dados mostram que, mesmo com discursos oficiais voltados à sustentabilidade, a AMACRO tem sido palco de intensas transformações ambientais. A expansão da fronteira agrícola, com destaque para o crescimento da soja e da pecuária, tem sido um dos principais motores do desmatamento e das queimadas. Em 2023, por exemplo, a região respondeu por mais da metade das emissões de gases de efeito estufa dos três estados, mesmo sendo o ano com menor emissão da última década. As consequências virão com aumento dos registros de ondas de calor, secas severas e enchentes em cidades que, até pouco tempo atrás, eram conhecidas por sua alta umidade e relativa estabilidade climática. As emissões intensificaram o processo de aquecimento da atmosfera, refletido nas anomalias térmicas identificadas na região. Os dados meteorológicos demonstraram um aumento das temperaturas médias, superando inclusive as anomalias observadas em outras partes do Brasil. Esse aquecimento tem provocado eventos extremos com maior frequência, como ondas de calor intensas e prolongadas, além de secas severas que afetam diretamente os ecossistemas locais e os modos de vida da população. A interação entre desmatamento, queimadas e aumento das temperaturas estabelece um ciclo de retroalimentação negativa que intensifica as mudanças climáticas regionais, colocando a AMACRO entre as áreas mais vulneráveis da Amazônia Legal. Embora as mudanças climáticas façam parte dos ciclos naturais do planeta, o atual cenário se agrava diante da velocidade das transformações e da desigualdade na capacidade de adaptação das populações. Nesse contexto, a AMACRO representa, de forma concreta e simbólica, o embate entre diferentes modelos de desenvolvimento e conservação. Diante disso, torna-se evidente que apenas uma ação imediata, articulada e socialmente equitativa poderá conter os impactos crescentes e garantir um futuro sustentável para a região.

Palavras-chave: Mudanças Climáticas, Degradação Ambiental, Desenvolvimento Regional, Amazônia, Emissões de Gases de Efeito Estufa.

ABSTRACT

Created with the promise of being a showcase for sustainable development in the Legal Amazon, the AMACRO region, made up of 32 municipalities in the states of Amazonas, Acre, and Rondônia, emerged in 2019 with a discourse based on the bioeconomy and the green economy. However, over the years, this ideal has given way to a reality marked by increasing environmental impacts. The advance of deforestation, the increase in fires, and high greenhouse gas emissions reveal that, in practice, sustainability has taken a back seat to intense economic pressures, especially those linked to agribusiness. In this work, we seek to understand how environmental and climate processes have been transforming AMACRO. To do so, we analyzed data from several sources such as INPE, SEEG, IBGE, and others, covering the period from 2013 to 2023. We considered information on deforestation, fires, greenhouse gas emissions, and extreme weather events, such as prolonged droughts and historic floods. Based on the analysis of this data, it was possible to draw a worrying picture of the region. The data show that, despite official statements focused on sustainability, AMACRO has been the scene of intense environmental transformations. The expansion of the agricultural frontier, especially the growth of soybeans and livestock, has been one of the main drivers of deforestation and fires. In 2023, for example, the region was responsible for more than half of the greenhouse gas emissions of the three states, despite being the year with the lowest emissions in the last decade. The consequences will come with an increase in heat waves, severe droughts and floods in cities that, until recently, were known for their high humidity and relative climate stability. The emissions intensified the process of warming the atmosphere, reflected in the thermal anomalies identified in the region. Meteorological data showed an increase in average temperatures, even exceeding the anomalies observed in other parts of Brazil. This warming has caused more frequent extreme events, such as intense and prolonged heat waves, as well as severe droughts that directly affect local ecosystems and the population's way of life. The interaction between deforestation, fires and rising temperatures establishes a negative feedback loop that intensifies regional climate change, placing AMACRO among the most vulnerable areas of the Legal Amazon. Although climate change is part of the planet's natural cycles, the current scenario is worsened by the speed of transformations and the inequality in the populations' ability to adapt. In this context, AMACRO represents, in a concrete and symbolic way, the clash between different models of development and conservation. In light of this, it becomes clear that only immediate, coordinated and socially equitable action can contain the growing impacts and ensure a sustainable future for the region.

Keywords: Climate Change, Environmental Degradation, Regional Development, Amazon, Greenhouse Gas Emissions.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Dióxido de Carbono (CO ₂) atmosférico por mais de 800.000 anos	17
Figura 2 – Anomalias de Temperatura Média entre Setembro e Novembro de 2023	19
Figura 5 – Mapa de Localização da AMACRO	23
Figura 6 – Fotografia aérea da Ponte sobre o Rio Madeira	25
Figura 7 - Mapa de Caracterização da Paisagem da região AMACRO	31
Figura 8 – Mapa de Caracterização Pedológica da região AMACRO	34
Figura 9 - Mapa da Geologia da região AMACRO	37
Figura 10 - Mapa da Caracterização Altimétrica da AMACRO	39
Figura 11 - Mapa da Distribuição da Vegetação no Território da AMACRO	41
Figura 11 - Mapa do Índice de Integridade da Paisagem (IIP) da AMACRO	43
Figura 12 - Mudança global na temperatura média da superfície desde o período pré-industrial.....	45
Figura 13 – Maiores Temperaturas Médias no Brasil	47
Figura 14 - Mapa de Ocorrência de Incêndios na Região da AMACRO em 2013	51
Figura 15 – Mapa de Ocorrência de Incêndios na Região da AMACRO em 2023	53
Figura 16 - Mapa Temperatura Média de Superfície na AMACRO em 2013	58
Figura 17 - Mapa Temperatura Média de Superfície na AMACRO em 2023	59
Figura 18 – Série histórica de desmatamento na região da AMACRO.....	62
Figura 18 – Mapa Vulnerabilidade a Eventos Extremos na AMACRO	73
Figura 19 – Médias Máximas de Temperatura para Amazonia de 1991 a 2020	75
Figura 20 – Maiores Níveis (m) do Rio Acre entre 1997 a 2023.....	76
Figura 21 – Anomalias de Precipitação em março de 2023	77

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição Territorial dos Municípios da AMACRO	29
Tabela 2 – Incidência Mensal dos Focos de Incêndio e Temperatura Mensal (°C) na AMACRO.....	57
Tabela 3 – Perdas Econômicas nas Regiões Brasileiras	70
Tabela 4 – Decretos de Emergência de Secas/Estiagens e Chuvas de 2013 a 2023	78
Tabela 5 – Quantidade de Pessoas Afetadas por Eventos Extremos de 2013 a 2023	79

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Temperatura Média do Solo na região da AMACRO nos anos de 2010 e 2022	56
Gráfico 2 – Participação de Desmatamento dos Municípios da AMACRO por Estado entre 2008 a 2023	60
Gráfico 3 – Emissões de Mudança de Uso da Terra da região AMACRO	64
Gráfico 4 – Emissões de Mudança de Uso da Terra da região AMACRO	65
Gráfico 5 – Emissão de metano (CH ₄) na região da AMACRO em 2023.	67
Gráfico 6 – Ocorrência de Desastres Naturais no Brasil entre 2013 a 2023.	69
Gráfico 7 – Seca dos Principais Afluentes da Bacia Amazônica no ano de 2024	71
Gráfico 8 – Perdas Econômicas Relacionadas a Eventos Extremos 2013 - 2023	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGGI - Annual Greenhouse Gas Index

CH4 –Gás Metano

CO2 – Dióxido de Carbono

CQNUMC – Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas

CEMADEM – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais

CNM – Confederação Nacional dos Municípios

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

ESA - European Space Agency

GEE – Gases e Efeito Estufa

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IED – Investimento Externo Direto

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change

MODIS - Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

MUT – Mudança de Uso da Terra

NASA - National Aeronautics and Space Administration

NDCs – Contribuição Nacionalmente Determinadas

NO2 – Dióxido de Nitrogênio

NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration

PAC - Programa de Aceleração do Crescimento

PNMC – Política Nacional de Mudanças Climáticas

REED+ - Redução de Emissão por Desmatamento e Degradação Florestal

SEEG – Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa

SUDAM - Superintendência de Desenvolvimento da Amazonia

SUFRAMA – Superintendência da Zona Franca de Manaus

tCO2e – Tonelada de Carbono Equivalente

ZDS – Zona de Desenvolvimento Sustentável

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
2.3 Área de Estudo	22
2.4 Procedimentos Metodológicos.....	25
2.4.1 Análise da Áreas Afetadas por Queimadas.....	26
2.4.2 Mapa de Temperatura de Superfície (TS)	27
3. AMACRO UMA REGIÃO PENSADA EM PROL DO “DESENVOLVIMENTO SUSTENTAVEL”	28
3.1 Caracterização Geoambiental da Subregião AMACRO	30
4. AS MUDANÇAS CLIMATICAS E O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E AMBIENTAL NA AMACRO	44
4.1 Mudanças Climáticas e Emissões de Gases de Efeito Estufa na AMACRO	48
5. EVENTOS EXTREMOS NA AMACRO E ADAPTAÇÃO CLIMATICA	68
6. CONCLUSÃO	81
7. REFERENCIAS.....	85
8. ANEXOS	90

1. INTRODUÇÃO

No atual contexto global, a problemática ambiental e agravada pelo crescimento exponencial da população, pelo aumento do consumo energético e pela intensificação dos processos industriais e de urbanização. Esses fatores, ao gerarem poluentes, exercem gradualmente uma grande pressão sobre o meio ambiente. Em escala global a preocupação atribuída no campo das mudanças climáticas, e traduzida nas elaborações e assinaturas de acordos internacionais como Protocolo de Kyoto, Acordo de Paris, Mecanismo Internacional de Varsóvia e outros, que, desde o ano de 1997 buscam criar mecanismos que visem redução de emissões dos Gases e Efeito Estufa (GEE) freando a ocorrência de eventos extremos e consequentemente as mudanças climáticas. (Vieira *et. al.*, 2015)

Os debates, discussões e preocupações sobre as questões relacionadas as mudanças climáticas surgem em meados da década de 1980. Foi na Primeira Conferência Mundial sobre o Clima realizada na cidade de Genebra, que enfim reconheceu as mudanças climáticas como problemática grave e de interesse global, sendo o primeiro marco a realização de pesquisas que visassem o debate sobre mudanças climáticas (Vieira *et. al.*, 2015).

As discussões no meio científico acerca do tema efeito estufa e aquecimento global são umas das mais preocupantes nos tempos modernos, esses debates permeiam principalmente sobre os processos antrópicos e sua real interferência nas mudanças climáticas. O *Intergovernmental Panel on Change* (IPCC) por meio de seus cientistas reconhecendo essa necessidade de difusão das ações antrópicas no clima, vem alertando desde sua criação sobre as consequências severas das atividades humanas sobre o clima, podendo levar a um ponto irreversível, alterando permanentemente as condições climáticas globais desde o período pré-industrial.

Buscando realizar considerações sobre esta temática que Branco (2004) expõe que as emissões de gases de efeito estufa sempre ocorreram de modo natural através de erupções vulcânicas, e queimadas naturais de florestas, entretanto as concentrações de gases gerados eram em menor quantidade tornando possível a autodepuração pelo solo, ar e recursos hídricos.

Historicamente, o efeito estufa foi fundamental para manter a vida na Terra. No entanto, com o advento de tecnologias avançadas e principalmente a partir da segunda revolução industrial, as ações humanas começaram a ter um impacto mais prejudicial ao meio ambiente. Nas últimas três décadas (1993-2023), atividades como desmatamento e queimadas tornaram-se principais contribuintes para as alterações climáticas, causando perturbações significativas nos ciclos biogeoquímicos do planeta, particularmente no ciclo do carbono. As emissões resultantes e suas altas concentrações têm provocado mudanças climáticas que afetam todo o globo (Campos, 2011) (Figura 1).

O desenvolvimento industrial e a intensificação de suas atividades, que influenciam diretamente nas emissões de Gases de Efeito Estufa e sua concentração na atmosfera, são exemplos de ações antrópicas que ocasionam alteração nos aspectos relacionados a concentração de gases na atmosfera e influenciam diretamente as mudanças climáticas, uma vez que o processo de remoção não ocorre na mesma medida que as emissões (IPCC, 2022).

Figura 1 – Dióxido de Carbono (CO₂) atmosférico por mais de 800.000 anos



Fonte: Labe (2023)

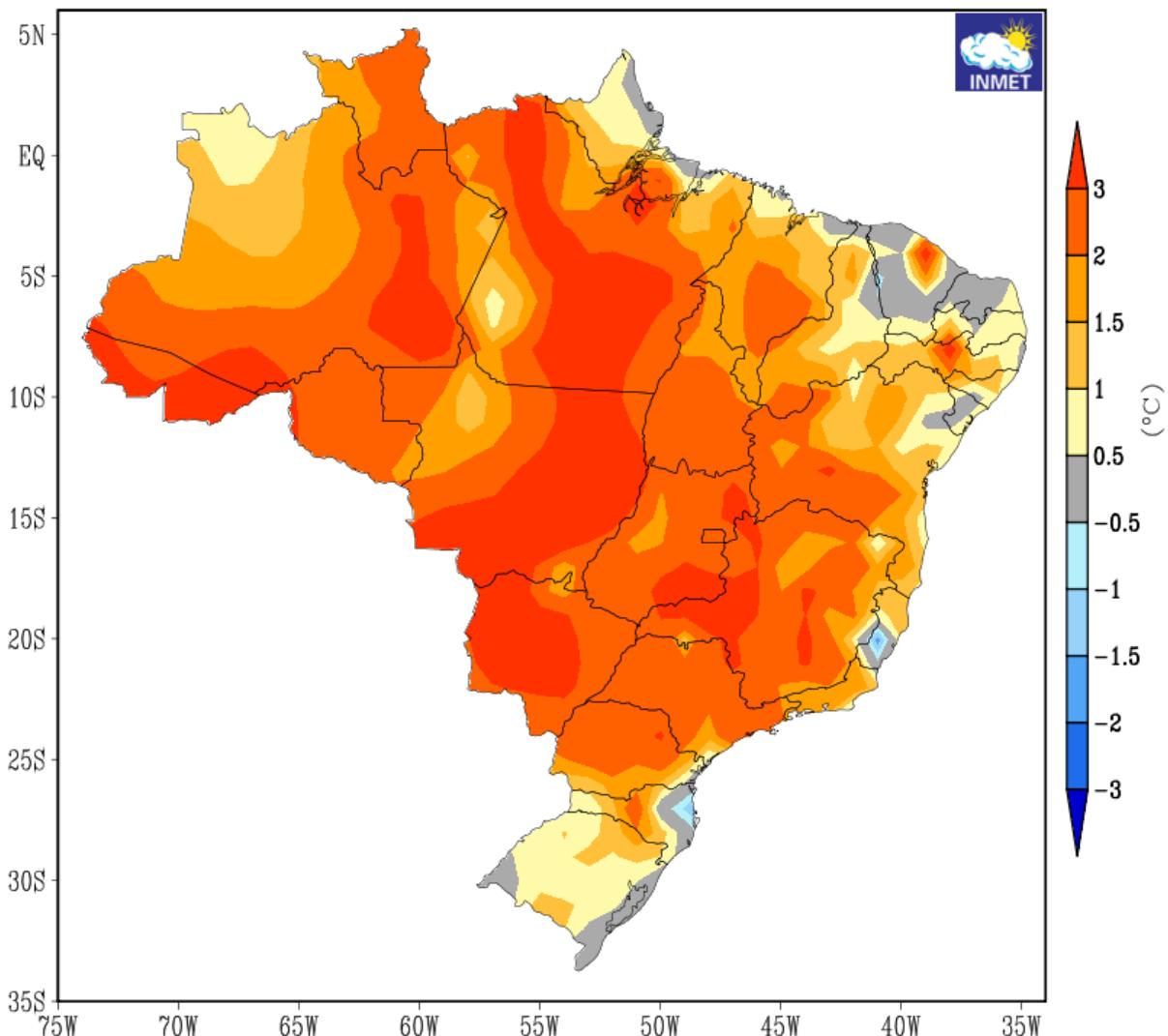
De acordo com a NOAA (2023), até 2020 o planeta já havia ultrapassado em 1.3°C a média de temperatura global do período pré-industrial. Os índices de emissão de dióxido de carbono (CO₂), por sua vez, ultrapassam a média de 425 ppm, aproximadamente 30,77% a mais que na década de 70. (Keeling *et. al.*, 2001; Lüthi *et. al.*, 2008; Rubino *et. al.*, 2019)

As mudanças climáticas são um fato e impõe ao mundo, nos últimos anos, eventos climáticos cada vez mais intensos e frequentes alertando os principais espaços multilaterais de debate ao redor do mundo em busca de soluções concretas e rápidas. Segundo Pereira e May (2003) o termo “mudanças climáticas” é utilizado para designar vários aspectos do efeito estufa, tais como: as causas da intensificação desse fenômeno natural, as consequências do aquecimento global, as medidas necessárias para prevenir ou minimizar esse fenômeno, as consequentes mudanças no clima da Terra e as prováveis medidas que a humanidade deve inserir na agenda de desenvolvimento a adaptação climática.

Exemplos destes casos são as ondas de calor (*Heat Waves*) que vem afetando a Europa, como ocorridas no ano de 2022 onde mais de 21 países emitiram alerta de calor, tendo o Reino Unido apresentado um recorde de temperatura para o país, com temperaturas superiores a 40° C. No ano seguinte em 2023, 16 cidades da Itália emitiram alerta vermelho em virtude das altas temperaturas, na Grécia foram constatadas altas temperaturas que chegaram a 40° C, sendo realizado o fechamento de pontos turísticos para proteção dos visitantes (Greenall; Cooney, 2023).

No Brasil em 2023 entre os meses de setembro e novembro foram constatadas anomalias de temperatura médias entre 1 °C a 3 °C em algumas regiões do país, apresentando 0,69 °C acima da média histórica, se caracterizando até então como o ano mais quente já registrado em 174 anos de medições meteorológicas, entretanto no ano seguinte de 2024 esse recorde foi superado apresentando um aumento de 0,10 °C em relação ao ano anterior e apresentando agora uma temperatura média brasileira em torno dos 25 °C se tornando a nova marca histórica (INMET, 2025). Estas altas temperaturas que vem ocorrendo no Brasil em conjunto com um clima seco vem demonstrando que os eventos que ocorrem na Europa não acontecem de forma isolada, tendo como um dos fatores para estes eventos as emissões de Gases de Efeito Estufa e as mudanças climáticas.

Figura 2 – Anomalias de Temperatura Média entre setembro e novembro de 2023



Fonte: INMET (2025)

Segundos dados do IPCC (2022) as emissões e concentração de gases vem influenciando diretamente nos crescentes aumentos de desastres climáticos como chuvas torrenciais, tempestades, ciclones extratropicais e seca extrema, sendo um exemplo desses fenômenos o ocorrido na bacia Amazônica, em 2023 que culminou em uma das maiores secas já presenciadas. Tal contexto está relacionado a crise climática e o aumento gradativo das emissões de GEE, sendo uma questão reconhecida desde a COP 3, quando no âmbito nacional o Brasil se tornou um dos signatários do acordo, se comprometendo a reduzir suas emissões em 5,2% em relação ao ano de 1990. Entretanto, o que se constatou nos primeiros anos de observações das emissões totais brasileiras foi que os níveis se encontravam altos, tendo apresentado aproximadamente o dobro das emissões *per capita* globais, onde

segundo o *World Resoucers Institute*, estas emissões variaram entre 5,64 tCO²e/pessoa em 1997 até 6,18 tCO²e/pessoa em 2012 (Azevedo; Rittl, 2014)

A região Amazônica de acordo com Geiger (1964), é caracterizada por ter uma cobertura florestal, compreendendo segundo o MAPBIOMAS (2023) aproximadamente 75% do território, caracterizando a região como fator decisivo no campo das mudanças climáticas. Além de ser uma das principais regiões de estoque de carbono no planeta, e possuir em escala regional e nacional um papel crucial na manutenção do regime pluviométrico não somente na região Amazônica, como também da região Centro Oeste e Sul do país.

No entanto, mesmo se observando sua importância para as questões climáticas, a região ainda vem sofrendo com as ações antrópicas, sendo as atividades de desmatamento e queimadas as mais recorrentes na região. O que constata esta observação são os últimos dados do Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) que demonstram altas emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) oriundos do setor de Mudanças de Uso da Terra (MUT) concentradas regionalmente no ano de 2023 onde foram emitidas aproximadamente 687.4 milhões de toneladas de carbono equivalente (tCO²e). Para ter como parâmetro a importância do controle das emissões oriundas deste setor no país, as emissões oriundas de MUT na Amazônia corresponderam a 64,74% das emissões nacionais em 2023 (SEEG, 2025).

Entendendo a dinâmica acerca das questões ambientais no país e dos processos impostos na região que foi criada a AMACRO ou Zona de Desenvolvimento Sustentável dos Estados do Amazonas, Acre e Rondônia - ZDS e tem por objetivo principal o desenvolvimento da região de forma sustentável, pautada principalmente na valorização da bioeconomia, e surgindo como uma nova região economicamente ativa em prol da nova rota para o pacífico, entretanto este discurso se provou contraditório quando analisados os dados de desmatamento, focos de incêndios, emissões de Gases de Efeitos e outros da região da AMACRO

A emergente região AMACRO regulamentada pela Superintendência de Desenvolvimento da Amazonia (SUDAM) em 2019 foi pensada e articulada para ser uma região a qual seu desenvolvimento deveria ser pautado em um desenvolvimento econômico sustentável e de baixo carbono, entretanto se observa através de

resultados de anos anteriores, e os mais recentes que o desenvolvimento da região pode estar tomando um caminho diferente ao que sua criação propunha. Os dados da SEEG atuais demonstram bem essa preocupação, estando os três estados a qual a AMACRO faz parte entre os estados mais emissores de GEE oriundos de Mudanças de Uso da Terra no ano de 2023, mais precisamente o Amazonas figura como 4º lugar (77,3 mtCO²e), Rondônia como 6º (59,4 mtCO²e) e Acre em 12º lugar (18,8 mtCO²e). Esses dados preocupantes apresentados para os estados podem ser explicados por Alvez e Diniz (2022) que discorrem que:

O desmatamento, em especial na Amazônia, puxou o crescimento das emissões em 2019. A quantidade de gases de efeito estufa lançada na atmosfera pelo setor de mudança de uso da terra aumentou 23% naquele ano, atingindo 968 milhões de toneladas de CO₂ contra 788 milhões em 2018. Em 2019, as alterações do uso da terra continuam sendo a principal fonte de emissões brutas no Brasil (44% do total) [...]. (Alvez; Diniz, 2022 p.7)

Assim compreender estes fatores ambientais relacionados as emissões de Gases de Efeito Estufa, além de aspectos geoeconômicos são essenciais para compreensão do desenvolvimento regional da região. Assim, o intuído desta pesquisa é analisar os aspectos ambientais da região AMACRO relacionados as emissões de GEE e consequentemente as mudanças climáticas, analisando os padrões crescentes de ocorrência de eventos extremos na região da AMACRO. (Andrade, 2023)

É importante salientar que esses fatores são essenciais para compreender o conceito de Performance Geoeconômica que Silva *et. al*; (2022) utiliza em suas pesquisas como caracterizando a habilidade de uma região de produzir riqueza e crescimento econômico, considerando elementos como recursos naturais, infraestrutura, capital humano, políticas públicas e investimento privados, para assim analisar as potencialidades e desafios de desenvolvimento de uma região.

A partir dessa ideia, compreendemos que a Performance Geoeconômica, quando consideramos somente os fatores ambientais, busca fazer uma conexão entre os processos de desenvolvimento econômico por meio de ativos ambientais. Onde, a habilidade de produzir riquezas de uma região está intimamente relacionada à gestão dos seus recursos naturais, sendo os recursos naturais, como água, solo fértil, minerais e outros, essenciais para estimular alguns setores econômicos como a agricultura, indústria por exemplo.

