



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ANANINDEUA
FACULDADE DE TECNOLOGIA EM GEOPROCESSAMENTO

TANIELLE SANTOS AMORIM

**ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS FOCOS DE CALOR NO
ESTADO DO PARÁ EM 2024**

.

ANANINDEUA, PA

2026

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ANANINDEUA
FACULDADE DE TECNOLOGIA EM GEOPROCESSAMENTO

TANIELLE SANTOS AMORIM

**ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS FOCOS DE CALOR NO
ESTADO DO PARÁ EM 2024**

Trabalho de Curso apresentado para obtenção do grau de Tecnóloga em Geoprocessamento pela Faculdade de Tecnologia em Geoprocessamento da Universidade Federal do Pará, Campus de Ananindeua.

Orientador: Prof. Dr. Lúcio Correia Miranda

ANANINDEUA, PA

2026

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

A524a Amorim, Tanielle Santos.
Análise da Distribuição Espacial dos Focos de Calor no Estado
do Pará em 2024 / Tanielle Santos Amorim. — 2026.
31 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Lúcio Correia Miranda
Trabalho de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará,
Campus Universitário de Ananindeua, Curso de
Geoprocessamento, Ananindeua, 2026.

1. Monitoramento de queimadas. 2. Geoprocessamento. 3.
Análise espacial. 4. Impactos Ambientais. I. Título.

CDD 910.02

TANIELLE SANTOS AMORIM

**ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS FOCOS DE CALOR NO
ESTADO DO PARÁ EM 2024**

Trabalho de Curso apresentado para obtenção do grau de Tecnóloga em Geoprocessamento pela Faculdade de Tecnologia em Geoprocessamento da Universidade Federal do Pará, Campus de Ananindeua.

Data de aprovação: 02/ 07/ 2026

Conceito: Excelente

Ananindeua – PA

Lúcio Correia Miranda

Orientador – Presidente da Banca Avaliadora

Universidade Federal do Pará-UFPA

Paulo S. S. Bittencourt

Primeiro examinador

Universidade Federal do Pará-UFPA

Francisco Davy Braz Rabelo

Segundo Examinador

Universidade Estadual do Amazonas-UEA/Tefé

Tanielle Santos Amorim

Discente



AMORIM, Tanielle Santos. **Análise da Distribuição Espacial dos Focos de Calor no Estado do Pará em 2024**. 18f. Trabalho de Curso (Graduação de Tecnologia em Geoprocessamento). Ananindeua – PA, Universidade Federal do Pará, 2026.

ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS FOCOS DE CALOR NO ESTADO DO PARÁ EM 2024

Tanielle Santos Amorim
Lúcio Correia Miranda

RESUMO

As interferências das queimadas e os incêndios florestais na região da Amazônia para o clima é profunda e preocupante, pois atingem grande parte da superfície terrestre vegetada, esse fenômeno impacta o equilíbrio climático local e global. Com a remoção da vegetação, há maior incidência de radiação solar, o que leva ao aumento da temperatura e o risco de novas queimadas. A partir disso, objetivou-se analisar a distribuição espacial de focos de calor ocorridos para o Estado do Pará em 2024. Utilizando técnicas de geoprocessamento que é uma ferramenta de grande relevância para a análise e monitoramento espacial, fazendo-se uso de informações extraídas do processamento de dados orbitais, especificamente do satélite (AQUA_M-T), disponibilizados pelo INPE, com a utilização de SIG. Assim, gerou-se um conjunto de mapas temáticos, gráficos e tabela, para identificação de padrões espaciais e temporais e sua relação com o uso do solo, áreas protegidas, desmatamento e fatores climáticos. Os resultados demonstraram as áreas com maiores concentrações de focos, como nas regiões geográficas intermediárias de Santarém e Redenção, principalmente por serem áreas de expansão agropecuária. As menores concentrações foram registradas na faixa litorânea e em áreas sob proteção integral. Os valores baixos então entre janeiro a junho, período da estação chuvosa. Enquanto que de julho a dezembro houve a maior incidência, tendo forte relação com o fenômeno *El Niño*, ação antrópica e outros fatores climáticos.

Palavras-chave: Monitoramento de queimadas, Geoprocessamento; Análise espacial; Impactos Ambientais.