Assim este trabalho tem como objetivo geral analisar as emissões de gases de efeito estufa proveniente do setor de mudanças de uso da terra nos 32 municípios da AMACRO, buscando entender sua as influências dessas emissões no aumento gradativo das temperaturas influenciando diretamente as mudanças climáticas. Os objetivos específicos estão definidos da seguinte forma:

- Realizar caracterização Geoambiental dos 32 municípios da região AMACRO, para compreensão dos agentes ambientais da região;
- Analisar as mudanças climáticas na região AMACRO, tendo como principal relação as emissões de Gases de Efeito Estufa;
- Analisar a ocorrência de eventos extremos e as perdas econômicas nos estados e nos municípios que compõe a AMACRO;

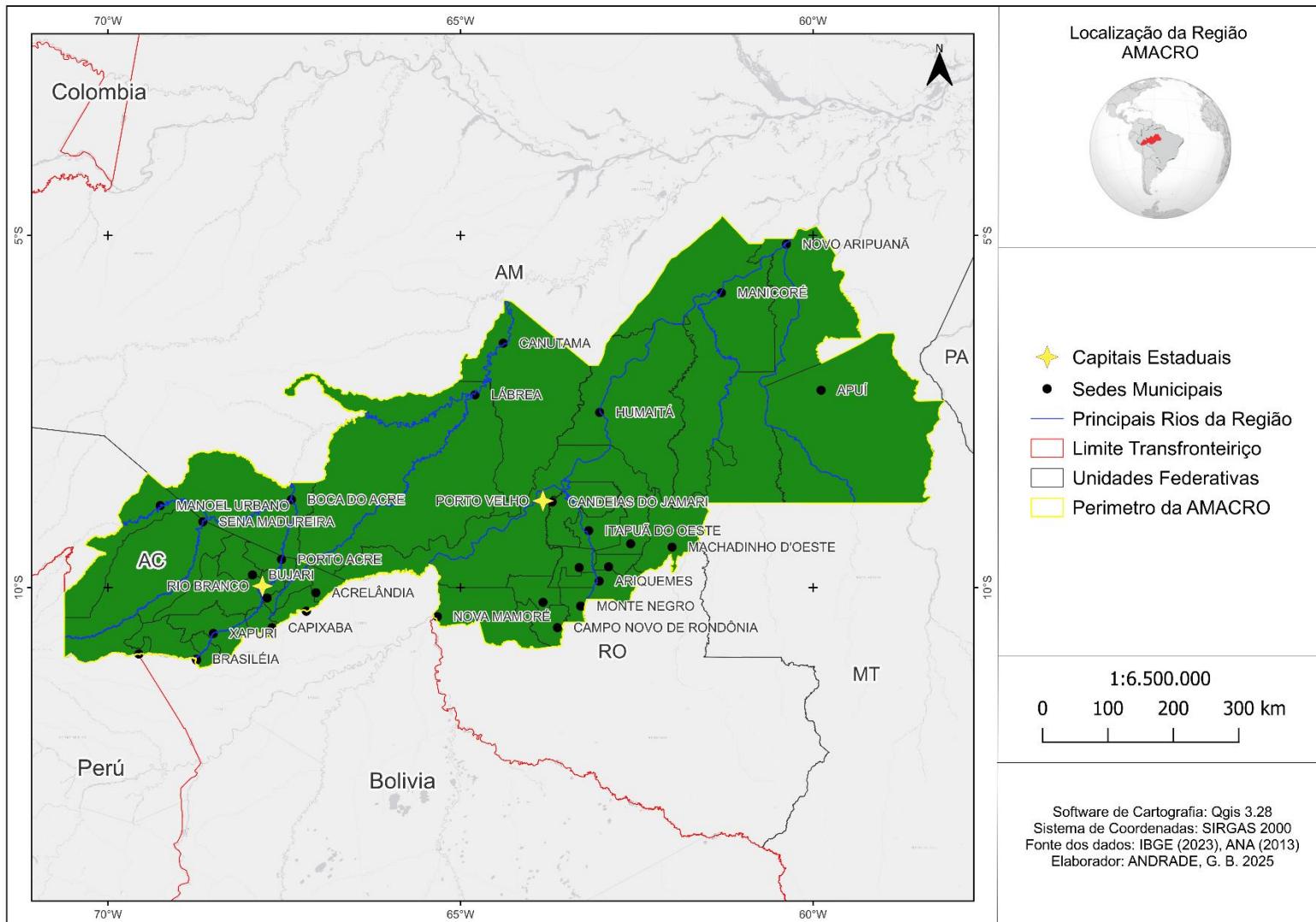
Para realização dos objetivos propostos este trabalho se divide em três capítulos além da introdução, materiais e métodos e considerações finais, sendo titulados, AMACRO Uma Região Criada em Prol do “Desenvolvimento Sustentável” que apresenta toda a caracterização da região AMACRO, o segundo capítulo As Mudanças Climáticas e o Desenvolvimento Econômico e Ambiental na AMACRO, que visa realizar análises sobre as mudanças climáticas na região bem como a relação com as emissões de gases de efeito estufa e dados de desmatamento, e o terceiro capítulo Eventos Extremos no AMACRO e Adaptação Climática, onde são apresentados os dados de eventos extremos ocorridos nos estados do Amazonas, Acre e Rondônia, como dos principais municípios afetados na AMACRO

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.3 Área de Estudo

A AMACRO ou Zona de Desenvolvimento Sustentável Abunã Madeira (ZDS) é formada pelo acrônimo dos estados do Amazonas, Acre e Rondônia (FIG 5). Situada na região amazônica e localizada na divisa entre os estados do Amazonas, Acre e Rondônia, a região abrange uma extensão territorial de aproximadamente 458.116 km² (quatrocentos e cinquenta e oito mil, cento e dezesseis quilômetros quadrados).

Figura 5 – Mapa de Localização da AMACRO



Abrangendo 32 municípios dos três estados, sendo eles 7 do estado do Amazonas, 13 do estado do Acre e 12 do estado de Rondônia. Compreendendo uma área de aproximadamente 23,34% do território dos três estados e com população de aproximadamente 1.576.381 (um milhão, quinhentos e setenta e seis mil, trezentos e oitenta e uma pessoas). A região dos três estados apresenta grande biodiversidade, como também surge com um grande potencial econômico através do projeto de consolidação da Rota para o Pacífico.

No contexto de integração regional, a Ponte do Abunã, em Rondônia, inaugurada em 2021, assume uma relevância geoestratégica. Seu principal objetivo é fortalecer as redes de infraestrutura regional e internacional existentes na região, melhorando a conectividade entre cidades e centros produtivos da AMACRO. Especificamente, ela amplia o potencial regional de um dos estados mais cruciais para o agronegócio brasileiro, Mato Grosso, ligando a produção de commodities agrícolas às cidades do sudeste do Peru, nos departamentos de *Madre de Dios*, Cusco, *Apurímac*, *Ayacucho* e *Ica*, bem como aos terminais portuários situados na costa do Oceano Pacífico.

A conclusão da ponte sobre o rio Madeira (BR-364) em Abunã, Rondônia, solidificou os crescentes fluxos regionais de mercadorias e pessoas ao longo da rodovia interoceânica central e sua extensão no território brasileiro, facilitando o transporte de passageiros e cargas em um corredor pavimentado de 2.250 km entre Porto Velho (Rondônia), Brasil, e *San Juan de Marcona*, Peru (Figura 6). A conectividade é ainda aprimorada por uma rota adicional para o porto de *Ilo-Matarani*, na costa marítima dos departamentos de *Arequipa* e *Moquegua*.

Figura 6 – Fotografia aérea da Ponte sobre o Rio Madeira



Fonte: Folha de São Paulo, 2022.

Financiado pelo Tesouro Nacional do Brasil, o projeto foi executado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) do Ministério da Infraestrutura. Inicialmente proposto em 2010 e incluído na segunda fase do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC 2), as obras começaram em 2014, após a licitação em 2013 e eventos de enchentes significativos no Acre (Silva, et. al.; 2021).

O corredor rodoviário inicia-se em Porto Velho, estendendo-se pela BR-364 asfaltada até Rio Branco (Acre). A meio caminho deste percurso de 512 km, a rota cruza o rio Madeira em Abunã, onde anteriormente o transporte era realizado por balsas. A partir de Rio Branco, a rota continua pela BR-317 asfaltada até o posto fronteiriço de *Iñapari-Assis Brasil*, um trajeto de 343 km, cruzando o rio Acre e adentrando o território peruano em *Iñapari*.

2.4 Procedimentos Metodológicos

Desta forma, o presente estudo delineou uma abordagem metodológica qual-quantitativa, permitindo uma análise sobre a região AMACRO. O estudo foi conduzido através de uma revisão bibliográfica que envolveu a pesquisa e análise em fontes

bibliográficas, como livros, artigos, teses e dissertações. Essa metodologia, além de aprimorar o conhecimento, também fornece embasamento teórico sólido para o estudo sobre a questão regional brasileira (Egler, 1993).

A abordagem qualitativa adotada é definida como descritiva. As pesquisas descritivas apresentam características presentes em uma realidade através de um problema a ser investigado (Trivinos, 2008). Nesse sentido, foi realizado a coleta e análise de dados secundários com recorte temporal de uma década (2013 a 2023), buscando realizar análises dos dados mais recentes disponíveis nas plataformas de dados analisados.

Para o prosseguimento das análises necessárias foi realizado a montagem de um banco de dados quantitativo e geoespacial estruturado, integrando diversas fontes de dados ambientais, climáticos e demais dados necessários sobre a região. Dentre as principais fontes podemos citar o Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), MAPBIOMAS, Observatório do Clima, *Global Forest Watch*, *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), *European Space Agency* (ESA), *Intergovernamental Panel on Climate Change* (IPCC) e demais outras fontes.

O tratamento e análises dos dados coletados foram realizados em softwares previamente escolhidos de forma a obter os melhores resultados, sendo utilizado os softwares Qgis 3.34 e *Philcato* para a geração de mapas e cartogramas, Excel, para geração de gráficos, infográfico e tabelas, além da utilização do *Visual Studio Code* que aliados a linguagem de programação permitiu a geração de regressões lineares sobre as emissões de GEE para os municípios da região e, as bases vetoriais foram extraídas do *Google Earth Engine*.

2.4.1 Análise da Áreas Afetadas por Queimadas

Os dados utilizados foram obtidos a partir do banco de dados do Programa Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que disponibiliza informações sobre focos de calor detectados por satélites em todo o território nacional. Para este estudo, foram selecionados os dados referentes aos anos de 2010 e 2022, abrangendo os 32 municípios da região da AMACRO. O objetivo foi identificar e analisar as áreas com maior aumento nos focos de incêndio durante o período de

análise, que compreende mais de uma década, alinhando-se ao cronograma de atualização e apresentação das Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs) brasileiras.

Os dados foram tratados e organizados em um Sistema de Informações Geográficas (SIG), utilizando o software QGIS. A geração dos mapas de densidade foi realizada através do *plugin Heatmap*, com aplicação do modelo de kernel. Esta técnica de interpolação permite estimar a intensidade de ocorrência dos focos de calor a partir de sua distribuição espacial, gerando um mapa contínuo com diferentes probabilidades de ocorrência representadas em uma escala de cores. As áreas de maior densidade foram analisadas à luz da bibliografia existente sobre as causas e consequências das queimadas, especialmente em relação às mudanças climáticas na região.

2.4.2 Mapa de Temperatura de Superfície (TS)

Os mapas de Temperatura da Superfície foram desenvolvidos a partir de dados adquiridos pelo dispositivo *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS), especificamente o produto MOD11A1 v. 6.1 do satélite Terra da NASA. Este dispositivo coleta informações diárias sobre a temperatura diurna e noturna da superfície terrestre por meio de sensoriamento remoto.

As imagens *raster* obtidas foram processadas no QGIS, seguindo os procedimentos recomendados na documentação oficial do MODIS. A conversão dos valores de temperatura de Kelvin (K) para Celsius (°C) foi realizada após a extração dos dados brutos. Foram produzidos mapas de Temperatura da Superfície em escala gradiente, onde tons de verde representam temperaturas mais baixas, enquanto tons de vermelho indicam temperaturas mais elevadas. Esta visualização facilita a identificação das áreas com maior variação térmica na região da AMACRO.

Para realização dos gráficos de temperatura de superfície (TS) foram utilizados os dados disponibilizados também pelo satélite Terra da Nasa, sendo necessários a compilação dos dados em planilhas do excel, para tratamento e tabulação dos dados, para que assim os mesmos pudessem ser analisados usando o software *Visual Studio*

Code, onde através de linguagem de programação *python* foram gerados gráficos com os dados, com um código específico simples como consta em anexo.

3. AMACRO UMA REGIÃO PENSADA EM PROL DO “DESENVOLVIMENTO SUSTENTAVEL”

As mudanças climáticas e a ocorrência de eventos extremos trouxeram consigo uma mudança de pensamento crítico acerca do desenvolvimento ambiental ou econômico, principalmente quando tratamos da região amazônica. O novo modo de pensar sobre a Amazônia perpassa pelo modelo de desenvolvimento implementado na região a décadas passadas e que ganhou nova roupagem diante da dinâmica econômica, social, geopolítica, geoeconômica e até mesmo tecnologia dos tempos atuais. No modelo de idealizado no discurso de criação da AMACRO tinha-se como principais pilares a sustentabilidade, as tecnologias da informação a comunicação com fundamentais para a promoção do desenvolvimento da região a partir da terceira década do século XXI.

Partindo desse preceito que no ano de 2018 os governos dos estados do Acre, Amazonas e Rondônia em conjunto com órgãos com SUDAM e SUFRAMA começam a discutir a criação de uma área que visasse fomentar a sustentabilidade através do desenvolvimento socioeconômico. Sua criação teve como ponto de aspiração a região denominada MATOPIBA (Maranhão, Tocantis, Piauí e Bahia) que tem a agropecuária como atividade predominante na região, denominada inicialmente de Zona de Desenvolvimento Sustentável, a região aspirada a criação já nasce com o desafio de alinhar o desenvolvimento socioeconômico com as questões ambientais impostas pela região amazônica (Andrade, 2024).

E com esses desafios que no ano de 2019 é realizado a apresentação publicamente na cidade de Rio Branco durante a 46° ExpoAcre a concepção da nova Zona de Desenvolvimento Sustentável também denominada de “AMACRO”. Se localizando na Amazônia Ocidental e contemplando uma área de 458.116 km² a região se localiza entre o sul do estado do Amazonas, norte de Rondônia e sudeste do estado do Acre (Tab. 1), a região é marcada por uma rica biodiversidade da flora e da fauna marcado pela presença da floresta amazônica.

Tabela 1 – Distribuição Territorial dos Municípios da AMACRO

Municípios	UF	População	Área Territorial (KM ²)	Território em Relação a AMACRO
Ariquemes	RO	111148	4426,57	0,97
Machadinho D'Oeste	RO	30707	8509,27	1,86
Porto Velho	RO	460413	34090,94	7,44
Rio Crespo	RO	3471	1717,65	0,37
Nova Mamoré	RO	25444	10070,5	2,20
Alto Paraíso	RO	16320	2651,83	0,58
Buritis	RO	27992	3265,81	0,71
Campo Novo de Rondônia	RO	8844	3442,01	0,75
Candeias do Jamari	RO	22238	6843,87	1,49
Cujubim	RO	14863	3863,94	0,84
Itapuã do Oeste	RO	8541	4081,57	0,89
Monte Negro	RO	11548	1931,38	0,42
Acrelândia	AC	14021	1811,61	0,40
Assis Brasil	AC	8100	4979,07	1,09
Brasiléia	AC	26000	3928,17	0,86
Bujari	AC	12917	3034,88	0,66
Capixaba	AC	10392	1705,82	0,37
Epitaciolândia	AC	18757	1652,67	0,36
Manoel Urbano	AC	11996	10630,59	2,32
Plácido de Castro	AC	16560	1952,56	0,43
Rio Branco	AC	364756	8835,15	1,93
Senador Guiomard	AC	21453	2320,17	0,51
Sena Madureira	AC	41349	23759,53	5,19
Xapuri	AC	18243	5350,59	1,17
Porto Acre	AC	16693	2604,42	0,57
Apuí	AM	20647	54240,71	11,84
Boca do Acre	AM	35447	21938,59	4,79
Canutama	AM	16869	33643,18	7,34
Humaitá	AM	57473	33111,12	7,23
Lábrea	AM	45448	68262,7	14,90
Manicoré	AM	53914	48315,28	10,55
Novo Aripuanã	AM	23817	41179,56	8,99

Fonte: IBGE (2024)

Elaborador: Andrade, G. B.

No ano de 2021, a Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), ligada ao Ministério do Desenvolvimento Regional realizou os primeiros lançamentos sobre a caracterização básica da AMACRO, destacando sua relevância para o desenvolvimento não só da região de interesse como também da Amazônia. Um mês após este lançamento a SUDAM (2021) por meio da resolução n° 149, aprovou o documento que definia os parâmetros da AMACRO, e permitia assim por meios deste documento a criação e execução de programas e ações voltadas para o

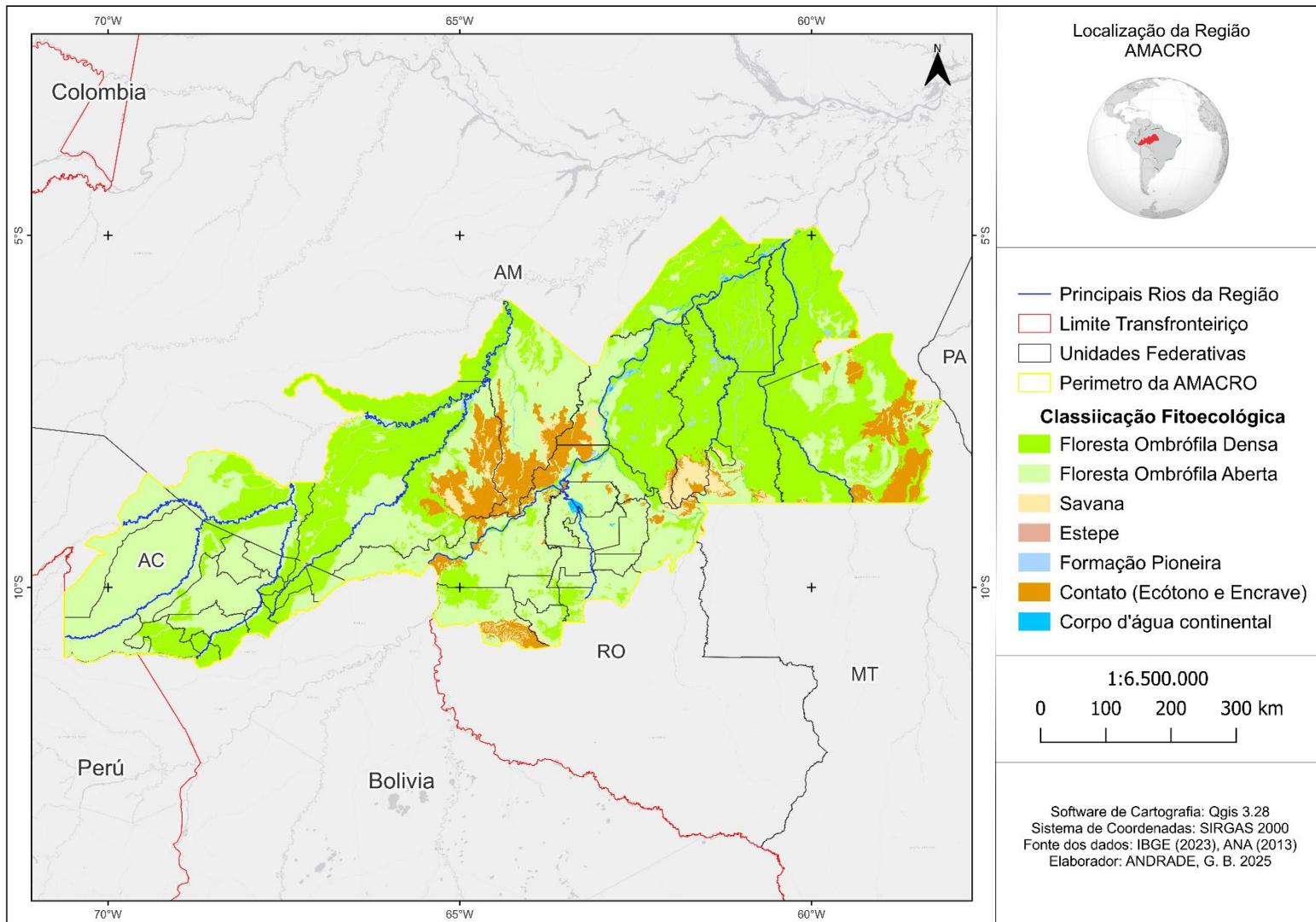
desenvolvimento da região, dando início assim a consolidação da região e o seu desenvolvimento.

Assim nasce a Zona de Desenvolvimento Sustentável AMACRO, com preceitos definidos e tendo como objetivo principal o desenvolvimento sustentável buscando fortalecer as aptidões já existentes na região, pautados principalmente nas atividades relacionadas a bioeconomia e no setor agropecuário, possibilitando assim o fortalecimento e desenvolvimento econômico da subregião aliado ao fortalecimento das potencialidades ambientais presentes. (Silva *et. al.*, 2023).

3.1 Caracterização Geoambiental da Subregião AMACRO

A região Amazônica com seu vasto território apresenta um complexo de biomas que se formam a partir de uma diversidade maior de ecossistemas, traduzindo da conjuntura de diversos fatores ambientais, como solos, vegetação, clima, relevo, que em conjunto caracterizam a paisagem do bioma Amazônico (Martha Junior *et. al.*, Contini; Navarro, 2011). Situado dentro do limite do bioma Amazônico, a região AMACRO localizada entre os estados do Acre, Amazonas e Rondônia apresenta características de vegetação fitoecológicas diversas tendo em vista a sua dimensão territorial como demonstra a figura 7.

Figura 7 - Mapa de Caracterização da Paisagem da região AMACRO



Como é demonstrado no mapa 3 a região AMACRO apresenta segundo classificação do IBGE 7 classes fitoecológicas ou tipos de vegetação, que são importantíssimas para a ecologia local como também sua biodiversidade manutenção ecossistêmica.

A Floresta Ombrófila Densa é a classe de vegetação predominante, cobrindo 206.509 km², o que representa 45,08% da área total da AMACRO (IBGE, 2024). Esta vegetação é caracterizada por árvores altas e densas, frequentemente acima de 30 metros, com um estrato arbóreo fechado que permite pouca luz atingir o solo. A Floresta Ombrófila Densa é crucial para a manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos, como a regulação do clima e do ciclo hidrológico (IBGE, 2012).

A Floresta Ombrófila Aberta é a segunda maior classe de vegetação, cobrindo 196.091,24 km², ou 42,81% da área total da AMACRO (IBGE, 2024). Esta vegetação segundo o IBGE (2012) foi por muitos anos considerada um tipo de transição entre a Floresta Amazônica e as áreas extras da Amazonia, este tipo de vegetação é caracterizado por ser menos densa que a floresta ombrófila densa, permitindo maior penetração de luz no sub-bosque. Isso resulta em uma maior diversidade de espécies na área de ocorrência devido à maior incidência de luz solar.

As áreas de Contato (Ecótono e Enclave) cobrem 36.432,95 km², representando 7,95% da área total. Estas zonas de transição entre diferentes tipos de vegetação são ecologicamente importantes por abrigarem espécies de ambos os ecossistemas adjacentes e por serem áreas de alta diversidade biológica. Ecótonos são conhecidos por sua alta biodiversidade e por serem áreas de intensa interação ecológica, o que os torna cruciais para a manutenção da diversidade biológica. As Savanas cobrem 10.143,13 km², ou 2,21% da área total da AMACRO segundo os dados do IBGE (2024). Estas áreas são caracterizadas por vegetação mista de gramíneas e árvores esparsas. Embora menos comuns na região AMACRO, as savanas desempenham um papel importante na diversidade de habitats (IBGE, 2012).

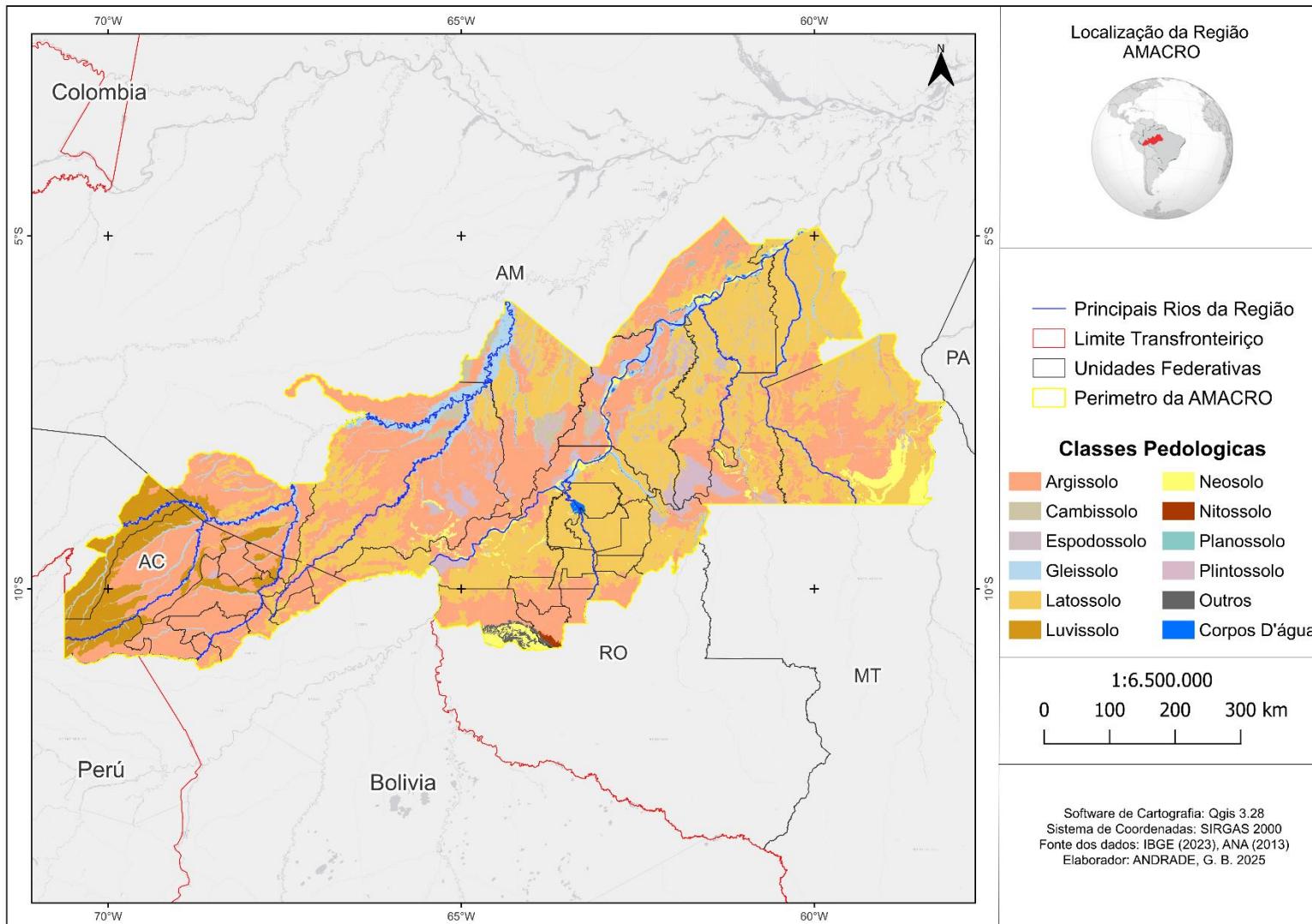
As Formações Pioneiras cobrem 3.880,15 km², representando 0,85% da área total. Estas áreas de vegetação inicial colonizam solos recém-expostos ou perturbados e são importantes para a regeneração ecológica e a sucessão natural dos ecossistemas, estes tipos de vegetação são comumente encontrados em terrenos

rejuvenescidos em planícies unidas ao longo de canais fluviais (IBGE, 2012). Formações pioneiras são cruciais para a regeneração ecológica e a sucessão natural dos ecossistemas, ajudando a estabilizar o solo e a prevenir contra processos erosivos.

Os Corpos d'água continentais cobrem 4.810,17 km², ou 1,05% da área total. Estes corpos d'água, como rios e lagos, são essenciais para a manutenção da vida aquática e para o fornecimento de água doce. Eles também desempenham um papel crucial na conectividade ecológica e na regulação do clima local.

Mesmo apresentando uma diversidade de tipos vegetação, a região é predominantemente coberta por suas florestas ombrófilas densas e abertas, que em conjunto cobrem aproximadamente 88% de todo o território da AMACRO. Estas características de vegetação dependem consideravelmente das características dos solos da região, dados do IBGE sobre a distribuição pedologia para a região da AMACRO revela uma diversidade significativa, tendo cada um suas características e potencialidades específicas para uso do solo, conforme demonstra essa distribuição dentro da região na figura 8.

Figura 8 – Mapa de Caracterização Pedológica da região AMACRO



A análise do mapa de solos da região revela a predominância de Argissolos e Latossolos, que juntos cobrem uma área significativa do território. O Argissolo, que se estende por 186.560,83 hectares (40,73% da área total), é conhecido por sua fertilidade natural e boa capacidade de retenção de água, características que o tornam ideal para a agricultura. Este tipo de solo sustenta o cultivo de culturas como soja, milho e café, graças à sua estrutura favorável ao desenvolvimento agrícola (Santos *et. al.*, 2018).

Segundo dados da EMBRAPA (2018) o Latossolo, que ocupa 176.407,82 hectares (38,51% da área), é outro solo relevante, marcado por sua profundidade e boa drenagem, o que facilita a infiltração de água. Sua estrutura permite o desenvolvimento de sistemas radiculares profundos, tornando-o apropriado para pastagens e culturas perenes, como cana-de-açúcar e eucalipto.

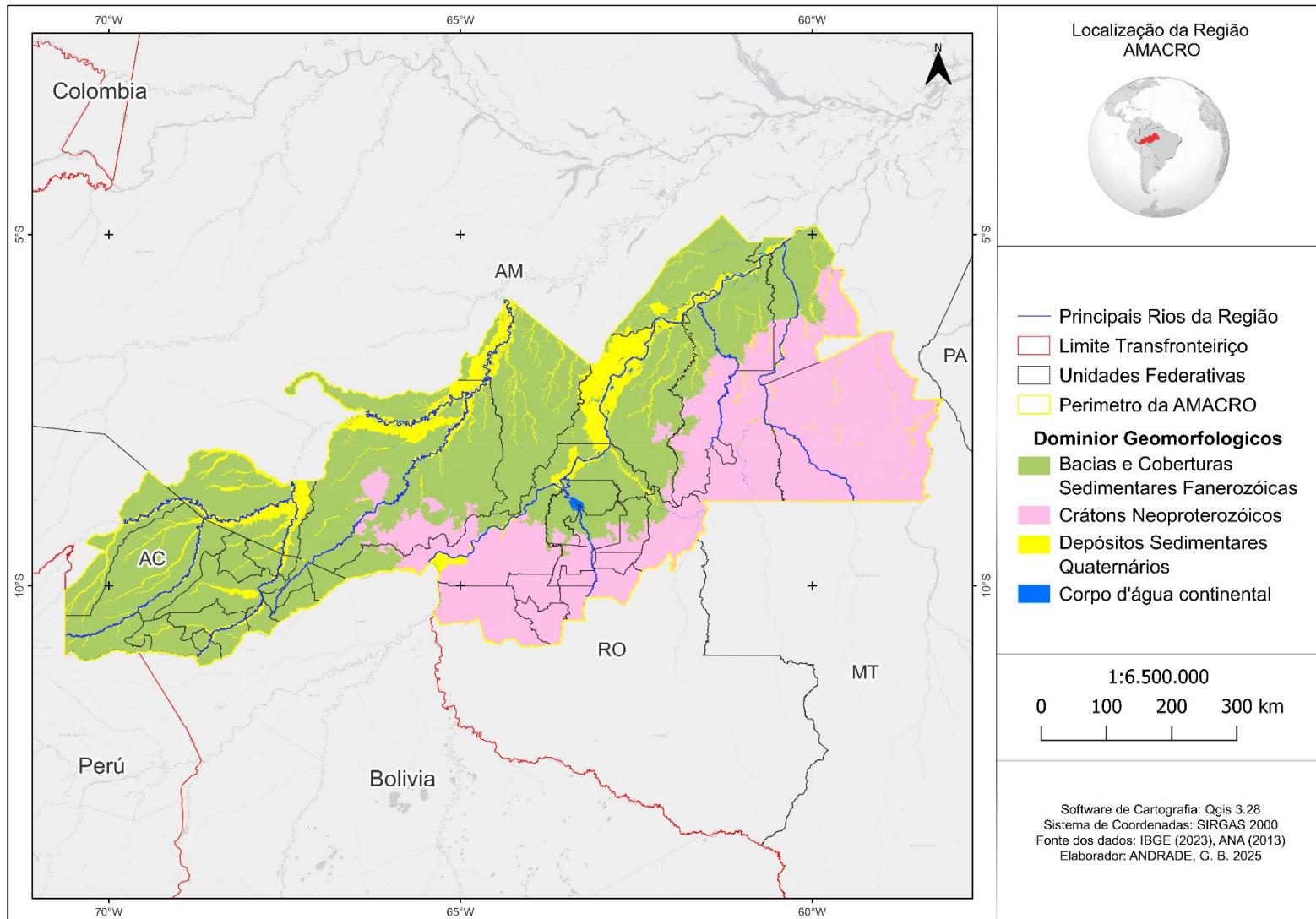
Solos de importância moderada também são identificados na região. Os Gleissolos, presentes em 26.531,52 hectares (5,79%), são típicos de áreas alagadas, como várzeas, e desempenham papel importante na conservação de ecossistemas aquáticos, sendo adequados para o cultivo de arroz. Os Luvisolos, que cobrem 25.772,33 hectares (5,63%), apresentam alta fertilidade e boa retenção de nutrientes, sendo propícios para uma diversidade de culturas, incluindo frutas e grãos (Santos *et al.*, 2018).

Entre os solos menos prevalentes, destacam-se os Plintossolos (14.514,36 hectares, 3,17%), que, devido à presença de concreções de ferro e alumínio, exigem uma gestão cuidadosa para evitar degradação, sendo usados principalmente para pastagens. Os Neossolos, ocupando 11.475,3 hectares (2,51%), são solos jovens, de relevo acidentado, geralmente usados em pastagens e reflorestamento.

Há também solos de menor expressão, como os Espodossolos, que cobrem 5.586,86 hectares (1,22%) e são fundamentais para a conservação de áreas florestais, e os Cambissolos, presentes em 4.154,3 hectares (0,91%), usados em pastagens e culturas temporárias (Santos *et al.*, 2018). Além disso, os Corpos d'Água, que se estendem por 4.780,23 hectares (1,04%), desempenham papel essencial no abastecimento de água e manutenção de ecossistemas aquáticos.

A análise da região AMACRO localizado na Amazônia Sul-Oeste, apresenta uma diversidade geomorfológica significativa, influenciando diretamente o uso da terra e os recursos naturais disponíveis. A figura 9 detalha as principais formações geológicas da região e sua distribuição no território.

Figura 9 - Mapa da Geologia da região AMACRO



Os Depósitos Sedimentares Quaternários cobrem uma área de 49.062,71 hectares, representando 10,71% da área total. Segundo dados do IBGE (2009) esse é um domínio constituído por áreas de acumulação representado pelas planícies e terrações de baixa declividade e, eventualmente, depressões sobre depósitos de sedimentos horizontais. Essas áreas são geralmente planas e sujeitas a inundações periódicas, tornando-as assim importantes para a agricultura e a conservação de ecossistemas aquáticos.

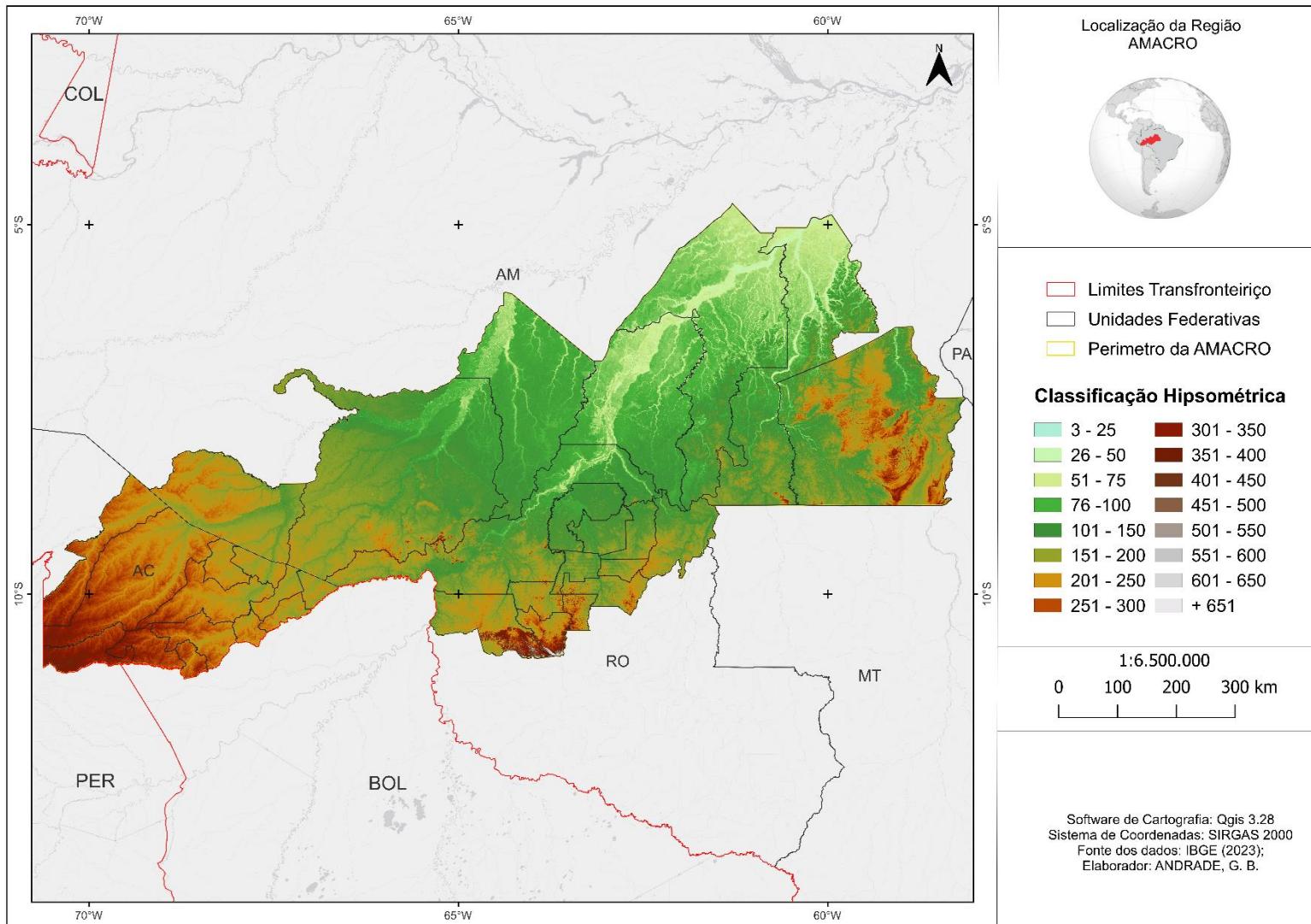
Os Corpos d'Água Continentais ocupam 4.779,58 hectares, ou 1,04% da área total. Esta categoria inclui rios, lagos e outros corpos d'água que são cruciais para o abastecimento de água, a manutenção de ecossistemas aquáticos e a biodiversidade. A presença desses corpos d'água é vital para a sustentabilidade ambiental e o desenvolvimento econômico da região.

As Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas são a formação geológica mais extensa na região, cobrindo 245.802,31 hectares, o que representa 53,66% da área total. Esta formação é encontrada na Depressão de Porto Velho, caracterizada por depressões geológicas que acumulam sedimentos ao longo de milhões de anos (IBGE, 2009)

Conforme IBGE (2009) os Cráttons Neoproterozóicos cobrem 158.413,67 hectares, representando 34,58% da área total. Esta formação é encontrada na Depressão do Madeira – Ji-Paraná, também caracterizada por depressões geológicas. Os cráttons são blocos antigos e estáveis da crosta terrestre, que fornecem informações valiosas sobre a história geológica da Terra.

Sendo uma área de grande relevância ambiental e econômica como caracterizada, tendo a sua altimetria um fator crucial para realização desta caracterização visando um olhar econômico, podendo delimitar ou propiciar características favoráveis para o desenvolvimento. A figura 10 apresenta essa esta caracterização altimétrica dos 32 municípios que compõe a AMACRO.

Figura 10 - Mapa da Caracterização Altimétrica da AMACRO



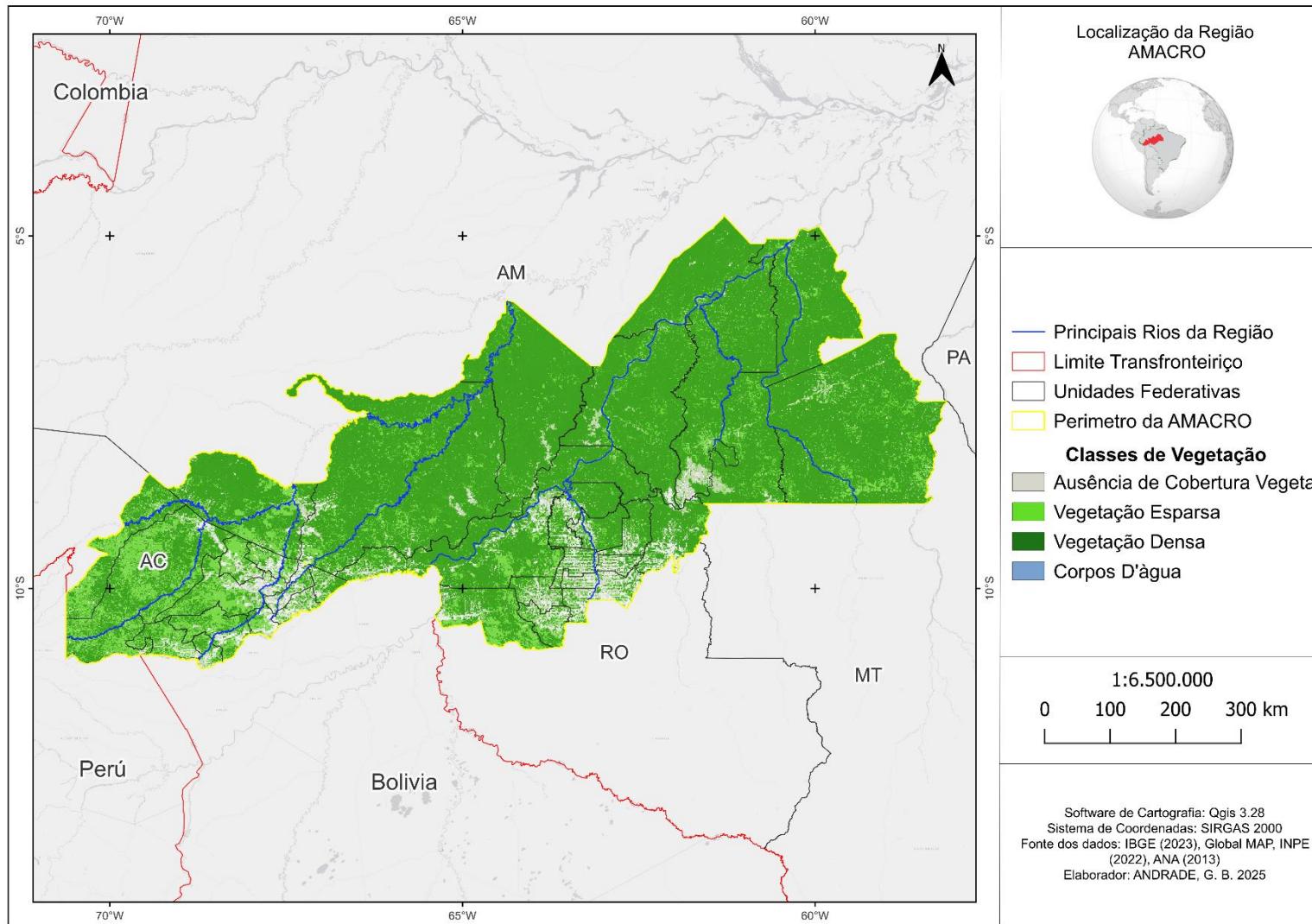
Analisando as características apresentadas na figura 10, a região AMACRO apresenta uma variação significativa de altitude, apresentando áreas de planície próximo aos canais fluviais e chegando a áreas mais elevadas. As regiões com maior presença de altitudes baixas estão presentes no estado do Amazonas, sendo delimitado principalmente pelos canais fluviais meandrastes característicos da região. As regiões com maiores altitudes são encontradas no estado do Acre, tendo altitudes que variam entre 100 m e 300 m à medida que vamos em direção ao oeste.

A altimetria não só na AMACRO como nas demais regiões tem um papel crucial no uso da terra, as áreas mais planas representam cerca de 60% de toda a região, e são frequentemente usadas para as atividades econômicas como agricultura e pecuária, tendo em contrapartida as áreas mais elevadas tendem a apresentar certos desafios para a implementação destas atividades.

A subregião com a conjuntura destes fatores fitoecológicas, pedológicos, geomorfológicos e climatológicos tende a propiciar uma rica variedade de vegetação. A Floresta Amazônica predomina na região, caracterizada por florestas densas e úmidas, com árvores altas e uma biodiversidade exuberante. Esta floresta é crucial para a manutenção dos recursos hídricos e do equilíbrio ecológico. Além disso, as matas ciliares, encontradas ao longo dos rios e cursos d'água, são essenciais para a proteção dos recursos hídricos e a prevenção da erosão do solo. Em algumas áreas, especialmente nas transições entre a floresta densa e áreas mais abertas, encontramos formações de savana, com vegetação mais esparsa e adaptada a condições de solo e clima específicos.

Infelizmente, a região da AMACRO também sofre com o desmatamento, resultando em áreas onde a vegetação original foi removida para dar lugar a atividades agropecuárias e outras formas de uso do solo. As áreas urbanas, representadas pelas cidades e vilarejos da região, também são exemplos de locais onde a vegetação natural foi substituída por construções e infraestrutura urbana. A vegetação da região da AMACRO desempenha um papel vital na manutenção da biodiversidade, na regulação do clima e na proteção dos recursos hídricos. A perda de vegetação, seja por desmatamento ou urbanização, pode ter impactos significativos conforme observamos na figura 11 busca demonstrar espacialmente estas áreas vegetadas e não vegetadas ao longo do território da região

Figura 11 - Mapa da Distribuição da Vegetação no Território da AMACRO

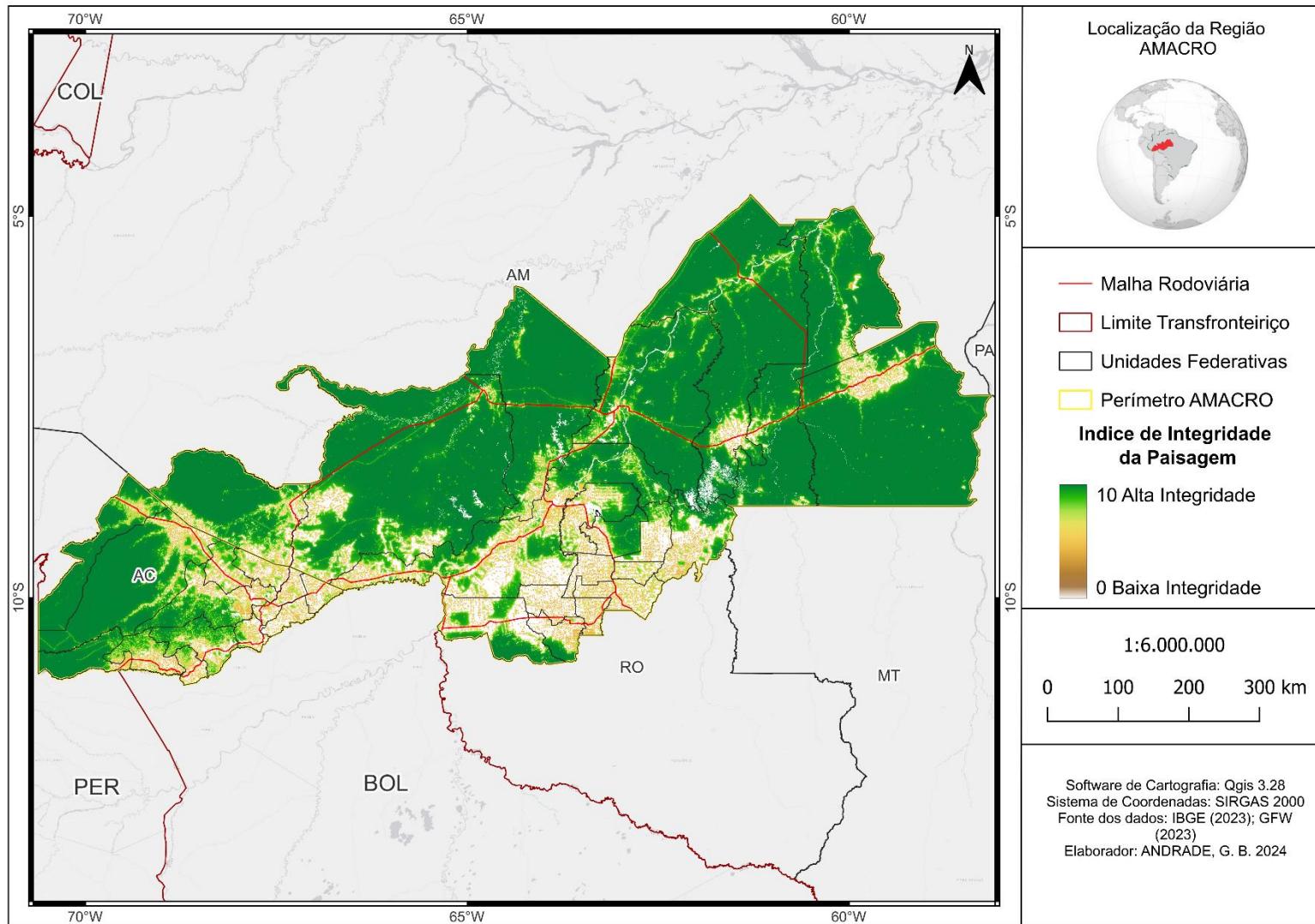


Este processo de caracterização da região AMACRO relacionado a área vegetadas e não vegetadas está diretamente ligada a utilização dos recursos naturais, tendo em vista melhorar os índices econômicos dos municípios da região, bem como promover o desenvolvimento da região. Contudo, o modelo de desenvolvimento predominante, baseado na exploração desenfreada desses recursos, tem gerado impactos ambientais cada vez mais graves.

O Índice de Integridade da Paisagem (FIG. 11) tende a demonstrar que a região da AMACRO, embora apresente relativa estabilidade, sofre com a fragmentação dos habitats, especialmente nas áreas próximas às rodovias. Esse processo de fragilidade da região se caracteriza pela expansão da fronteira agrícola e a busca pela consolidação do agora denominado Quadrante Rondon¹, a qual através as consolidações da Rota para o Pacífico, tende a intensificar as pressões frente a fauna e a flora da região (Andrade, 2023)

¹ A Rota Quadrante Rondon é uma das cinco rotas de Integração Sul-Americana, conectando os estados do Acre, Rondônia, a porção oeste do Mato Grosso, o noroeste do Mato Grosso do Sul com a Bolívia e o Peru (IPÊA, 2024)

Figura 11 - Mapa do Índice de Integridade da Paisagem (IIP) da AMACRO



Analizando os fatores de desenvolvimento econômico é possível observar que a degradação ambiental compromete o desenvolvimento econômico a longo prazo, uma vez que os recursos ambientais são finitos. A expansão da fronteira agrícola a utilização e reconstrução (recapeamento) de rodovias, como a BR-319 e a BR-317, intensificam a pressão sobre os ecossistemas locais e exigem uma urgente reavaliação do modelo de desenvolvimento implementado para a região que tem como parâmetro a busca do desenvolvimento pautado na sustentabilidade.

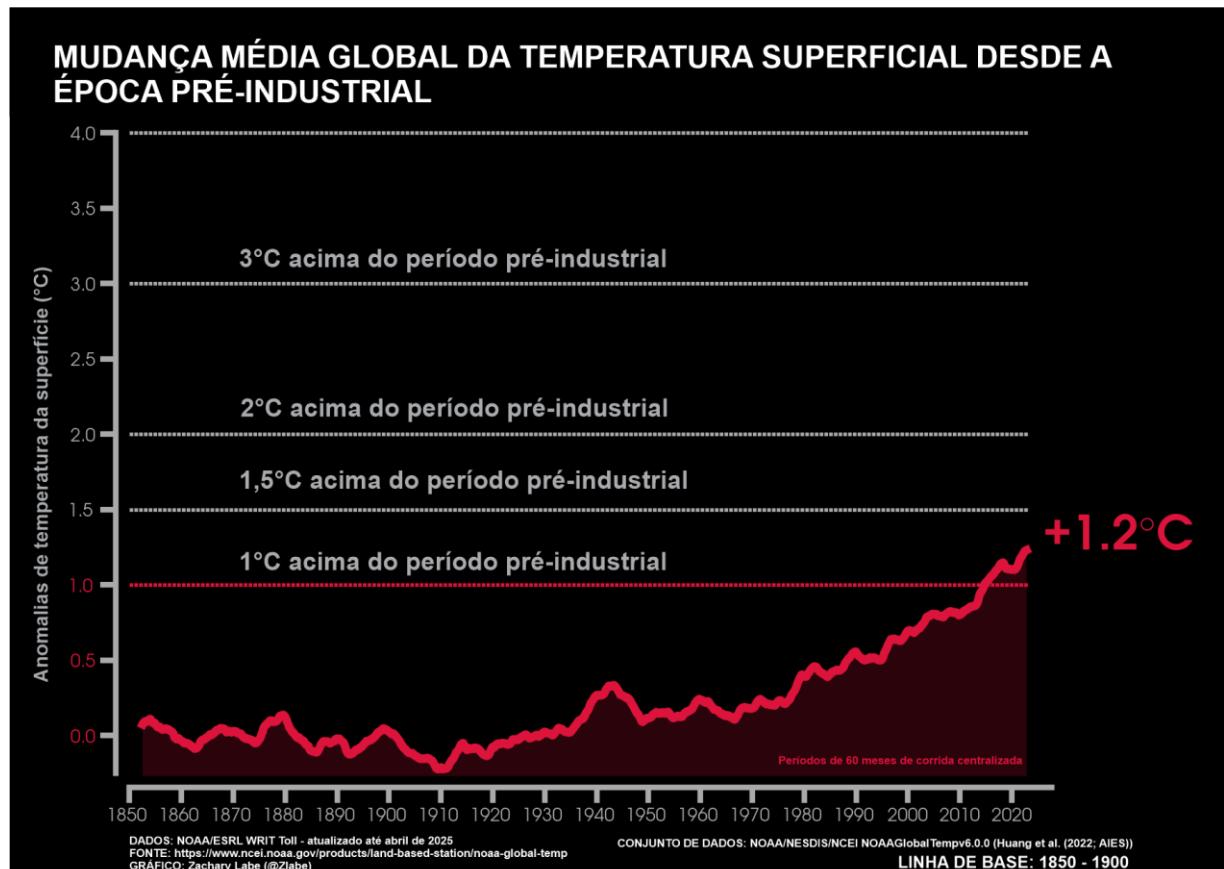
4. AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E AMBIENTAL NA AMACRO

Nas últimas décadas, o aumento das temperaturas médias globais tem se consolidado como um dos sinais mais evidentes das mudanças climáticas, afetando todas as regiões do planeta. De acordo com relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) e dados do Labe (2024), a temperatura média global já aumentou em mais de 1,2°C a partir do período pré-industrial (FIG. 12), e projeta-se que, sem intervenções efetivas, esse número poderá ultrapassar 2°C rapidamente. A elevação das temperaturas não é apenas um fenômeno climático, mas também econômico e social, impondo desafios para a agricultura, a saúde pública, os recursos hídricos e a biodiversidade.

Estes crescentes aumentos de temperatura não ocorrem de maneira homogênea no planeta, podendo apresentar variações espaciais e temporais significativas de ocorrências dessas mudanças. Um dos fatores que influenciam nesta dinâmica é a força climática definida pela IPCC como “uma perturbação extremamente imposta no orçamento energético radiativo do sistema climático da terra”, podendo ser usados como exemplos as mudanças ocorridas na radiação solar sobre a terra, mudanças no albedo ou na própria concentração de gases atmosféricos e partículas de aerossol. Adicionalmente, o aumento da frequência e intensidade das ondas de calor em áreas urbanas, especialmente nas grandes metrópoles com o aumento albedo (Índice de Refletância Solar), traz implicações sérias para a sociedade, agravando problemas sociais e podendo afetar questões econômicas e ambientais.

próximas a cidades com os problemas relacionados ao estresse térmico (NOAA, 2024)

Figura 12 - Mudança global na temperatura média da superfície desde o período pré-industrial



Fonte: Labe (2024)

Os aumentos graduais de temperatura ao longo dos anos aliados aos aumentos de gases de efeito estufa, levaram a *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) a desenvolver um Índice que mede a influência dos gases de longa duração (CO_2 , CH_4 , N_2O e compostos halogenados) no aquecimento climático do planeta. O AGGI (*Annual Greenhouse Gas Index*) se baseia no forçamento radiativo efetivo, que representa a alteração no balanço energético da Terra provocada pela presença desses gases e seu impacto na retenção de calor na atmosfera. A escolha do ano base de 1990 coincidente com o Protocolo de Kyoto e a primeira avaliação científica do IPCC, o que permite que o índice sirva como referência global para mensurar o progresso das ações climáticas (NOAA, 2024).

Segundo o relatório mais recente da NOAA, o AGGI de 2023 atingiu o valor de 1,51, indicando um aumento de 51% no forçamento radiativo efetivo em comparação com 1990. Dentre os gases analisados, o CO₂ continua sendo o maior contribuinte, responsável por cerca de 66% do forçamento total, seguido pelo metano (16%) e pelo N₂O (7%). Notavelmente, as concentrações de metano vêm crescendo em um ritmo sem precedentes nos últimos anos, enquanto as emissões de compostos halogenados, como os CFCs, diminuíram devido à regulamentação do Protocolo de Montreal.

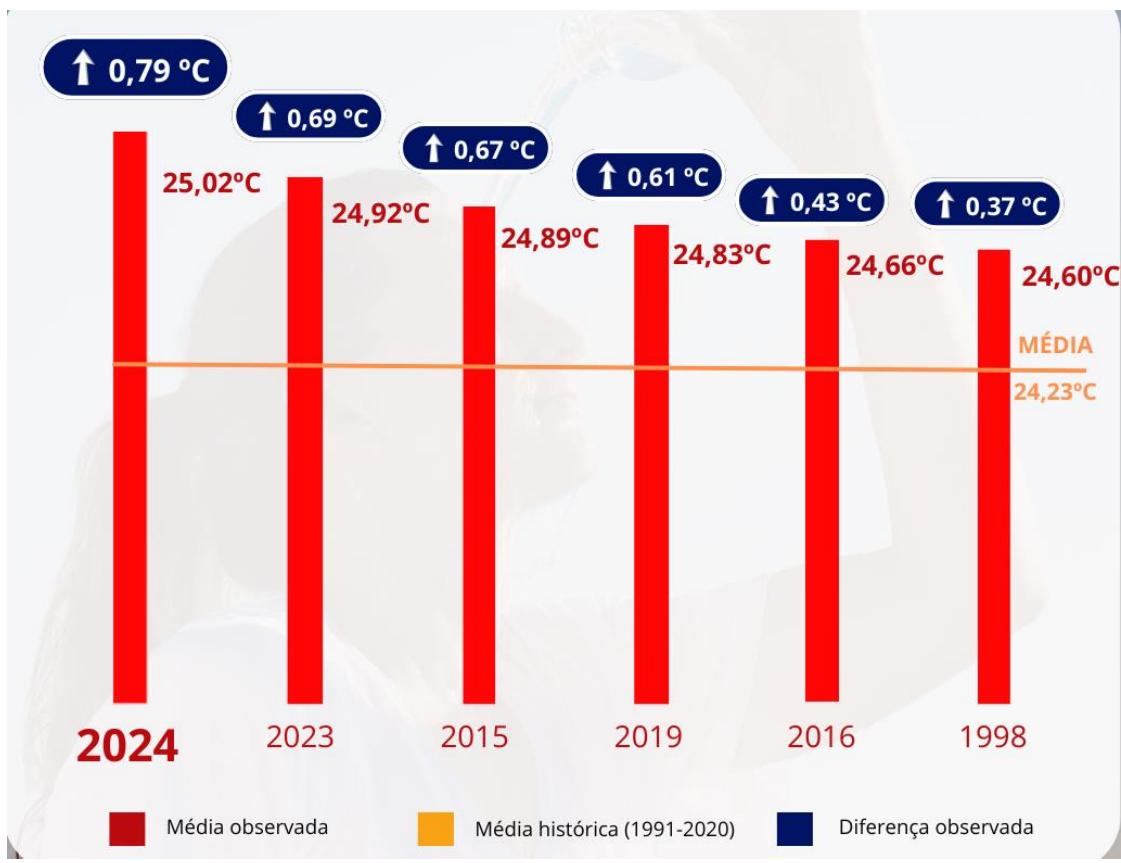
As caracterizações oriundas do AGGI são essenciais para a compreensão dos padrões climáticos de regiões quando analisados pelos fatores de emissões de gases, como é o caso do Brasil e da região AMACRO. Essa região atualmente caracterizada pela expansão da fronteira agrícola e pela pressão frente floresta amazônica. Com a expansão da fronteira agrícola e a intensificação das atividades econômicas, a AMACRO exemplifica como as transformações no uso da terra e na cobertura vegetal podem influenciar diretamente as emissões regionais e o balanço de carbono, contribuindo para o aumento do forçamento radiativo global monitorado pelo AGGI.

No Brasil as mudanças climáticas e a ocorrência de eventos extremos estão cada vez mais frequentes com o passar dos anos. Devido as proporções continentais o país apresenta um dinamismo único quando tratamos de eventos climáticos extremos, onde, enquanto a região norte do país sofreu com uma das maiores secas da história do Rio Amazonas e seus afluentes atingindo mais de 747 mil pessoas e 186 mil famílias no Amazonas em 2024 (G1, 2024), o estado do Rio Grande do Sul viveu uma de suas maiores catástrofes climáticas, atingindo 2,3 milhões de pessoas e 471 municípios o equivalente a 95% de todas as cidades gaúchas com fortes chuvas e tempestades, tendo chovido em um único dia na capital Porto Alegre 43 milímetros ou 43 litros de agua por metro quadrado na cidade (CNN, 2024).

Estes eventos climáticos extremos vêm ocorrendo com maior frequência no país em virtude principalmente dos aumentos gradativos de temperatura que vem sendo constados pelo Instituto Nacional de Meteorologia ao longo dos anos, sendo observados dados de temperaturas pelo INMET desde ao ano de 1961 até os dias atuais, onde foi observado que nos últimos anos as temperaturas médias do país vem aumentos gradativamente, sendo apresentados na série histórica 5 anos (2015 – 2016

– 2019 – 2023 – 2024) da última década com os mais quentes já registrados conforme na figura 13. (INMET, 2025).

Figura 13 – Maiores Temperaturas Médias no Brasil



Fonte: INMET, 2025.

Esses aumentos graduados da temperatura no território brasileiro oriundo das mudanças climáticas propiciam através das altas temperaturas e baixa umidade do ar e solo, condições favoráveis para a ocorrência de uma das principais atividades emissoras de gases de efeito estufa do país que são atividades oriundas dos desmatamentos e queimada de florestas. Segundo dados MAPBIOMAS (2024) já foram desmatados mais de 9,5 milhões de hectares desde o lançamento da plataforma, apresentando uma média de desmatamento de pouco mais de 4,5 mil hectares por dia, tendo o bioma Amazônico como o principal alvo de práticas dessas atividades.

O desmatamento ocasionado na região Amazônica e no Brasil são umas das principais atividades impulsionadoras das emissões de GEE, onde aliadas as práticas

sucessivas ao desmatamento com as atividades agropecuárias, estas juntas representam mais de 90% das emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil.

A compreensão destes fatores ambientais como o desmatamento, emissões de GEE, aumento de temperatura são importantes tanto para real mensuração das mudanças climáticas, como também para entendimentos destes como fatores ambientais de mensuração do processo de desenvolvimento econômico da região, sendo necessário entender que estes fatores tendem a realizar um dinamismo local e regional entre desenvolvimento econômico e preservação em prol deste mesmo. Pois, entendemos que a capacidade de geração de riquezas está intrinsecamente ligada em como o ser humano gera seus recursos naturais e matérias primas, visando ganho de lucros, sendo assim os elementos naturais desempenham funções essenciais para o processo de desenvolvimento, seja ele econômico ou social.

Partindo deste ponto, as mudanças climáticas tendem a incorporar um tom de discussão em prol da questão econômica, não só no entorno do mecanismo de Varsóvia para Perdas e Danos ou através dos mecanismos de crédito de carbono, mas também pensado como um atrativo para empresas, ongs e entidades governamentais a investir em processos sustentáveis em virtude de ganhos econômicos.

4.1 Mudanças Climáticas e Emissões de Gases de Efeito Estufa na AMACRO

Atualmente as discussões relacionadas ao Aquecimento Global, Efeito Estufa e as Mudanças Climáticas são uma das mais difundidas entre os mais renomados pesquisadores do mundo, buscando se entender a interferência antrópica causada nas mudanças do clima apresentadas ao redor do globo com o passar dos anos. No Brasil uma das questões que são estudadas e elencadas como fundamentais para a redução e manutenção das temperaturas e sobre emissões de Gases de Efeito Estufa – GEE produzidas e lançadas na atmosfera.

A região de desenvolvimento da AMACRO é uma das regiões que nos últimos anos vem sofrendo com altas emissões de GEE no Brasil, essa região formada por 32 municípios dos estados do Acre, Amazonas e Rondônia, e pressionada pelo avanço da fronteira agrícola a partir da última década vem sofrendo com constantes

mudanças de uso e cobertura do solo em virtudes das atividades da agropecuária. Essas atividades aliadas as práticas do desmatamento e queimadas intensificadas com os anos vem tornando essa região uma das principais emissoras de gases de efeito estufa proveniente do setor de mudanças de uso da terra do país, tendo os municípios de Porto Velho (RO) e Apuí (AM) como um dos principais municípios emissões de GEE nesse setor no país.

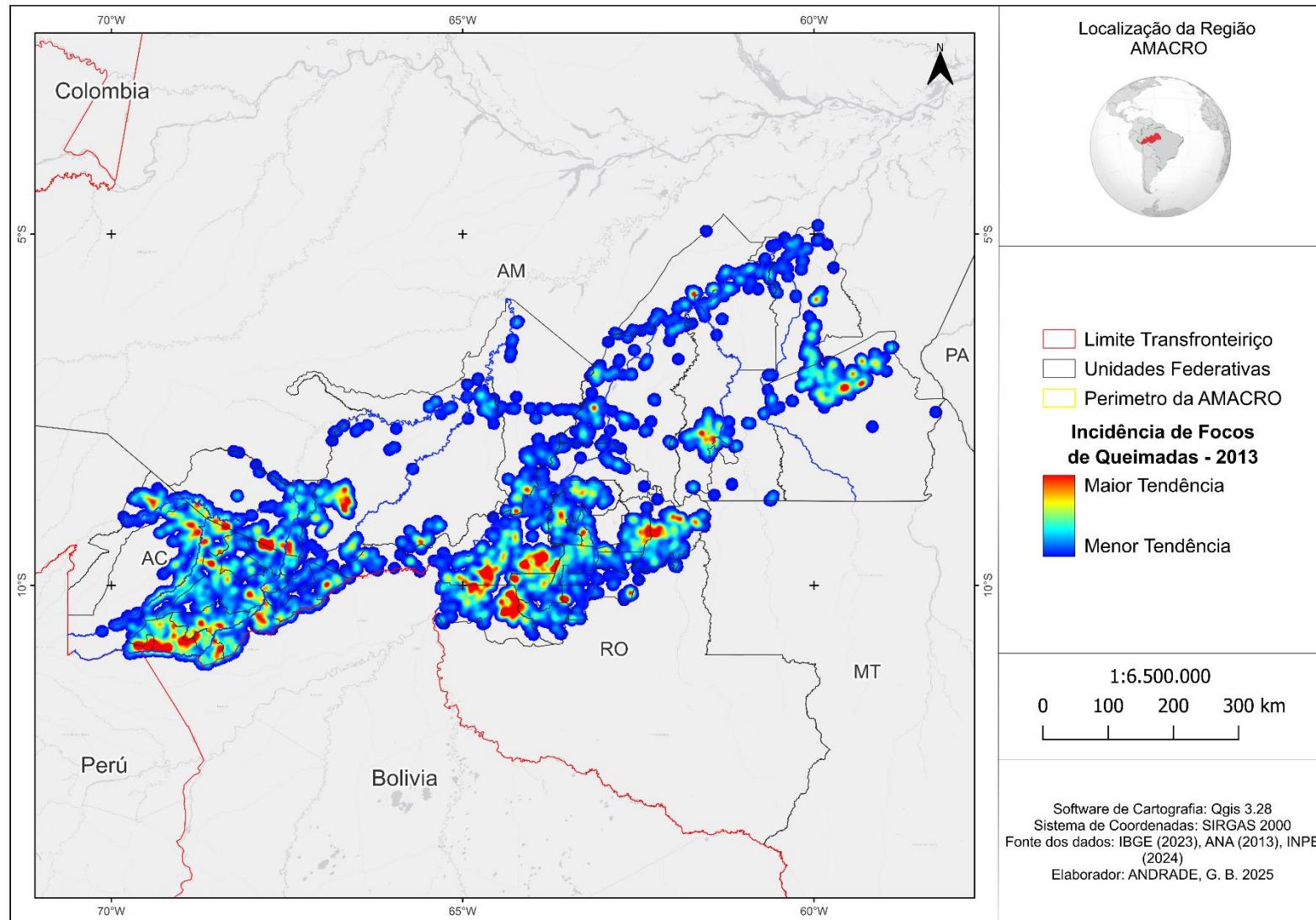
Segundo INPE (2024) os estados que compõe a AMACRO estão entre os mais afetados pelas queimadas na Amazonia Legal, estando entre os 5 estados que mais registraram focos de incêndios no ano de 2023. Para se ter uma noção da importância da região para o controle da NDC brasileira, uma das principais pautas adotadas no documento apresentado no ano de 2024 durante a COP 29 prevê maior controle do desmatamento, visando restauração de áreas já degradadas.

O aumento da temperatura e o período da seca prolongado formam condições favoráveis para o processo de combustão e propagação do fogo com intensidade e uma velocidade maior. Isso pode ser constatado no aumento da ocorrência de focos de incêndios entre os anos 2013 e 2023 analisados, onde teve um aumento de 9.638 focos em relação ao ano de 2013. Além disso, a redução da umidade do solo e a irregularidade nos padrões climáticos são cenários que propiciam o aumento da ocorrência de incêndios florestais de modo descontrolado já que as queimadas que são produzidas principalmente como forma de manejo em atividades agropecuárias ou florestais.

Os meses que possuem maior incidência de queimadas, tanto em 2013 quanto em 2023, são os meses de agosto e setembro. Esses meses são considerados os mais secos da região, caracterizados pela temporada de estiagem, deixando a região propicia para a prática dessas atividades. Segundo dados do INPE (2024) a região da AMACRO no ano de 2013 apresentou pouco mais de 8.300 focos de incêndios, tendo os estados do Acre e Rondônia como os que apresentaram maiores práticas desta atividade, tendo sido apresentados somente no mês de setembro aproximadamente 59,9% de todos os focos de incêndios no ano (FIG. 14)

Ao longo dos meses mais secos, como agosto e setembro, ocorre a variação entre temperaturas médias superiores a 29° C, e com temperaturas máximas atingindo até 36° C, essas temperaturas elevadas em conjunto com um baixo nível de umidade abaixo de 30%, são propícios para que o processo de combustão florestal ocorra com mais facilidade, sendo que uma vez iniciado, nessas condições o fogo encontra condições favoráveis para se propagar com rapidez e intensidade.

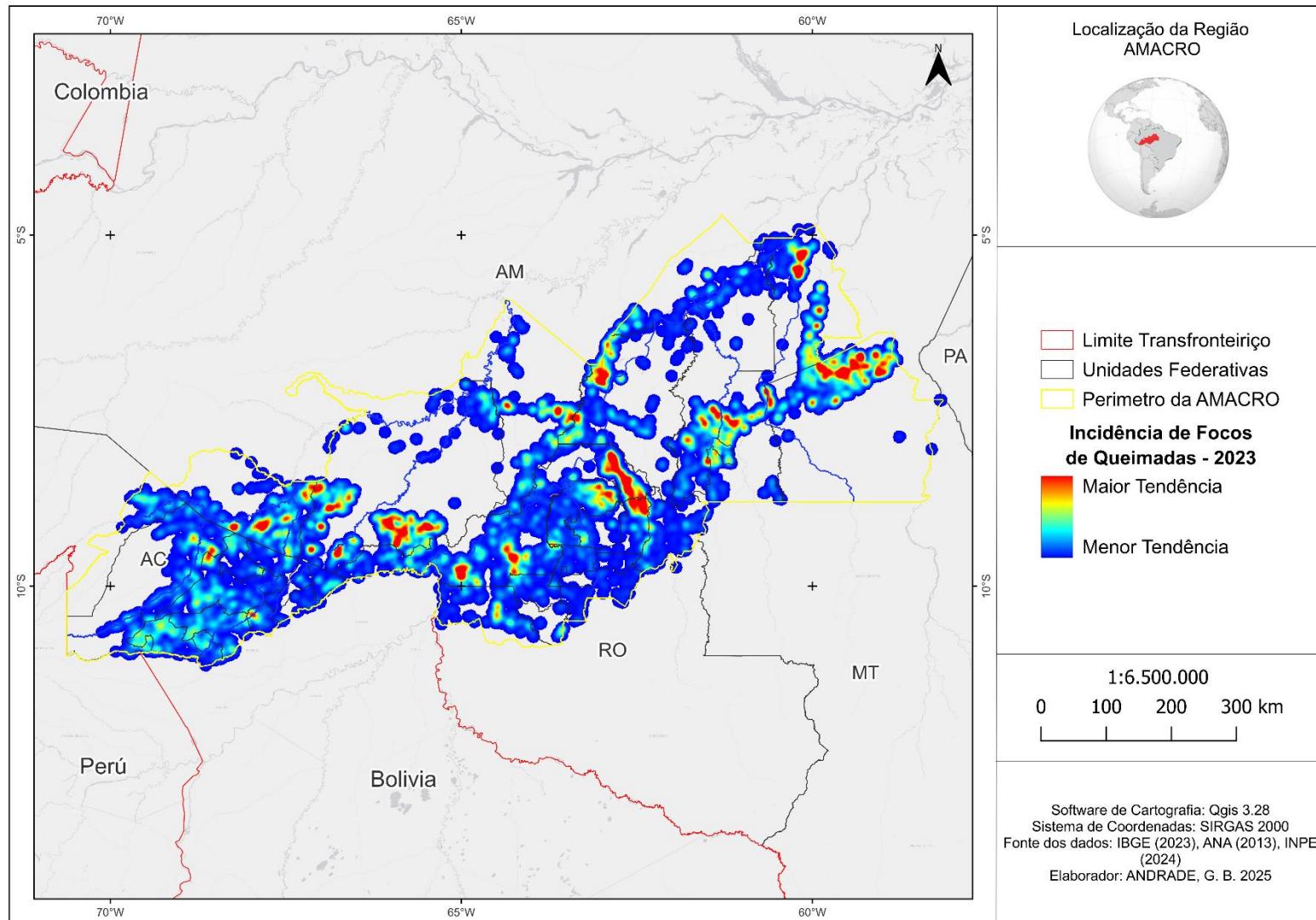
Figura 14 - Mapa de Ocorrência de Incêndios na Região da AMACRO em 2013



Isso se torna evidente quando analisamos os dados apresentados para o ano de 2023 para a região, onde no ano foram detectados mais de 17.900 foco de incêndios na região, isso é um aumento de mais que o dobro dos focos apresentados no ano de 2013. O mês de setembro se caracteriza como o mês com maiores focos assim como no ano de 2013, tendo sido detectados 6.638 (36,9%), sendo os municípios do estado do Amazonas como os que mais apresentaram esta atividade (FIG. 15).

Quando analisados as rotas relacionadas às principais áreas de concentração dos focos de incêndios ao longo dos anos de 2013 e 2023, pode ser perceber que estes tendem a se localizar principalmente as margens das cidades e das rodovias, tendo as BR 319 que liga Manaus (AM) a Porto Velho (RO) a BR 364 e a BR 317 mais conhecida como estrado do pacífico. Estes maiores picos de atividades de queimadas ao longo destas estradas são em virtude da prática das atividades agropecuárias impulsionadas pelo avanço da fronteira agrícola, partindo cada vez mais da região Centro-Oeste do país e indo em direção da Amazonia.

Figura 15 – Mapa de Ocorrência de Incêndios na Região da AMACRO em 2023



Fazendo uma correlação entre os dados observou-se que ocorre uma relação direta entre o aumento no número de focos de queimadas e a emissão de gases de efeito estufa. A maior incidência de incêndios está associada a uma maior liberação desses gases na atmosfera, e consequentemente, a temperatura da região aumenta, ocasionando a intensificação do efeito estufa e propiciando as mudanças climáticas e os eventos extremos.

A relação entre a temperatura da superfície terrestre e as mudanças climáticas é intricada e complexa, sendo influenciada por uma variedade de fatores, como forçamento radiativo e emissão de aerossóis. Além disso, a dinâmica da vegetação, que engloba alterações na fenologia e cobertura do solo, também desempenha um papel na influência sobre a temperatura da superfície terrestre e nos feedbacks climáticos (Liu *et. al.*, 2017).

A degradação ambiental resultante do desmatamento descontrolado e da conversão de áreas florestais na região da AMACRO tem repercussões não somente nas questões climáticas, mas também no que se refere a biodiversidade local. Este processo implica a supressão da cobertura vegetal, o que expõe o solo à radiação solar direta e leva à perda do sombreamento natural. Consequentemente, a temperatura do solo tende a aumentar, especialmente nas áreas onde há substituição de florestas densas por pastagens ou terrenos destinados à agricultura. A remoção da cobertura vegetal também diminui a capacidade de evapotranspiração, resultando em uma menor capacidade de regulação térmica no ambiente.

De acordo com Walker *et. al.*, (1995), estudos utilizando um Modelo Geral de Circulação (GCM) indicaram que o desmatamento na região amazônica resulta em uma diminuição na evapotranspiração de cerca de 0,80 mm por dia (aproximadamente 18%). Essa redução na evapotranspiração é consistente em previsões de 1, 2 e 5 dias.

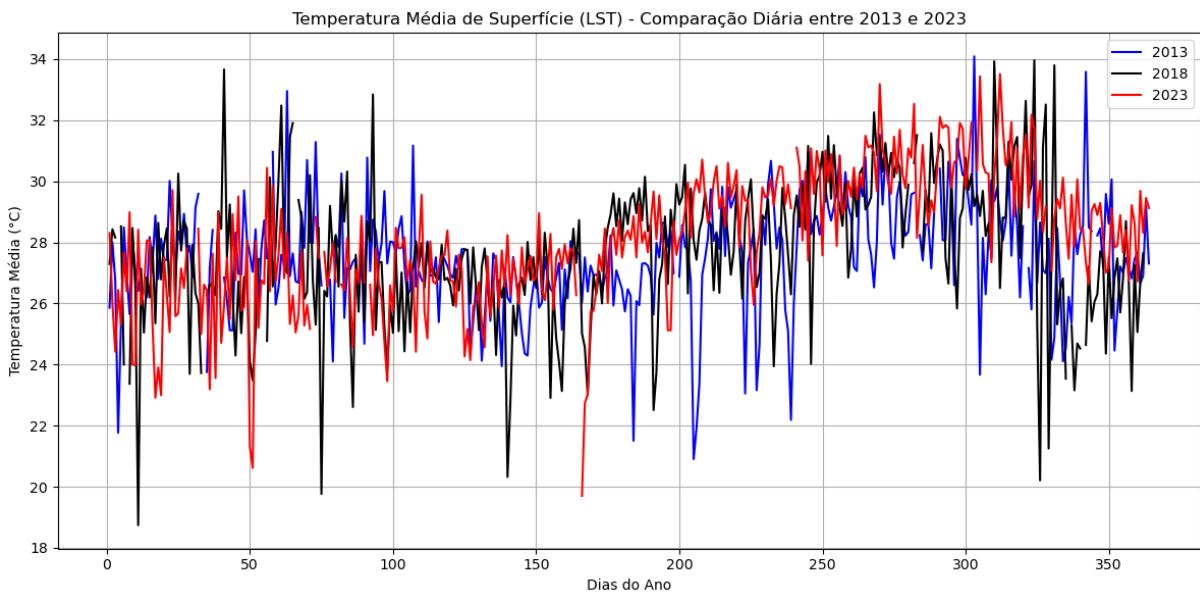
Além disso, o desmatamento na Amazônia também resulta em uma diminuição na precipitação de cerca de 1,18 mm por dia (aproximadamente 8%). A maior redução na precipitação em comparação com a evapotranspiração resulta na ocorrência de secas e do aquecimento na região.

Conforme Lewis et. al., (1998), pesquisas demonstraram que a remoção de florestas em áreas previamente arborizadas resultou em um aumento médio de dois graus na temperatura da superfície do solo, evidenciando uma conexão entre o aquecimento provocado pelo desmatamento, um fator que modifica os parâmetros climáticos e contribui para as mudanças climáticas regionais.

Pinto-Coelho (2002) também analisando as relações entre mudanças climáticas e aumento nas emissões de gases de efeito estufa, discorre que os países com maior cobertura florestal tendem a emitir mais CO₂ na atmosfera. Estas altas nas emissões citadas pelo autor são geradas principalmente pelas alterações nos usos e cobertura do solo, com a ocorrência das atividades de queimadas e desmatamentos da cobertura florestal.

A região AMACRO vem sofrendo gradativamente com as atividades de queimadas e desmatamento como foi demonstrado nos mapas anteriores. O gráfico 1 demonstra a relação direta entre as queimadas e os focos de incêndios, onde são apresentadas as temperaturas médias para os 365 dias do ano usando dados do satélite MODIS da NASA, tendo-se contatados as maiores variações térmicas para os meses de julho e novembro, com 1,84 °C e 2,62 °C respectivamente.

Gráfico 1 – Temperatura Média do Solo na região da AMACRO nos anos de 2010 e 2022



Fonte: Satélite Terra - Nasa (2024)
Elaborador: Andrade, G. B.

O gráfico 1 tende a demonstrar esta relação direta entre as queimadas e os focos de incêndios, onde são apresentadas as temperaturas médias para os 365 dias do ano usando dados do satélite MODIS da NASA, sendo contatados as maiores variações térmicas para os anos analisados entre os meses de julho e novembro, com variações de 1,84 °C e 2,62 °C respectivamente.

As queimadas representam um fenômeno recorrente na região, sendo notável aumento no número de focos de calor registrado em 2023. Na figura 16 e 17, é possível observar que as áreas que apresentam um aumento na média anual de temperatura da superfície coincidem com as regiões onde houve um maior número de focos de incêndio. Nos anos analisados de 2013 e 2023, as temperaturas médias demonstraram uma variação positiva de cerca de 0,5 °C conforme demonstra a tabela 2.

Tabela 2 – Incidência Mensal dos Focos de Incêndio e Temperatura Mensal (°C) na AMACRO

Mês	Focos de Incêndio em 2023	Temperatura Média Mensal em 2013	Focos de Incêndio em 2023	Temperatura Média Mensal em 2023
Jan	13	27,32	34	26,23
Fev	5	27,37	25	26,44
Mar	9	27,65	11	26,85
Abr	55	27,68	14	26,8
Mai	15	26,23	38	26,56
Jun	20	26,84	145	26,69
Jul	199	26,7	1616	28,54
Ago	1992	27,73	5055	29,35
Set	4993	29,12	6638	30,15
Out	799	29,15	3634	30,6
Nov	147	27,63	646	30,25
Dez	94	27,68	123	28,36

Fonte: INPE (2024), USGS (2024)

Elaborador: Andrade, G. B.

Figura 16 - Mapa Temperatura Média de Superfície na AMACRO em 2013

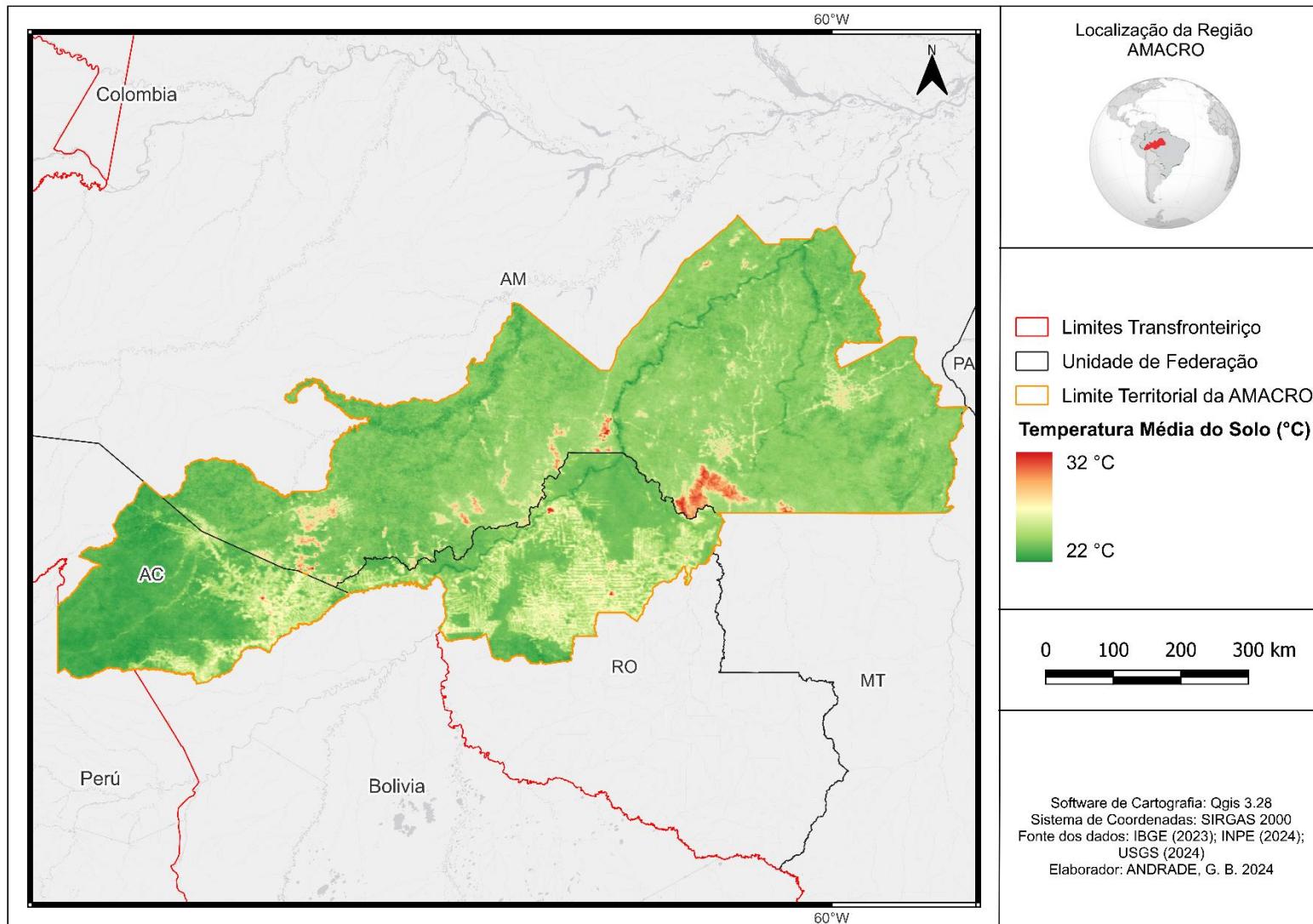
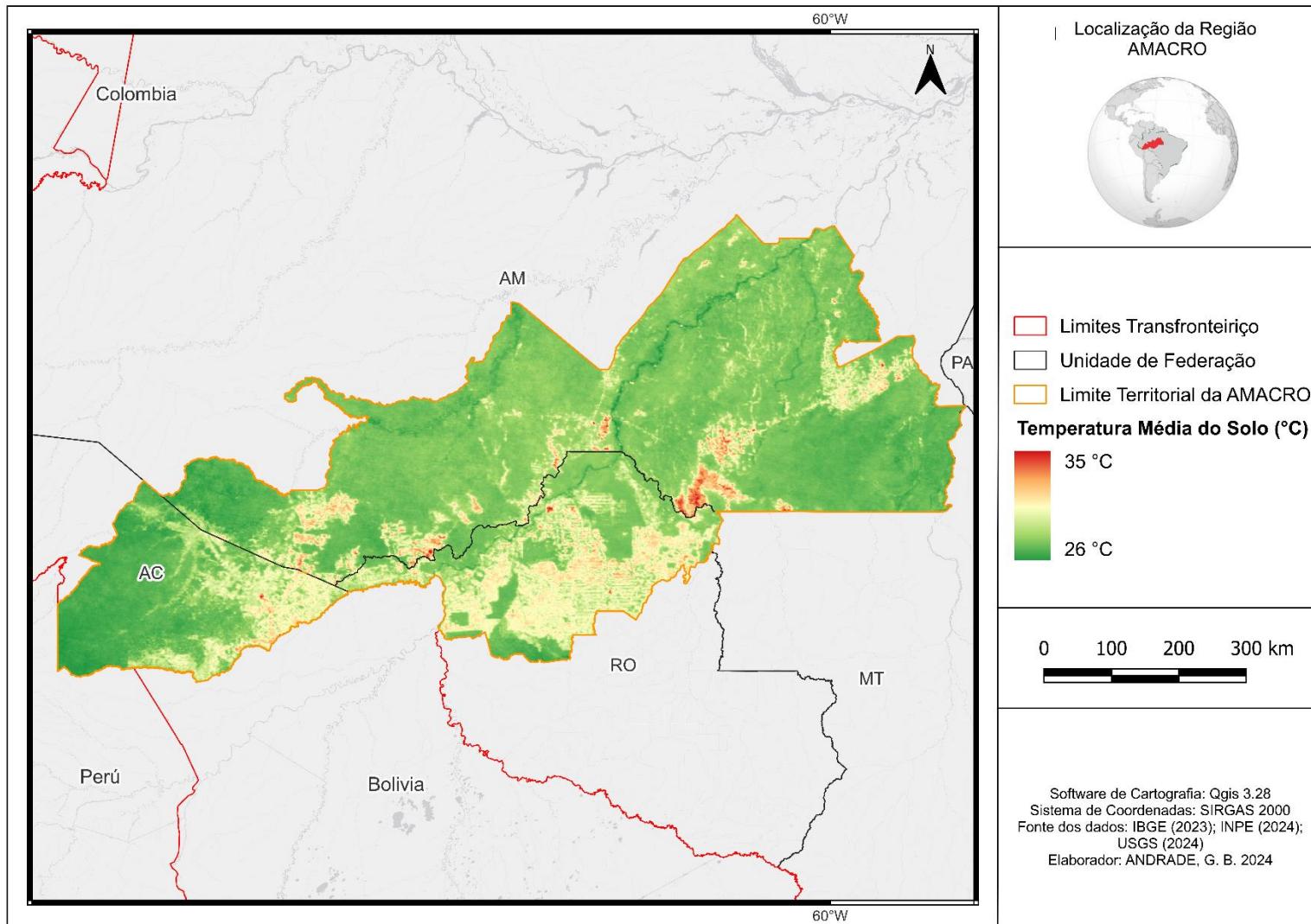


Figura 17 - Mapa Temperatura Média de Superfície na AMACRO em 2023

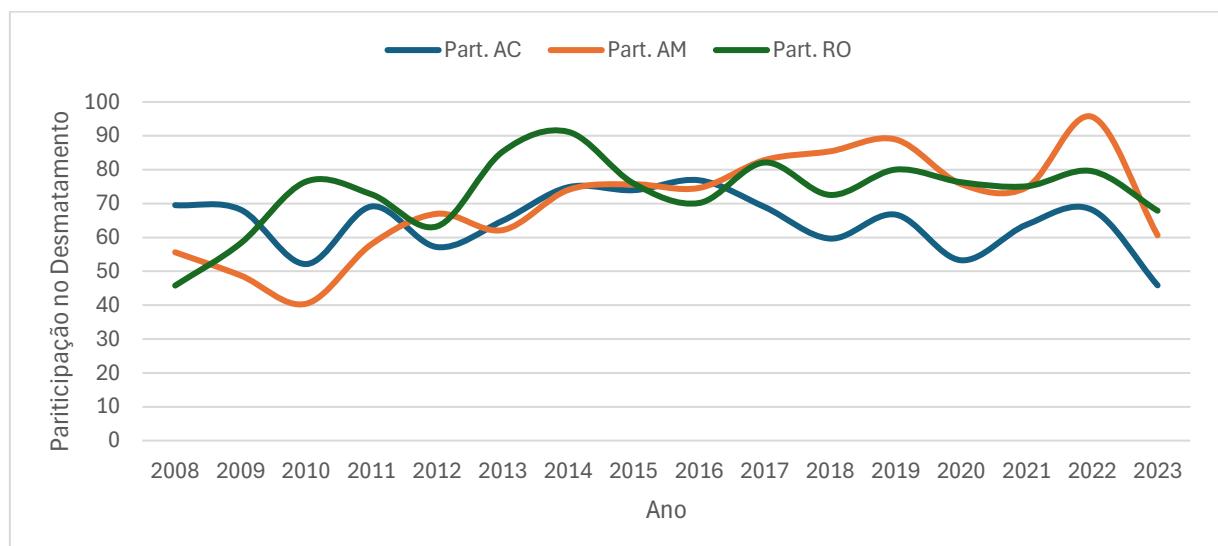


É importante pontuar que os valores de temperatura abaixo da média podem ser justificados considerando que o produto MOD11A1 C6 se baseia em condições de céu limpo para calcular as temperaturas da superfície (TS). Em dias chuvosos ou muito nublados, as nuvens atuam como isolantes térmicos, refletindo a radiação solar e bloqueando a radiação térmica da superfície, o que resulta em valores de temperatura de superfície terrestre mais baixos do que o normal.

As queimadas representam uma fonte adicional de elevação da temperatura média do solo, pois a ação do fogo não apenas aumenta a temperatura do ambiente, mas também causa danos diretos à vegetação. Além disso, a fumaça resultante das queimadas contém partículas que têm a capacidade de absorver a radiação solar, contribuindo, assim, para o aquecimento atmosférico.

A região AMACRO tem emergido nas últimas décadas com uma das áreas mais críticas da Amazonia Legal em termos de pressão antrópica. A análise de dados disponibilizados pelo INPE (2024) sobre o desmatamento na região da AMACRO com os estados que a compõe revela a importância estratégica desta região associada as atividades econômicas através da expansão da fronteira agrícola, tendo a AMACRO uma participação considerável nas áreas desmatadas nos estados do Acre, Amazonas e Rondônia, conforme demonstra gráfico 2.

Gráfico 2 – Participação de Desmatamento dos Municípios da AMACRO por Estado entre 2008 - 2023



Fonte: INPE (2023)
Elaborador: Andrade, G. B.

Analisando o gráfico 5 é possível observar que os municípios da AMACRO localizados no estado do Acre contribuíram substancialmente com os números de desmatamento para o estado entre o ano de 2008 a 2023, tendo atingido picos de participação nos anos de 2016 com 76,9% (285,96 ha) no desmatamento do estado do referido ano que foi de aproximadamente 372 ha, tendo o município de Sena Madureira com principal municípios que contribui com estes números com 52,06 ha desmatados, junto a alguns municípios como Rio Branco (52,38 ha), Xapuri (32,68 ha), Manuel Urbano (26,92 ha) e Bujari (17,29 ha) foram os que mais contribuíram com esta concentração de desmatamento dos municípios da AMACRO no estado. No entanto, os dados demonstram que no último ano de 2023 houve uma queda relativa na participação de desmatamento dos municípios nos dados do estado, tendo uma participação de 45% do desmatamento no estado.

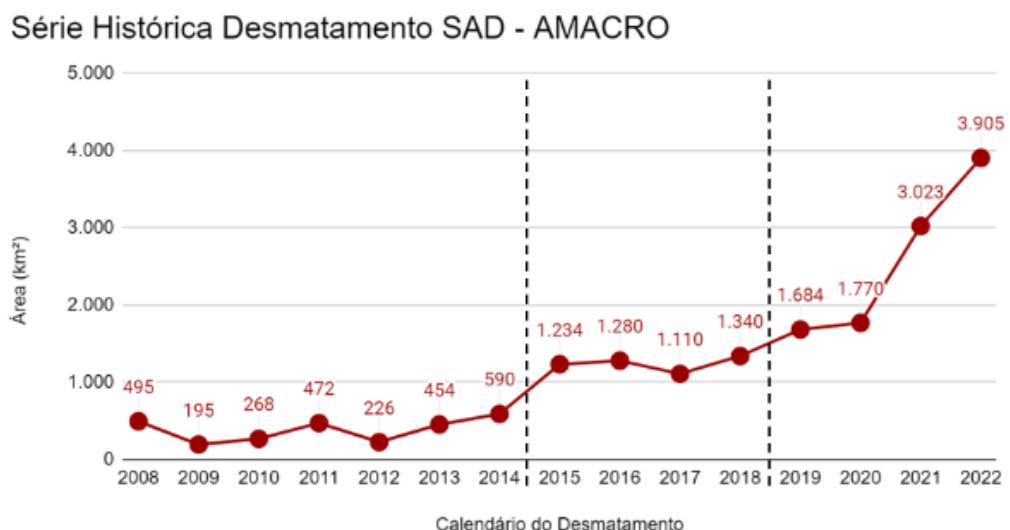
Os municípios da Amazonia impulsionados por municípios como Lábrea, Apuí e Nova Aripuanã apresenta uma concentração nos dados de desmatamento do estado nos municípios que compõe a AMACRO, tendo nos últimos 5 anos (2019 -2023) participações superiores a 60% nos valores de desmatamento do estado, essas altas concentrações se dão em virtude da vasta área de vegetação encontrada nos municípios, além da geração de novos ativos econômicos com as suas utilizações. O maior pico apresentado nos dados de participação das emissões foi apresentado no ano de 2022, onde os 7 municípios que compõe a AMACRO no estado do Amazonas foram responsáveis por mais de 95% das áreas desmatadas do estado, tendo os municípios de Lábrea (699,6 ha), Apuí (731,7 ha) e Nova Aripuanã (295 ha) como os municípios que mais desmataram no presente ano. Estes refletem ao processo de expansão da fronteira agrícola em direção sul do Amazonas, também denominada de “Fronteira do Boi” por Barreto et al (2021), que aponta que mais de 90% das áreas desmatadas no Amazonas foram convertidas para pastagem nos anos subsequentes.

Em Rondônia o padrão se diferencia pela constância nos valores de desmatamento nos municípios que contempla a AMACRO, tendo entre os anos de 2008 a 2023 participação de mais da metade dos valores desmatado em todo o estado. A exceção a esta constância foi observada no ano de 2014 quando houve participação de pouco mais de 91% de área desmatada no estado pelos municípios de Rondônia que contemplam a AMACRO, tendo os municípios de Porto Velho (221,9

ha), Nova Mamoré (135,35 ha) e Machadinho d'Oeste (61,15 ha) como os municípios que mais contribuíram com estes dados de desmatamento para a AMACRO e o estado.

Os desdobramentos desse aumento do desmatamento na região da AMACRO são múltiplos, incluindo a redução das áreas de floresta natural. Dados do Sistema de Alerta de Desmatamento (SAD) mostram que entre 2008 e 2022, a área desmatada na região aumentou em cerca de 6,8 vezes, indo de 268km² para 3905km², sendo que no último ano, a AMACRO contabilizou 36% de todo o desmatamento da Amazônia Legal (FIG. 18) (Santos *et. al.*, 2023).

Figura 18 – Série histórica de desmatamento na região da AMACRO.



Fonte: Santos *et. al.*, 2023.

A intensificação desse processo gera impactos ambientais, como o aumento das emissões de GEE, perda de biodiversidade e prejuízo aos serviços ecossistêmicos. Esses efeitos não se restringem ao contexto regional, pois a AMACRO é uma área-chave para a conservação ambiental e o sequestro de carbono, influenciando diretamente as dinâmicas climáticas do Brasil e do mundo.

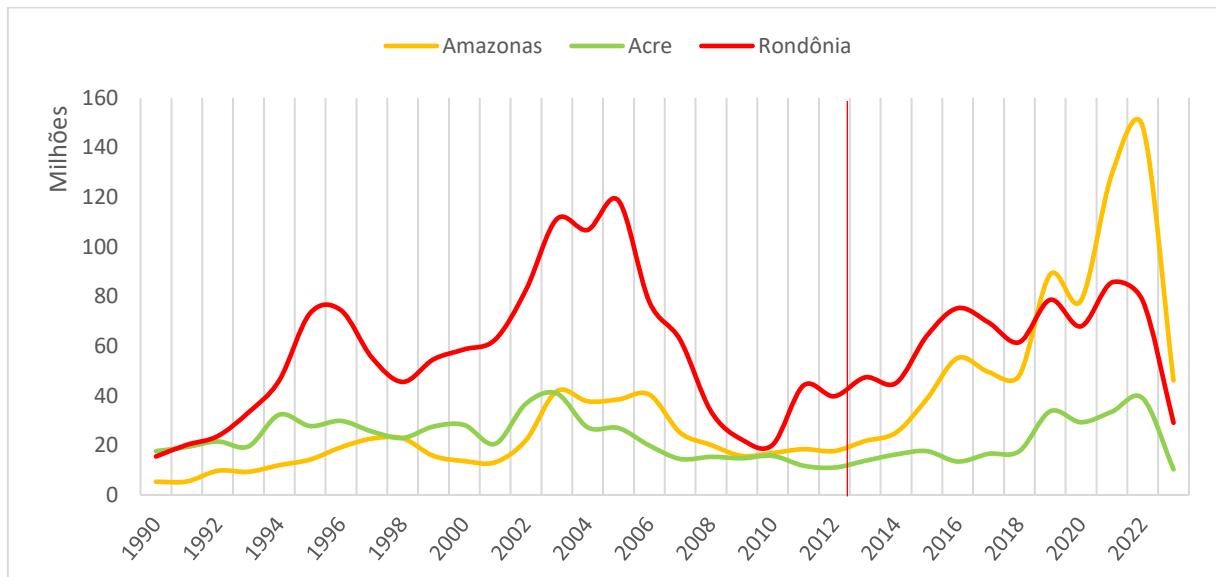
Nesse cenário com perda das florestas da Amazônia além de perder vegetação responsável por sequestrar carbono da atmosfera, as atividades responsáveis por essas perdas ainda tendem a se caracterizar como novas fontes emissoras de gases na atmosfera. Somente no ano de 2023 a Amazônia Legal foi responsável pela

emissão de 49% de toda a emissão de gases nacionais, os nove estados que há compõe emitiram cerca de 1,1 bilhão de tCO²e na atmosfera (Pereira, 2024).

Essa é uma realidade de região mais emissora de GEE do país, vindo a se intensificar com o passar dos anos. Não diferente, a região AMACRO vem contribuindo significativamente com estas emissões, principalmente quando analisamos os dados de emissões de gases de efeito estufa provenientes de mudança de uso da terra. Estes são gases que são gerados principalmente como subproduto da combustão incompleta, sendo liberado na atmosfera como resultado da queima de biomassa, incluindo florestas, áreas agrícolas e pastagens.

Segundo Houghton (2005) entre aos anos de 2000 a 2008 a Amazonia Brasileira liberou em média 225 milhões de toneladas de carbono por ano através de atividades oriundas do desmatamento, sendo equivalente a aproximadamente 55% das emissões nacionais. Segundo dados da SEEG (2025) a região onde está delimitada a região AMACRO vem apresentando valores de emissões de Mudanças de Uso da Terra preocupantes, tendo emitido em média nas últimas três décadas mais de 109 milhões de tCO²e/ano, esses valores são expressivos as intensas utilizações do fogo como manejo nas atividades agropecuárias como também as práticas do desmatamento. Somente na última década (2013 – 2023) a qual este trabalho visa analisar, a região AMACRO apresentou valores médios superiores a estes sendo emitido em média 137,5 milhões de tCO²e/ano (Gráfico 3).

Gráfico 3 – Emissões de Mudança de Uso da Terra da região AMACRO

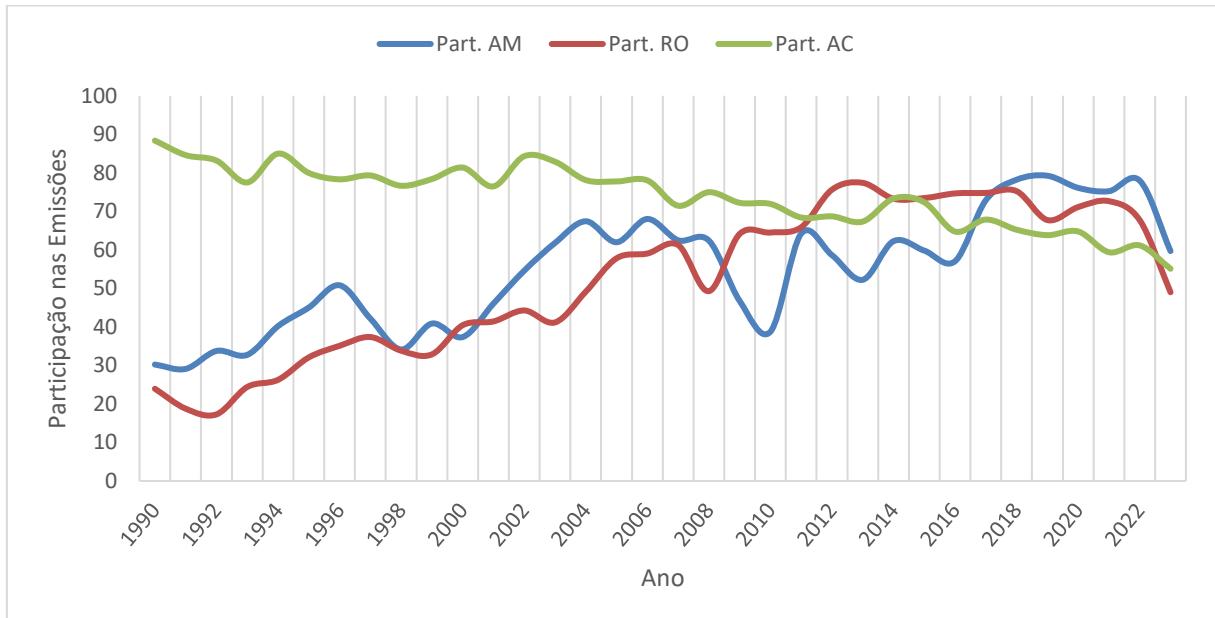


Fonte: SEEG (2025)
Elaborador: Andrade, G. B.

Dos dados apresentados pela SEEG apresentados no gráfico os 12 municípios do estado de Rondônia que compõe a AMACRO apresentam os maiores índices de emissões desde que os dados de emissões começaram a ser calculados em 1990. Os municípios de Rondônia junto com os 10 municípios do estado do Amazonas são os principais emissores da AMACRO, estes dados são apresentados devido as aberturas de terras, sendo usadas principalmente as BR 364 e BR 319 que ligam os municípios dos estados e são fundamentais para a atividade agropecuária na região.

Quando analisamos estes dados de emissões provenientes de Mudança de Uso da Terra com enfoque na participação dos municípios da AMACRO para os níveis de emissões de seus referidos estados, constatamos que a região vem sendo fundamental para os níveis de emissões que os estados vêm apresentando (gráfico 4).

Gráfico 4 – Emissões de Mudança de Uso da Terra da região AMACRO



Fonte: SEEG (2025)
Elaborador: Andrade, G. B.

Analisando os dados disponibilizados pela SEEG é possível observar que no estado do Amazonas os municípios que contemplam a AMACRO oscilaram em valores de emissões ao longo dos anos. Os municípios da AMACRO no estado apresentaram um aumento nas emissões a partir de 2002 atingindo 54,6% das emissões do estado, e apresentando um ápice no ano de 2019 quando os municípios foram responsáveis 79% das emissões dos totais do estado, demonstrando o processo de intensificação do avanço da fronteira agrícola na região.

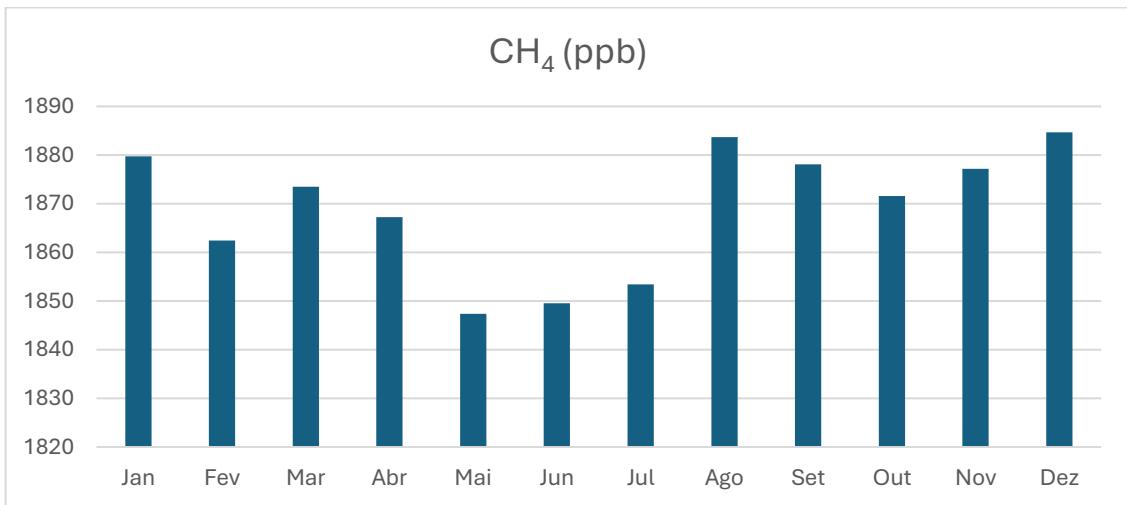
O caso dos municípios de Rondônia é similar uma vez que a participação das emissões sempre foram consideráveis, sempre apresentando crescimento contínuo com algumas exceções a quedas nos níveis de emissões como no ano de 2005 e o último ano de 2023. No estado o ano que houve maior participação dos municípios da AMACRO nas emissões foi no ano de 2013 quando houve uma participação de 77,4% nas emissões de gases de efeito estufa provenientes de mudanças de uso da terra em Rondônia.

No Acre, os municípios que contemplam a AMACRO sempre foram os grandes responsáveis pelos altos níveis de emissões no estado com valores

constantemente elevados, tendo participações em torno do 90% a 80% desde quando se começou a ser realizado o cálculo de estimativa de emissões de gases pela SEEG em 1990 até meados dos anos de 2003 quando os níveis começaram a apresentar sinais de queda nas participações em emissões de gases de efeito estufa no estado, chegando a apresentar níveis de aproximadamente 55% no ano de 2023, valores bem diferentes aos dos anos de 1990 quando a participação era de mais de 88%.

Além de apresentar dados anuais de emissões oriundas dos desmatamentos e queimadas altos para os anos analisados, pode observar que no ano de 2023 nos meses que se apresentam com maiores temperaturas e com menor nível de precipitação, os valores de concentração de gás metano (CH^4) aumentaram consideravelmente para a região da AMACRO (Gráfico 5). Através dos dados de CH^4 em disponibilizados pela NASA pode-se observar uma relação potencial com as atividades de queimadas, assim como os dados apresentados de temperatura média de superfície que tendem a ter maiores temperaturas nos meses de maior concentração de metano, como também nas áreas onde são apresentadas as maiores temperaturas e focos de incêndio na região da AMACRO.

Gráfico 5 – Emissão de metano (CH₄) na região da AMACRO em 2023.



Fonte: Satélite Terra - Nasa (2024)

Elaborador: Andrade, G. B.

O metano (CH⁴) é um gás de efeito estufa cuja emissão se dá a partir de diversas fontes naturais e atividades humanas. Essa emissão ocorre principalmente devido à decomposição de matéria orgânica em condições anaeróbias, como nos processos de digestão de animais ruminantes, decomposição de resíduos orgânicos em aterros sanitários e zonas úmidas.

Em 2023, durante o último semestre, recorte temporal em que a região apresentou maiores valores de concentração de metano, a AMACRO apresentou variações 1883 ppb e 1885 ppb em agosto e dezembro respectivamente. Cabe lembrar que as áreas afetadas por queimadas e desmatamento estão associadas à presença de pastagens e atividade pecuária, uma das principais fontes de emissões de metano. Embora a relação entre as queimadas e as emissões de metano não seja direta, os resultados indicam uma interconexão entre esses fatores.

No que diz respeito aos dados de emissão de metano na região da AMACRO, observa-se que, apesar de não apresentarem relações diretas com a ocorrência de queimadas, suas emissões surgem como processos contínuos posteriores a essa atividade. Pois, a partir da queima as áreas são utilizadas para o uso da atividade pecuária, o que trazem consigo a geração do gás metano na região.

5. EVENTOS EXTREMOS NA AMACRO E ADAPTAÇÃO CLIMÁTICA

As mudanças climáticas trazem consigo efeitos ambientais adversos pelos países e regiões, tendo em vista que cada país apresenta características adversas em relação ao outro. Esta relação entre características ambientais únicas é adversa aliadas as mudanças climáticas são responsáveis pela ocorrência de um dos fenômenos que vem mais apresentando crescimento nos últimos anos, os chamados desastres climáticos. Estes, são provocados por altos volumes de precipitação gerando enchentes e transbordamentos de rios e igarapés, como também pelo baixo nível de precipitação causado seca em bacias hidrográficas, como também, as ondas de calor vários outros fenômenos que vem sendo denominados de Eventos Extremos.

Nas últimas décadas, o Brasil vem vivenciando um aumento significativo na ocorrência de eventos extremos, sendo reflexo do aumento gradativo dos fatores das mudanças climáticas como temperatura, concentração de gases de efeito estufa e outros. Os últimos anos o país vem sendo marcado pela ocorrência de eventos extremos constantes como secas prolongadas, inundações, deslizamentos de terra, e alguns outros fenômenos que afetam diretamente a sociedade.

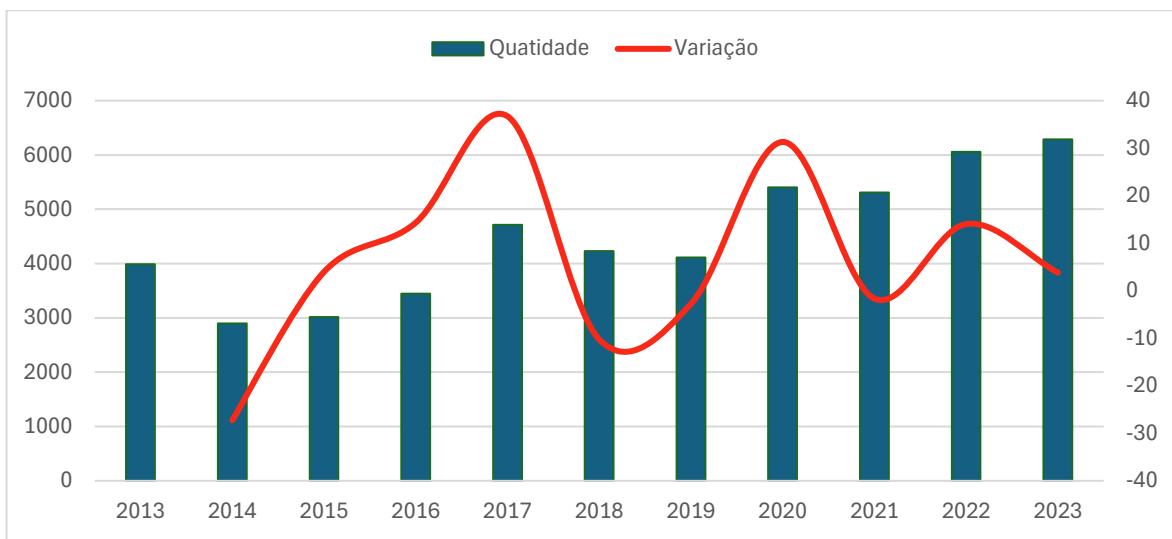
Somente no início do ano de 2025 com as chamadas chuvas de verão, a Confederação Nacional do Municípios (CNM) apontou que o excesso de chuvas já levou aproximadamente 94 municípios a decretarem situação de emergência desde o início do verão em 21 de dezembro. Dos 13 estados brasileiros afetados, se destacam os estados de Minas Gerais com 38 municípios afetados, 16 municípios afetados do Rio de Janeiro e 14 do Espírito Santo, se localizando todos na região sudeste do Brasil (CNM, 2025).

Segundo dados do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEM) revelam que entre os anos de 2013 a 2023, o país registrou um aumento significativo na frequência e intensidade de desastres naturais causados por eventos extremos. Somente no ano de 2023 foram registrados 1.161 desastres naturais no Brasil, tendo como principais ocorrências constatadas as inundações, enxurradas, alagamentos e outros, marcando o maior número de ocorrência desde o início das operações do órgão. (Neto, 2024)

O estudo mais recente da Confederação Nacional do Municípios (CNM) apresenta que neste mesmo período de janeiro de 2013 a dezembro de 2023, cerca de 93% dos municípios brasileiros enfrentaram desastres naturais, sendo registrados

mais de 49.466 desastres naturais nos mais de 5.233 municípios brasileiros. O gráfico 6 apresenta essa distribuição da ocorrência de desastre entre os anos de 2013 a 2023 no país, evidenciando este aumento na ocorrência nos últimos anos.

Gráfico 6 – Ocorrência de Desastres Naturais no Brasil entre 2013 - 2023.



Fonte CNM (2024)
Elaborador: Andrade, G. B.

No gráfico 4 é possível observar que entre os anos de 2013 a 2013 somente 4 anos (2014, 2018, 2019 e 2021) não apresentaram aumento no número de desastres, tendo todos os outros anos apresentado variações positivas quando comparado com anos anteriores. A ocorrência destes eventos não traz à tona apenas a problemática ambiental, a sua ocorrência também tende a gerar impactos negativos nas economias, gerando prejuízos as empresas privadas e aos órgãos públicos. Nos anos analisados a CNM estima em seus dados que foram gerados prejuízos na casa dos 639,4 bilhões de reais, tendo impactado diretamente as principais atividades do país como a agricultura com 271 bilhões em prejuízos e a pecuária com 86,6 bilhões em prejuízos. Outros setores como instalações públicas, habitação, indústria e demais também sofreram prejuízos significativos.

Os dados da CNM (2024) demonstram que o setor de habitação entre os anos de 2013 a 2022 teve mais de 2,2 milhões de moradias danificadas em todo o país, sendo causados pelos eventos extremos e afetando mais de 4,2 milhões de pessoas em mais de 2.640 municípios do Brasil

Os desastres climáticos e eventos extremos responsáveis pela causa dessa maior parte dos prejuízos identificados no país foram os oriundos das chuvas que causaram mais de 190 bilhões de prejuízos, correspondendo a 19,8% dos prejuízos nacionais, e pelas secas e estiagem que causaram perdas econômicas de mais de 347 bilhões de reais, equivalendo a aproximadamente 76,5% dos prejuízos do país. A tabela 3 apresenta essa distribuição das perdas econômicas vivenciadas pelos ocorrência de eventos extremos nas regiões do Brasil.

Tabela 3 – Perdas Econômicas nas Regiões Brasileiras

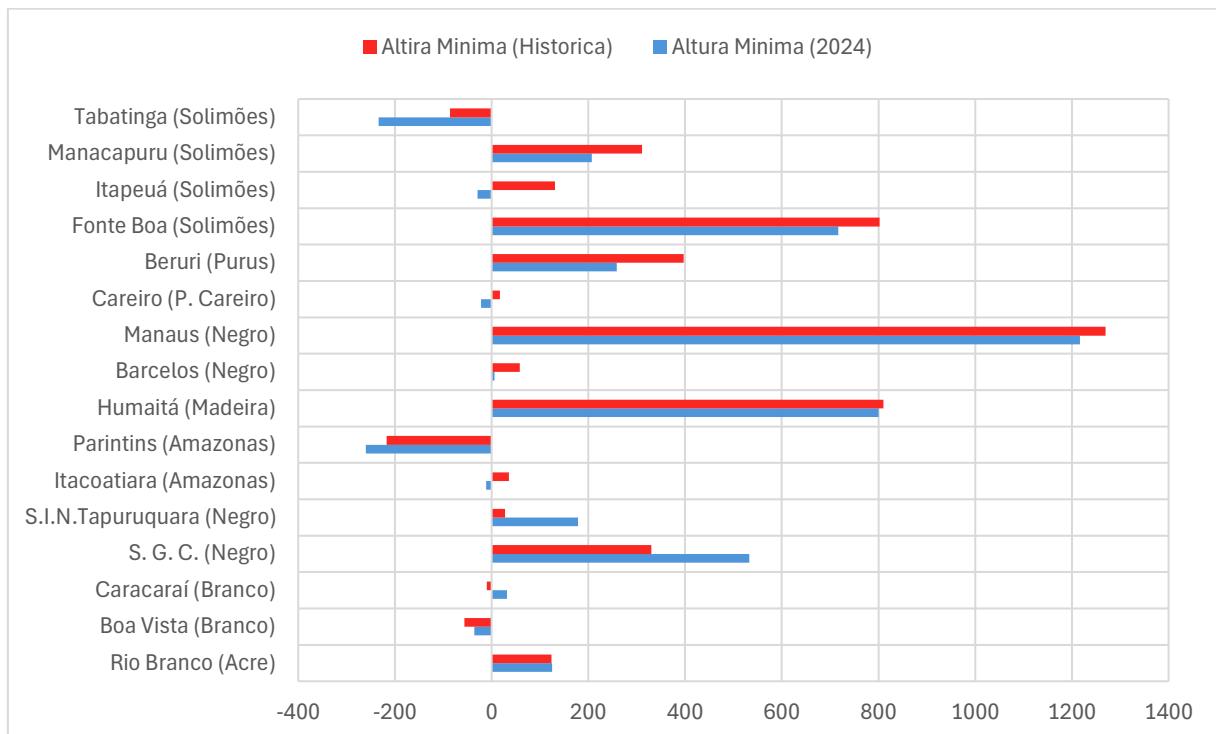
Região	Sul	Norte	Centro-Oeste	Sudeste	Nordeste
Valor (R\$)	257.919.196.982	12.499.812.469	48.596.091.248	110.320.092.798	210.117.140.645

Fonte CNM (2024)

Elaborador: Andrade, G. B.

Mesmo a região amazônica sendo apresentada como somente a região que menos sofreu prejuízos decorrentes de desastres climáticos e ventos extremos, não se pode desconsiderar os recentes enfrentamentos que a região vem sofrendo com a ocorrência de secas. Tendo sofrido com secas extremas em dois anos seguidos 2023 e 2024 a bacia Amazônica vem sendo bastante monitorada devido a sua importância não só para o abastecimento de água local, como também devido a sua importância como meio de transporte para as comunidades locais. Segundo dados do Pereira (2024) apresenta que em 122 anos de registro o ano de 2024 apresentou os níveis mais baixos nos rios Amazonas, Madeira, Solimões, Negro, Purus, além de alguns afluentes, o gráfico 7 apresenta os níveis das cotas mínimas históricas e as cotas vivenciadas durante a seca de 2024 nos principais rios da bacia Amazônica.

Gráfico 7 – Seca dos Principais Afluentes da Bacia Amazônica no ano de 2024



Fonte: Pereira (2024)

A maior ocorrência de desastres naturais ao redor do país também foi vivenciada pelos estados que compõe a AMACRO, sendo eles Amazonas, Acre e Rondônia, onde nos últimos dez anos enfrentaram desafios climáticos cada vez mais severos, refletindo o avanço das mudanças climáticas e suas implicações diretas sobre a sociedade. A região, que é caracterizada por sua vasta cobertura florestal e por sua dependência da hidrografia para transporte e subsistência das comunidades locais, vem sentindo de forma mais intensa com os anos os efeitos dos eventos extremos, tendo principalmente as secas prolongadas e as enchentes as causadoras de maiores problemas para a região.

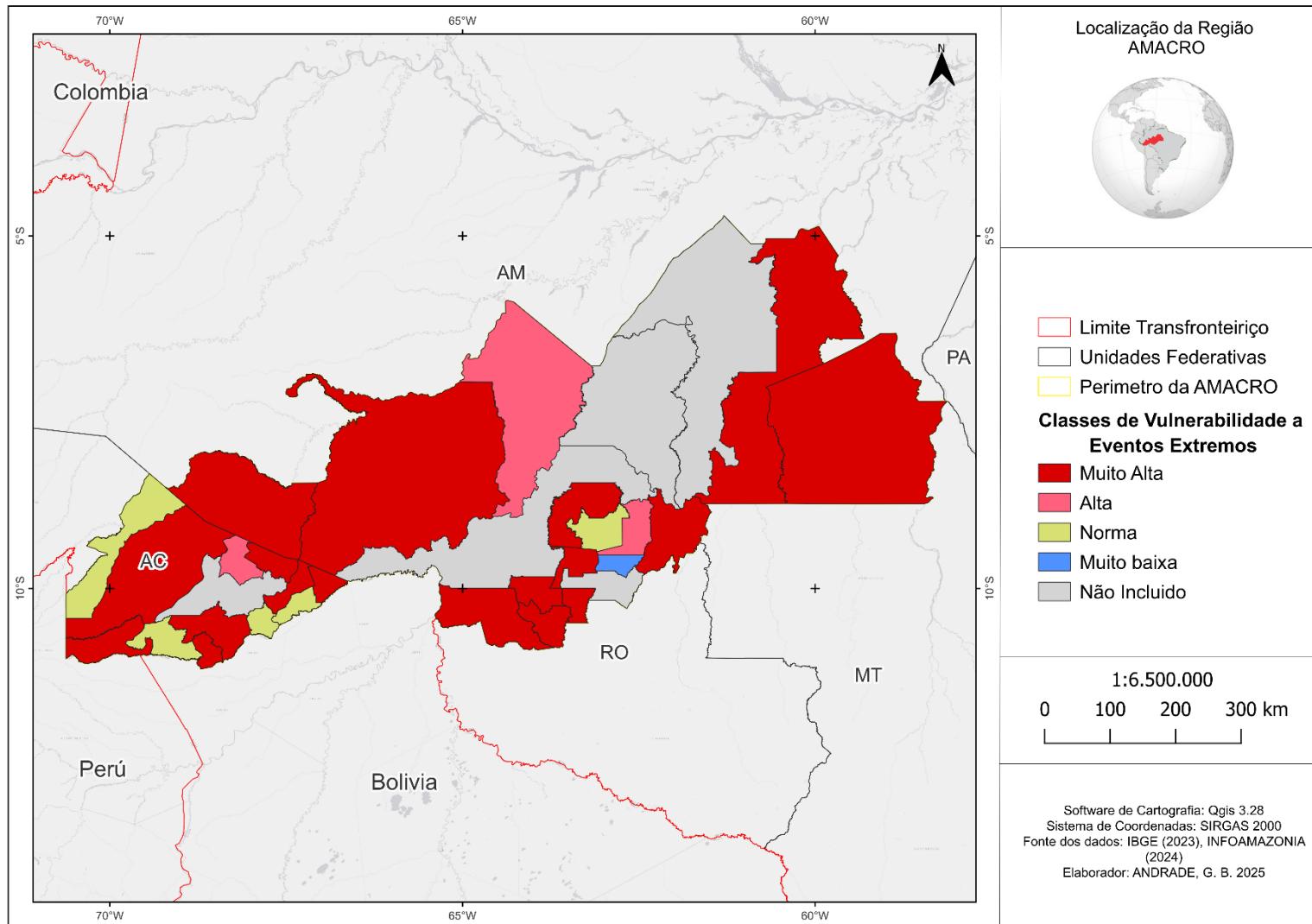
A ocorrência destes desastres se torna mais preocupantes quando associamos aos dados levantados por pesquisadores do Pará, Amapá e São Paulo, que apresentam que cerca de 265 pequenas cidades da Amazônia, de um total de 671, estão altamente expostas aos efeitos das mudanças climáticas e os eventos extremos. A pesquisa apresenta que cerca de 30% das cidades com até 50 mil habitantes da Amazônia apresentam um alto grau de vulnerabilidade em relação a

ocorrência de eventos extremos, esse alto grau de vulnerabilidade é apresentado em virtude da capacidade baixa de resposta a ocorrência dos eventos extremos, que na região são ocasionados principalmente pelas cheias ou secas dos rios, igarapés e córregos. (Pereira, 2024).

Para os estados que compõe a AMACRO o Amazonas e o que apresentam maiores municípios com este índice de alta vulnerabilidade, tendo em todo seu estado 37 municípios com estas características, um exemplo destes municípios que estão em vulnerabilidade e que enfrentaram problemas com eventos extremos no ano de 2024 foi Eirunepé, que enfrentou chuvas anormais em fevereiro de 2024, o que resultou em enchente e alagamentos em regiões do município, onde o volume de chuva esperado para o mês em questão era de pouco mais de 303 milímetros, mas o registrado foi de 423,2 milímetros (Pereira, 2024)..

O estado de Rondônia apresentou durante o estudo a presença de 20 municípios com características de alta e muito alta vulnerabilidade, já o estado do Acre se caracteriza por mais da metade de seus municípios estarem enquadrados com alta vulnerabilidade, tendo 14 dos seus 22 municípios, o estado vem sendo um dos mais afetados nos últimos anos com eventos extremos, tendo sido registrado entre os anos de 1987 a 2023 cerca de 224 eventos climáticos extremos, sendo que destes 60% foram incêndios florestais e queimadas, 33% inundações e 3% crises hídricas ou secas, tendo apresentado no ano de 2024 todos os municípios do estado decretado situação de emergência devido à seca extrema no estado (Silva et al, 2023) . O mapa 18 apresenta a distribuição do índice de vulnerabilidade dos municípios presentes na AMACRO.

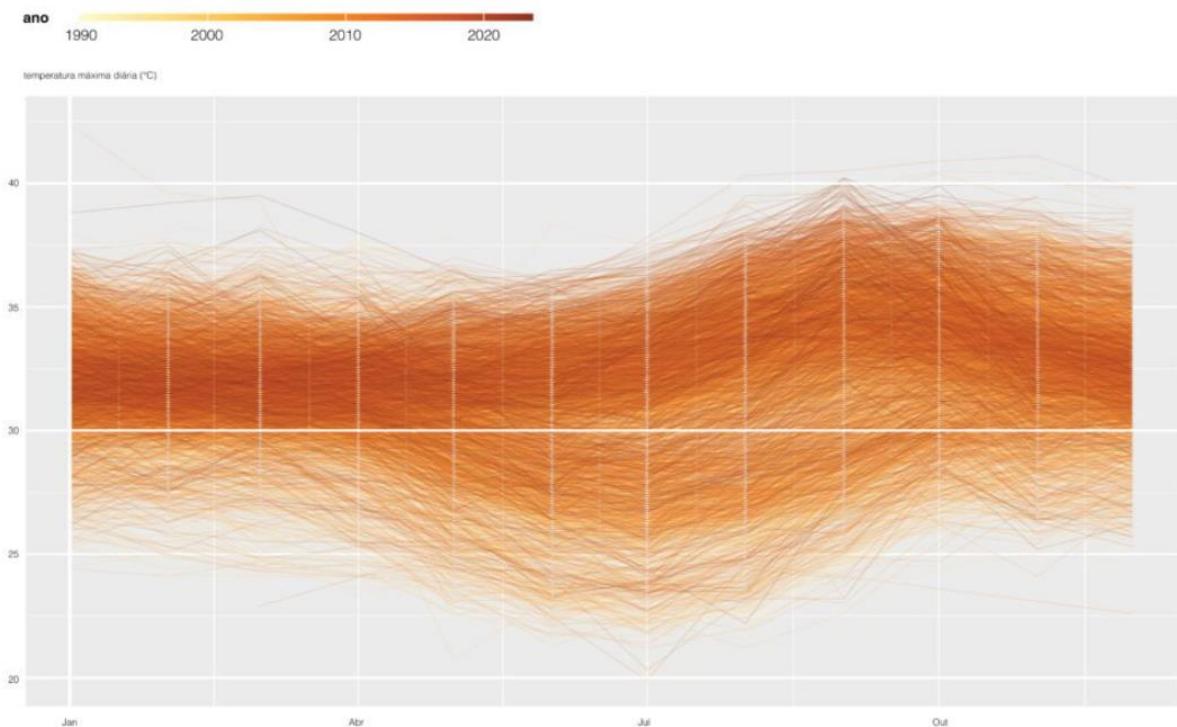
Figura 18 – Mapa Vulnerabilidade a Eventos Extremos na AMACRO



Analisando a figura 18 é possível observar que os principais municípios que foram caracterizados com vulnerabilidade alta ou muito alta são os mesmos municípios que apresentaram maior índice de focos de incêndios apresentados anteriormente. O estado de Rondônia por estar dentro da área da fronteira agrícola, aliado a processos de desmatamento e queimadas, tendem a apresentar um maior número de municípios que estão entre a faixa de vulnerabilidade alta ou muito alta na região da AMACRO, Acre se destaca como o segundo estado com 7 municípios com estas características, estando estes localizados principalmente localizados as margens das rodovias BR 364 e BR 317, o Amazonas foi caracterizado com tendo apenas 5 municípios com as características de vulnerabilidade, sendo estes os municípios de Boca do Acre, Lábrea, Canutama, Nova Aripuanã e Apuí, sendo estes os municípios com maiores índices de queimadas e emissões de gases de efeitos estuda dos municípios do estado que compõe a AMACRO.

Um dos eventos extremos mais associados as mudanças climáticas e caracterizado pela elevação das temperaturas, tendo as ondas de calor um dos eventos mais frequentes nas cidades brasileiras nos últimos anos. Segundo dados do INMET e do InfoAmazonia a região Amazônica vivenciou temperaturas anormais no último ano, tendo vivenciado temperaturas de 5,1 °C acima do que era considerado como normal para cada mês no ano, conforme demonstra a figura 19.

Figura 19 – Médias Máximas de Temperatura para Amazonia de 1991 a 2020



Fonte: INMET e INFOAMAZONIA (2024)

Esta ocorrência nas altas das temperaturas máximas na região da Amazonia também afetou alguns municípios da AMACRO no ano de 2024 principalmente, no estado do Acre foram emitidos avisos de riscos potenciais laranjas de perigo para municípios como Bujari, Rio Branco, Acrelândia, Porto Acre Capixaba e Senador Guiomard devido aos riscos à saúde oriundo do aumento de até 5°C na média da temperatura para estes municípios durante dias do mês de setembro (INMET, 2024). Os municípios de Rondônia também vivenciaram este aumento nas médias da temperatura para o ano de 2024, tendo sido apresentados temperaturas máximas superiores a 40 °C, com médias máximas superiores a 3 °C no estado.

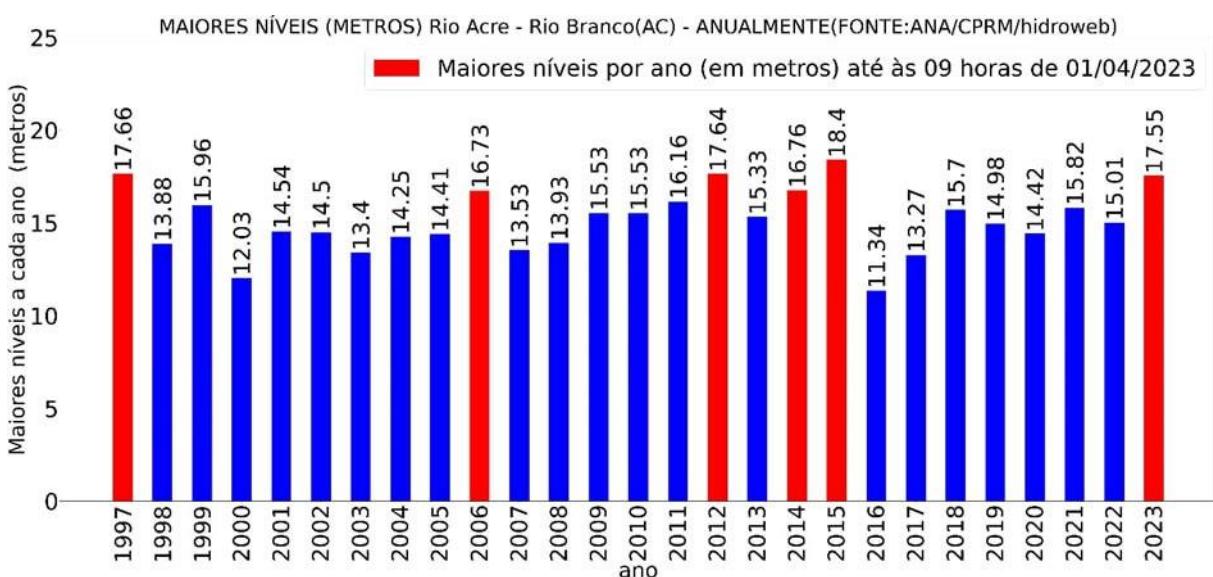
No estado do Amazonas os municípios enfrentaram a mesma situação, porém os municípios do estado apresentaram uma menor variação nas temperaturas, tendo se mantido por mais de 4 meses as elevadas temperaturas na região. O município que enfrentou essa maior frequência de temperaturas elevadas foi Humaita que apresentou estas características por aproximadamente 141 dias, bem próximo ficou o município de Canutama que ficou 139 dias com as altas temperaturas nos municípios (G1, 2024). Os dois municípios que apresentaram altos índices de temperaturas em

dias ininterruptos são também os que estão entre os que mais desmataram e emitiram gases de efeito estufa na AMACRO, estes fatores entre altas temperaturas e baixa precipitação tornam este ambiente propício para a propagação do fogo, o que torna a atividade do desmatamento mais fácil relativamente.

A variação das temperaturas na região da AMACRO é caracterizada como um dos principais fatores para a ocorrência dos eventos extremos, tendo em vista que as maiores ocorrências de eventos extremos são derivados de altas precipitações que originam a ocorrência de 707 decretos de emergência levantados pela Confederação Nacional dos Municípios, sendo que destes 13,3% ocorreram nos municípios que estão no estado do Acre, 12,45% nos municípios do estado de Rondônia e 74,26% nos que compõe o estado do Amazonas.

Usando os municípios do Acre que contempla a AMACRO como exemplo para a ocorrência de eventos estremos, pode-se notar que nos últimos anos estes vêm sofrendo com uma maior ocorrência das enchentes de um dos principais rio do estado o Rio Acre, esse fenômeno das enchentes que vem afetando várias famílias e gerando prejuízos vem ocorrendo com uma periodicidade alta, tendo em vista que na última década apenas os anos de 2016 e 2017 não foram observados transbordamento do rio segundo dados da Agência Nacional de Águas e Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, conforme demonstra a figura 20 o histórico das maiores cotas do Rio Acre.

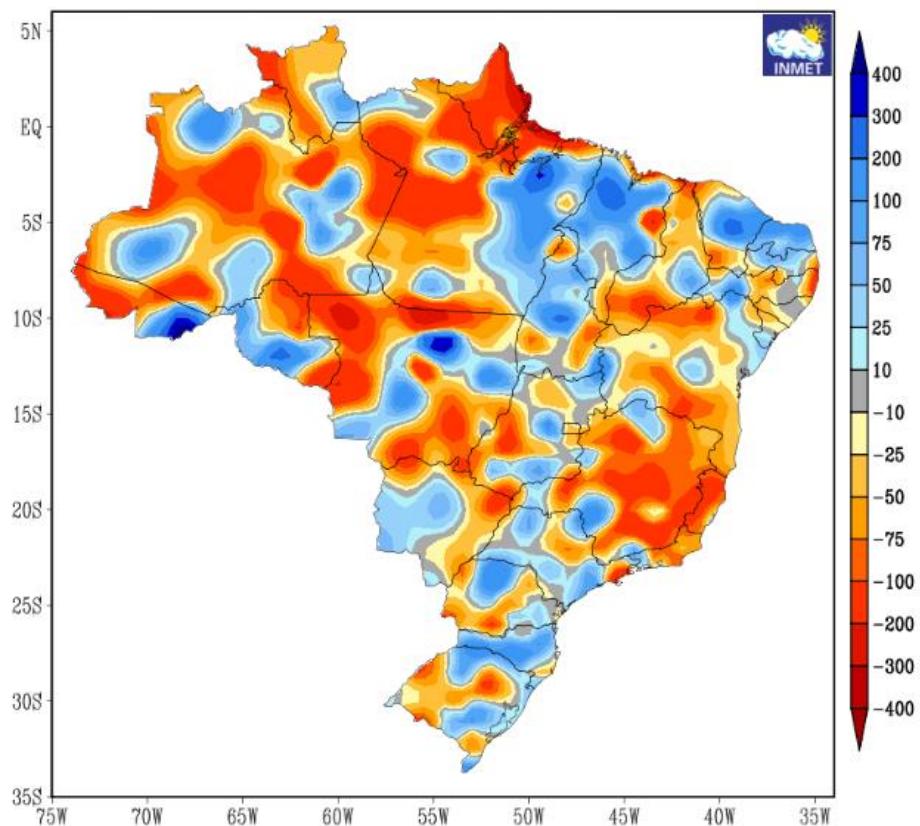
Figura 20 – Maiores Níveis (m) do Rio Acre entre 1997 - 2023



Fonte: ANA/CPRM (2023)

Estes fenômenos das enchentes afetaram várias famílias nos municípios de Brasileia, Xapuri, Assis Brasil, Porto Acre e na capital Rio Branco, tendo no ano de 2015 apresentado a maior enchente do Rio Acre, atingido incríveis 18,8 metros na capital do estado e atingindo 40 bairros e aproximadamente 71 mil pessoas, sendo que destas 6 mil ficaram desabrigadas (G1, 2015). No ano de 2023 o Rio Acre voltou a transbordar afetando as famílias ribeirinhas, atingindo a terceira maior enchente da sua história, apresentando no dia 3 de abril de 2023 cota de 17,68 metros e afetando mais de 17 mil famílias. As cheias enfrentadas neste ano apresentaram um agravante relacionado as anomalias de precipitações (FIG. 21) para o mês de março, que culminou no transbordamento de aproximadamente 7 igarapés na capital Rio Branco, atingindo milhares de famílias, dentre estes está o Igarapé São Francisco que é responsável por 70% da drenagem no município transbordou, interrompendo o tráfego na BR – 364 no perímetro da cidade.

Figura 21 – Anomalias de Precipitação em março de 2023



Fonte: INMET (2025)

O outro contraponto dos eventos extremos vivenciados na AMACRO está relacionado a baixa precipitação e ocorrência de secas e estiagem. Onde nos últimos anos, tem se presenciado secas históricas na região Amazônica, propiciado em virtude do baixo nível nos rios da bacia do Rio Amazonas, afetado aproximadamente 309 municípios da Amazonia Legal somente no último ano de 2024. Segundo dados da CNM (2024) os estados que compõe a AMACRO (Amazonas, Acre e Rondônia) entre os anos de 2013 a 2023 emitiram 951 decretos de emergência devido a desastres climáticos em virtude de secas e estiagem, sendo decretados no estado do Acre 43 casos de emergência devido a secas, enquanto no estado de Rondônia foram 55 e 146 no Amazonas conforme demonstra tabela 4.

Tabela 4 – Decretos de Emergência de Secas/Estiagens e Chuvas de 2013 a 2023

Estado	Acre	Rondônia	Amazonas	Total
Decretos de Secas	43	55	146	244
Decretos de Chuvas	94	88	525	707

Fonte: CNM (2024)
Elaborador: Andrade, G. B.

No Amazonas dos municípios de Lábrea e Canutama que contemplam a AMACRO foram classificados em setembro de 2023 em situação de alerta devido a estiagem e seca vivenciada pelas populações dos municípios, enquanto Humaitá, Manicoré e Nova Aripuanã que também vivenciavam essa problemática também foi colocada em situação de alerta exigindo medidas preventivas imediatas a fim de amenizar os problemas segundo dados da Defesa Civil do estado.

Os impactos dos desastres naturais nos estados da região da AMACRO entre os anos de 2013 e 2023 foram severos, afetando milhões de pessoas e evidenciando a vulnerabilidade dos estados do Acre, Amazonas e Rondônia diante de eventos extremos como enchentes e secas prolongadas. No total, 8.523.240 pessoas foram diretamente impactadas por esses fenômenos, sendo que o Amazonas foi o estado mais afetado, com 4.965.015 indivíduos atingidos, seguido pelo Acre, com 2.761.724, e Rondônia, com 796.501. O número de mortos registrados nesses eventos foi de 130

pessoas, sendo 111 no Amazonas, 16 no Acre e 3 em Rondônia, demonstrando a gravidade e a letalidade de tais ocorrências (Tabela 5).

Tabela 5 – Quantidade de Pessoas Afetadas por Eventos Extremos de 2013 a 2023

Estado	Mortos	Desabrigados	Desalojados	Total de Afetados
Acre	16	29753	104819	2761724
Amazonas	111	230182	545653	4965015
Rondônia	3	4354	28503	796501
Total	130	264289	678975	8523240

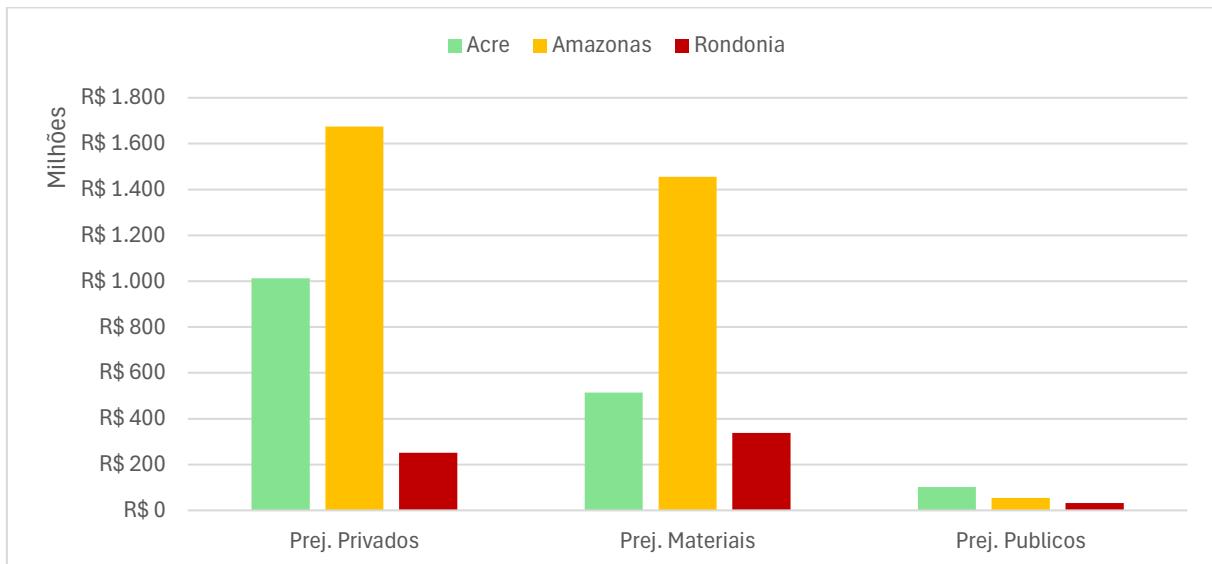
Fonte: CNM (2024)

Elaborador: Andrade, G. B.

No Acre, nos anos analisados entre 2013 a 2023 os desastres afetaram mais de 2,7 milhões de pessoas, com 16 mortes registradas. Tendo sido apresentado mais de 104 mil pessoas desalojadas e 29 mil desabrigadas entre os anos, indicando que estas pessoas tiveram que deixar suas residências temporariamente ou permanentemente, principalmente devido as enchentes de rios como o Rio Acre, que nos últimos anos frequentemente vem atingindo cidades como Rio Branco, Brasileia, Epitaciolândia e outras.

Quando realizamos uma análise sobre os dados de perdas econômicas apresentados pela Confederação nacional dos Municípios para ocorrência de eventos extremos demonstraram que os estados do Acre, Amazonas e Rondônia enfrentam desafios financeiros significativos devido à intensificação dos eventos climáticos extremos, resultando em percas econômicas substanciais conforme mostra o gráfico 8.

Gráfico 8 – Perdas Econômicas Relacionadas a Eventos Extremos 2013 - 2023



Fonte: CNM (2024)
Elaborador: Andrade, G. B.

Analisando os dados apresentados no gráfico 5 sobre os prejuízos causados por desastres, observa-se que, no período analisado, o total de perdas para a região somou mais de 5,9 bilhões de reais, distribuídos entre prejuízos privados, materiais e públicos. O Amazonas foi o estado que sofreu as maiores perdas financeiras, totalizando R\$ 3.676.473.849, o que representa aproximadamente 62% do total da região. O principal fator desse montante expressivo está associado aos elevados prejuízos materiais com (R\$ 1,4 bilhões) e privados (R\$ 1,6 bilhões), demonstrando que a destruição a propriedades particulares e infraestruturas foram as principais atingidas durante os eventos extremos. Esse cenário reflete a vulnerabilidade de áreas urbanas e rurais do estado, especialmente em municípios situados na região da AMACRO, como Lábrea, Humaitá e Canutama, frequentemente afetados por secas e cheias intensas como mencionadas anteriormente.

O estado do Acre, por sua vez, apresentou um prejuízo total de mais de 1,6 bilhões de reais, o que corresponde a 27,5% das perdas registradas na região. O estado também teve um impacto considerável em prejuízos privados (R\$ 1 bilhão) e materiais (R\$ 514 milhões), destacando as frequentes inundações do Rio Acre que afetam frequentemente cidades como a capital Rio Branco.

Rondônia registrou os menores prejuízos entre os três estados, com um total de pouco mais de R\$ 620 milhões, representando cerca de 10,5% do total regional. A maior parte das perdas ocorreu no setor material (R\$ 337 milhões), seguido pelos prejuízos privados (R\$ 250 milhões). Esse cenário sugere que, embora Rondônia tenha sido afetado por eventos extremos, o impacto foi relativamente menor em comparação ao Amazonas e Acre, possivelmente devido a diferenças na intensidade dos eventos ou na capacidade de resposta governamental.

E necessário entender que os impactos econômicos dos eventos extremos vão além dos prejuízos financeiros diretos. As enchentes, por exemplo, frequentemente resultam na destruição de plantações e na perda de rebanhos, afetando a produção agropecuária e encarecendo os alimentos locais. No caso das secas, a redução do nível dos rios prejudica o transporte fluvial, essencial para o abastecimento de municípios isolados da AMACRO.

6. CONCLUSÃO

Criada e apresentada como a nova região do desenvolvimento sustentável, a AMACRO se apresentou a partir do ano de 2019 com um discurso de desenvolvimento sustentável em prol da economia verde da bioeconomia local. Discurso esse que se mostra ineficaz diante das ações, uma vez que ao levarmos em consideração o conceito de Desenvolvimento Sustentável apresentado durante a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento em 1983 presidida por Gro Harlem Brundtland, onde no livro “Nosso Futuro Comum” publicado posteriormente e apresentado o conceito de que desenvolvimento sustentável, como aquele que aceita as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades. Atualmente, a discussão permeia principalmente na necessidade emergente atual da utilização dos recursos, sem ter planejamento ou estratégias que mostrem uma direção para o futuro em que os recursos naturais ainda sejam abundantes e utilizáveis.

Como foi possível analisar a região da AMACRO passou nos últimos anos por vários processos de degradação ambiental causados desmatamento desenfreado nos 32 municípios que a contemplam, bem como pelos níveis altos de focos de incêndios na região. A região apresentou níveis de estabilidade ou aumentos nos principais

fatores contribuintes para as mudanças do clima, apresentando crescimentos nos níveis de queimadas nos meses de agosto e setembro principalmente por se caracterizarem os meses mais quentes da região norte do país.

Esses valores relacionados a incidência de queimadas na região da AMACRO têm várias implicações negativas para as mudanças climáticas, uma vez que estes focos de incêndios tendem a contribuir para as emissões de gases de efeito estufa na atmosfera, como os gases de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO²), metano (CH⁴) e o óxido nitroso (N²O). A emissão e concentração em quantidade relativa na atmosfera tendem a aquecer a atmosfera influenciando assim diretamente nas mudanças do clima, principalmente quando observamos as oscilações de temperatura, tendo como exemplos as oscilações elevadas (anomalias de temperatura) que causam as chamadas ondas de calor que vem sendo vivenciadas com mais frequências e intensidade nas cidades da AMACRO e no Brasil.

Um dos principais fatores para estes aumentos nos níveis de desmatamento e queimadas na AMACRO está relacionado a expansão da fronteira agrícola que influencia a dinâmica econômica e ambiental da região Amazônica e consequentemente da AMACRO, que vem sendo pressionada principalmente pelos grandes produtores que detém maior concentração de terra na região, usando-as principalmente para a produção do agronegócio, tendo a soja como produção crescente na região nos últimos anos ao lado da pecuária. As atividades relacionadas a esses produtores são as que mais geram índices de emissões de gases de efeito estufa como observado, onde os processos de desmatamento, queimadas e preparação do solo para a produção de soja ou plantio da pastagem vem se gerando altos níveis de emissões na AMACRO no setor de mudanças de uso do solo, sendo que os 32 municípios tiveram participação de aproximadamente 55% nas emissões dos três estados somados no ano de 2023, ano este que foi o de menor emissão na última década.

Esses níveis de emissões tornam possíveis os aumentos de temperaturas frequentes, como observado a evidência de um aumento significativo nas temperaturas médias na AMACRO, superando as anomalias registradas em outras partes do Brasil e do mundo, indica uma tendência de aquecimento que pode ter repercussões severas. A seca extrema e as ondas de calor, aliadas à intensa atividade

agrícola e às queimadas, provocam a degradação do solo e a redução da biodiversidade, afetando diretamente os recursos hídricos e as práticas agrícolas na região. Isso gera um ciclo vicioso onde a degradação ambiental se retroalimenta, levando a uma menor produtividade e a uma maior vulnerabilidade das populações rurais. Assim, as questões climáticas não devem ser tratadas isoladamente, mas sim integradas em um contexto mais amplo e integrado.

A realização das análises relacionadas aos eventos extremos demonstrou a intensificação e periodicidades destes eventos tem aumentado na região da AMACRO. Os registros de enchentes históricas, como as observadas em Rio Branco, Brasileia e outros municípios, e os períodos prolongados de secas em áreas anteriormente caracterizadas por alta umidade, revelam transformações significativas no regime de precipitação da região. Estes fenômenos têm causado impactos socioeconômicos consideráveis, com prejuízos diretos a infraestruturas urbanas, a produção agrícola, além de intensificar processos de vulnerabilidade já presentes na sociedade.

Os dados analisados reforçam que o enfrentamento dos efeitos das mudanças climáticas na região requer ações multiescalares: desde a implementação de sistemas de monitoramento climático e gestão de riscos, até a formulação de políticas públicas que integrem aspectos ambientais, econômicos e sociais. A resiliência dos territórios amazônicos dependerá, cada vez mais, da capacidade de integrar o conhecimento técnico-científico às práticas locais, reconhecendo a complexidade e diversidade dos modos de vida e dos ecossistemas regionais.

Assim as mudanças climáticas representam um dos desafios mais prementes enfrentados pela humanidade no século XXI, exigindo uma resposta urgente e coordenada em diversas frentes. Neste contexto, a sub-região AMACRO, composta pelos estados do Amazonas, Acre e Rondônia, exemplifica as complexas interações entre os fatores ambientais, sociais e econômicos que agravam a crise climática. Entretanto, é preciso observar que o clima sempre passou por mudanças, passando de períodos glaciais e interglaciais quando analisados em eras geológicas, ou partindo para um recorte temporal menor os fatores de mudança do clima sempre sofreram alteração, e a chave da preocupação evidente nas mudanças climáticas atuais são relacionadas ao enfrentamento das suas consequências pela sociedade desigual a que

vivemos, onde a ocorrência de eventos extremos tende a ocorrer com maior frequência e intensidade, trazendo consigo um novo processo de desigualdade vinculada a sociedade que terá poder de enfrentar os reveses das mudanças do clima e aqueles que terão que procurar alternativas para prolongar suas expectativas de vida sem condições.

7. REFERENCIAS

- ALVES, V. da P.; DINIZ, M. B. Redução de emissões de carbono por desmatamento evitado na Amazônia brasileira: uma abordagem baseada no cenário Business-as-Usual (BAU). **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 11, n. 1, 2022.
- ANDRADE, G. B. **Performance geoconômica da subregião AMACRO: análise sobre a pegada de carbono na região**. Anais do XV ENANPEGE. Campina Grande: Realize Editora, 2023. Disponível em: <https://bit.ly/3Xp1feX>.
- ANDRADE, R de O. Proposta de Criação de Zona de Desenvolvimento Sustentável Incentivou Desmatamento e Degradação Florestal na Fronteira entre Estados do Amazonas, Acre e Rondônia. **Jornal da Unesp**, O5 de maio de 2024. Disponível em: <https://bit.ly/3AVWkdL>.
- AZEVEDO, T. R. RITTL, C. **Análise da evolução das emissões de GEE no Brasil (1990-2012)**. São Paulo: Observatório do Clima, 2014. 21 p.
- BARRETO, P; PEREIRA, R; ARIMA, E. **A Pecuária e o Desmatamento na Amazônia na era das Mudanças Climáticas**. Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia – AMAZON, Belém – PA, 2008.
- BITOUN, J; MIRANDA, L. Estrutura espacial da diferenciação sócio-ocupacional na Região Metropolitana do Recife 1980-2000. **Metrópoles: entre a coesão e a fragmentação, a cooperação e o conflito**. São Paulo: Fundação Perseu Abramo, 2004.
- BRANCO, S. M. **Energia e meio ambiente**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2004
- CAMPOS, R. F. **PEGADA DE CARBONO: A RELAÇÃO ENTRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E HÁBITOS INSUSTENTÁVEIS**. **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, p. 1-16, 2011.
- CNM. Chuvas neste Verão já levaram 94 Municípios a Situação de Emergência. Confederação Nacional dos Municípios, 2025. Acessado em 23 de março de 2025. Disponível em: <https://bit.ly/4lbbv5n>.
- CNN. Alagamentos, Destrução e 183 Mortes: relembre a tragédia das chuvas no RS que marcou 2024. **CNN Brasil**, 2024. Disponível em: <https://bit.ly/4h8URR5>.
- EGLER, C. A. G. As vias abertas para América do Sul. In: BICALHO, Ana Maria; GOMES, Paulo Cesar (Org.). Questões de metodológicas e novas temáticas na pesquisa geográfica. Rio de Janeiro: Publit, 2009. p. 45-70.
- EGLER, C. A. G. **Crise e questão regional no Brasil**. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia, Tese de Doutorado orientada pelo Professor Doutor Carlos Lessa, Campinas – São Paulo, 1993.

G1. Ao menos dez cidades do Amazonas passaram mais de 4 meses sob calor extremo em 2024. **G1**, 2025. Acessado em 23 de março de 2025. Disponível em: <https://bit.ly/41RVlkw>.

G1. Rio Acre marca 17,88 metros e passa nível histórico em Rio Branco. **G1**, 2015. Acessado em 29 de março de 2025. Disponível em: <https://bit.ly/3RC8CwW>.

G1. **Seca de 2024 já afeta mais de 747 mil pessoas no AM e supera número de atingidos em 2023**. 30 set. 2024. Disponível em: <https://bit.ly/3C31TYM>.

GEIGER, P. P. Organização regional do Brasil. **Revista Geográfica**, p. 25-57, 1964.

GREENALL, R; CONNEY, C. O que está por trás das ondas de calor na Europa. **BBC News Brasil**, 15 de julho de 2023. Disponível em: <https://bbc.in/3ERCoh>.

HOUGHTON, R. A. Tropical deforestation as a source of greenhouse gas emissions. **Tropical deforestation and climate change**, v. 13, 2005.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2 edição. Rio de Janeiro, 2009, 182 p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2 edição. Rio de Janeiro, RJ, 2012, 271 p.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **2023 é o ano mais quente em 174 anos, confirma relatório da OMM**. Acessado em 17 de junho de 2024. Disponível em <https://bit.ly/3AVWkdL>.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de Dados de Precipitação e Clima. 2025. Acessado em 28 de março de 2025. Disponível em: <https://bit.ly/44cMh0q>.

IPCC, 2022: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Pörtner, Hans O. *et al* (Editors). 2022. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_Summary_for_Policymakers.pdf. Acessado em: 23 de setembro de 2023.

IPEA. Especialistas Debatem Rota Quadrante Rondon e o Futuro da Relação Bilateral entre Brasil e Bolívia. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2024. Acessado em 30 de março de 2025. Disponível em: <https://bit.ly/44duoP6>.

KEELING, C. D; PIPER, S. C; BACASTOW, R. B; EAHLEN, M; WHORF, T. P; HEIMANN, M; MEIJER, H. A. **Exchanges of atmospheric CO₂ and ¹³CO₂ with the terrestrial biosphere and oceans from 1978 to 2000**. I. Global aspects. (2001).

LADE, Z. M. **Climate Change Indicators**. Acessado em 02 de novembro de 2023, de <https://bit.ly/49F7glJ>.

LEWIS, T. J; Wang, K. Geothermal evidence for deforestation induced warming: implications for the climatic impact of land development. **Geophysical Research Letters**, v. 25, n. 4, p. 535-538, 1998.

LIU, F; CHEN, Y; SHI, W; ZHANG, S; TAO, F; QUANSHENG, G. **Influences of agricultural phenology dynamic on land surface biophysical process and climate feedback**. *Journal of Geographical Sciences*, 2017, 27(9): 1085-1099 <https://doi.org/10.1007/s11442-017-1423-3>

LORENA, R. B. **Evolução do uso da terra em porção da Amazônia ocidental (Acre), com uso de técnicas de detecção de mudanças**. São José dos Campos: INPE, 2003.

LÜTHI, D; FLOCH, M. L; BEREITER, B; BLUNIER, T; BARNOLA, J. M. SIEGENTHALER, U; RAYNAUD, D; JOUZEL, J; FISCHER, H; KAWAMURA, K; STOKER, T. High-resolution carbon dioxide concentration record 650,000–800,000 years before present. **Nature**, v. 453, n. 7193, p. 379-382, 2008.

MARTHA JUNIOR, G. B; CONTINI, E; NAVARRO, Z. **Caracterização da Amazônia Legal e Macrotendência do Ambiente Externo**. Brasília, DF. Embrapa Estudos e Capacitação, 2011.

NETO, F. L. Brasil Bate Recorde e Registra 1.161 Desastres Naturais em 2023, Segundo CEMADEM. Folha de São Paulo. 2024. Acessado em 10 de março de 2025. Disponível em: <https://bit.ly/4lcldxu>.

NEVEZ, C. G; DOPICO, Y. B. C. **Análise de Metodologias de Produção de Inventários de Gases de Efeito Estufa de Cidades**. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 2013.

NOAA. **THE NOAA ANNUAL GREENHOUSE GAS INDEX (AGGI)**. 2024. Disponível em: <https://bit.ly/3YCOC1F>.

PEREIRA, A. S; MAY, P. H. **Economia do Meio Ambiente: teoria e prática**. Economia do Aquecimento Global. Rio de Janeiro: Campus, 2003. p. 219-270.

PEREIRA, J. Amazonia Legal foi Responsável por 49% das Emissões do Brasil em 2023. **INFOAMAZONIA**. 2024. Disponível em: <https://bit.ly/42bU3Xt>.

PEREIRA, J. Principais Rios da Bacia do Amazonas tem menor nível da história em 2024. InfoAmazonia. 2024 Acessado em 8 de março de 2025. Disponível em <https://bit.ly/4hS1sll>.

PINTO-COELHO, R. M. Ciclos Biogeoquímicos. In: _____. **Fundamentos em Ecologia**. Porto Alegre: ARTMED, 2002. 252 p.

RIBEIRO, V. As Margens da Proteção. Varadouro, 2024. Acessado em 29 de março de 2025. Disponível em: <https://bit.ly/4cjBWBX>.

RUBINO, M; ETHERIDGE, D. M; THORNTON, D. P; HOWDEN, R; ALISSON, C. E; FRANCEY, R. J; LENGENFELDS, R. L; STEELE, P; TRUNDINGER, C. M; SPENCER, D. A; CURRAN, M. A. J; OMMENT, D. V; SMITH, A. M. **Revised records of atmospheric trace gases CO₂, CH₄, N₂O, and δ¹³C-CO₂ over the last 2000 years from Law Dome, Antarctica.** (2019).

SANTOS, B. FERREIRA, R. F. P. de S; DIAS, M. S. A. S. S; BRANDÃO, I. M; AMORIN, L. S. V. B; SOUZA JR, C. M. S. **DINÂMICA DO DESMATAMENTO NA REGIÃO AMACRO COM O SISTEMA DE ALERTA DE DESMATAMENTO (SAD).** In: ANAIS DO XX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2023, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** São José dos Campos, INPE, 2023. Disponível em: <https://bit.ly/3ShM865>. Acesso em: 31 out. 2023.

SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 5 edição. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018.

SEEG. **Sistema De Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa.** (2025). Emissões. Disponível em: <https://bit.ly/3sfe1RB>.

SILVA, C. H. R. da. **Política Industrial Brasileira e a Industrialização de Mato Grosso do Sul no Século XXI.** Tese (Doutorado em Geografia) UFGD – Universidade Federal da Grande Dourados. 2016 278p.

SILVA, C. H. R. da; SILVA, A. A.P. da; SILVA, J. dos S; FRANGUELINO, A. R; FONTES, D. M. **Performance Geoeconômica de Sub-Regiões na América do Sul: Elementos para uma nova Regionalização.** Revista Tempo do Mundo, n. 27, p. 247-272, 18 mar. 2022.

SILVA, C. S; SILVA, C. H. R. da; CAMELI, M. R. F. **PERFORMANCE GEOECONÔMICA E O MERCADO CRÉDITOS DE CARBONO, O CASO DAS SUB-REGIÕES NA AMÉRICA DO SUL.** Anais do XII SPPGT. Planejamento e gestão territorial. São Carlos: Pedro & João Editores, 2023.

SILVA, P. J. D; PIRES, M. A; AESABESP, E. T. **A conversão dos gases de efeito estufa em créditos de carbono, e sua negociação.**

SILVA, S. S. da; BROWN, F; SAMPAIO, A. de O; SILVA, A. L. C. S; SOUZA, N. C. R; LIMA, A. C; AQUINO, A. de S; SILVA, P. H. da C; MOREIRA, J. G. do V.; OLIVEIRA, I; COSTA, A. A; FEARNSIDE, P. M. Extremos Climáticos na Amazônia: Aumento de secas e inundações no estado brasileiro do Acre. **Perspectivas em Ecologia e Conservação**, Vol. 21, Edição 4, 2023, pag. 311 – 317.

SUDAM, Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia. **Zona de Desenvolvimento Sustentável dos Estados do Amazonas, Acre e Rondônia 2021-2027: Documento Referencial.** Belém: SUDAM, 2021, p. 176.

TRIVIÑOS, A. N. da S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação.** São Paulo: Atlas, 2008.

VIEIRA, N. D. B; FILHO, J. F. do P; SANTOS, L. M. M dos; SANTOS, I. F. S. dos. INVENTÁRIO DE GASES DE EFEITO ESTUFA UTILIZANDO O PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL EM UMA EMPRESA DE MONTAGENS INDUSTRIAIS. **28º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, 2015.

WALKER, G. K.; SUD, C; ATLAS, R. Impact of the ongoing Amazonian deforestation on local precipitation: A GCM simulation study. **Bulletin of the american Meteorological Society**, v. 76, n. 3, p. 346-362, 1995.

8. ANEXOS

Anexo A – Código *python* para geração do gráfico de TS da AMACRO

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt

# Ler os dados dos arquivos
data_2013 = pd.read_csv("TSM_2013.csv")
data_2018 = pd.read_csv("TSM_2018.csv")
data_2023 = pd.read_csv("TSM_2023.csv")

data_2013['system:time_start'] =
pd.to_datetime(data_2013['system:time_start'])
data_2018['system:time_start'] =
pd.to_datetime(data_2018['system:time_start'])
data_2023['system:time_start'] =
pd.to_datetime(data_2023['system:time_start'])

# Adicionar uma coluna de dia do ano (day_of_year) para alinhamento no eixo x
data_2013['day_of_year'] = data_2013['system:time_start'].dt.dayofyear
data_2018['day_of_year'] = data_2018['system:time_start'].dt.dayofyear
data_2023['day_of_year'] = data_2023['system:time_start'].dt.dayofyear

# Criar o gráfico com o eixo x representando os dias do ano
plt.figure(figsize=(12, 6))
plt.plot(data_2013['day_of_year'], data_2013['LST_Day_1km'], label='2013',
color='blue')
plt.plot(data_2018['day_of_year'], data_2018['LST_Day_1km'], label='2018',
color='black')
plt.plot(data_2023['day_of_year'], data_2023['LST_Day_1km'], label='2023',
color='red')

# Adicionar título e rótulos
plt.title('Temperatura Média de Superfície (LST) - Comparação Diária entre 2013 e 2023')
plt.xlabel('Dias do Ano')
plt.ylabel('Temperatura Média (°C)')
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.tight_layout()

# Exibir o gráfico
plt.show()
```