ABSTRACT

The impact of wildfires and forest fires in the Amazon region on the climate is deep and worrying, as they affect a large part of the vegetated land surface. This phenomenon impacts both local and global climate balance. With the removal of vegetation, there is a higher incidence of solar radiation, which leads to increased temperatures and a higher risk of new fires. Based on this, the aim was to analyze the spatial distribution of heat hotspots that

occurred in the State of Pará in 2024. Geoprocessing techniques were used, which are highly relevant tools for spatial analysis and monitoring, utilizing information extracted from orbital data processing, specifically from the AQUA_M-T satellite, provided by INPE, using GIS. In this way, a set of thematic maps, graphs, and tables was generated to identify spatial and temporal patterns and their relationship with land use, protected areas, deforestation, and climatic factors. The results showed the areas with the highest concentrations of hotspots, like in the intermediate geographic regions of Santarém and Redenção, mainly because they are areas of agricultural expansion. The lowest concentrations were recorded in the coastal strip and in fully protected areas. The values were low from January to June, which is the rainy season. Meanwhile, from July to December there was the highest incidence, closely related to the El Niño phenomenon, human activity, and other climate factors.

Key words: Monitoring of wildfires; Geoprocessing; Spatial analysis; Environmental impacts.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o mundo tem vivenciado eventos extremos climáticos, levando a uma significativa preocupação científica, social e econômica com as mudanças climáticas e o aquecimento global. As queimadas e incêndios florestais ainda são um dos grandes problemas ambientais na atualidade. Os incêndios florestais de acordo com o IBAMA (2023), são caracterizados pelo fogo sem controle que avança sobre qualquer forma de vegetação, podendo ser iniciado pelo homem (intencional ou acidental) ou por processos naturais. Na maioria dos casos desses incêndios são consequências de queimadas em grande escala. São essas queimadas culturalmente caracterizados como problemas crônicos e agravantes no Brasil. Para o IBAMA (2023), a queimada é o uso do fogo, para manejo de áreas de agricultura e pecuária ou com objetivos de conservação ambiental, como redução do combustível florestal (prevenção de incêndios), manejo da paisagem e preservação dos ecossistemas dependentes do fogo, seja queimada prescrita ou controlada. No Brasil um dos principais desafios ambientais enfrentados é a ocorrência de incêndios florestais e queimadas que contribuem para o aumento das emissões de gases de efeito estufa que impactam negativamente a biodiversidade (Setzer & Ferreira, n. p. 2021).

O Brasil registra anualmente elevadas taxas de queimadas, ele tem liderado o *ranking* nos últimos 10 anos dos países da América do Sul com mais queimadas, só em 2024 foram registrado o total de 278.299 focos, deixando o Brasil novamente em primeiro lugar do *ranking* com 54,39% de toda América do Sul de acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2024). Essas queimadas na região da Amazônia suscitam profundas preocupações na conjuntura climática, além de desempenhar um papel significativo na

transformação da paisagem e na degradação ambiental. E esse processo na Amazônia brasileira está fortemente associado às práticas de desmatamento, expansão agropecuária e uso inadequado do solo, configurando-se como um vetor de pressão constante sobre os ecossistemas naturais. Nepstad, Moreira, Alencar (1999, p.12) classificam o fogo de acordo com a sua natureza “queimadas para desmatamento”, que são provocadas de forma intencional para derrubar e queimar áreas da floresta, os “incêndios florestais rasteiros”, que acontecem quando queimadas fora de controle se alastram e atingem florestas primárias “queimadas e incêndios em áreas já desmatadas”, como pastagens, lavouras e capoeiras, que podem ter origem intencional quanto accidental.

O estado do Pará tem se destacado nos últimos 4 anos como uma das unidades federativas com maiores índices de focos de queimadas da região da Amazônia Legal, segundo o (INPE, 2024) o estado do Pará, apresentou só em 2024, mais de 20% dos focos de queimadas em comparação aos outros 9 estados da Amazônia Legal, ficando novamente em primeiro lugar como o estado que mais possuiu queimadas em todo o país. As queimadas acarretam uma série de consequências negativas, incluindo a perda significativa de vegetação nativa, a degradação do solo que impacta a capacidade de regeneração da terra e o incremento na liberação de poluentes atmosféricos (MOURA, 2025, p.93).

Nesse contexto, o Sistema de Informação Geográfica (SIG), com dados obtidos por sensoriamento remoto, podem proporcionar uma visão geral da distribuição espacial dos focos de calor. Para o Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM, 2024), um foco de calor é uma medida captada por satélites que detectam um ponto de alta temperatura no solo, identificando-o como fogo, mas sem determinar qual é o tipo. Esse ponto identificado pode ser uma queimada de pastagem, fogo de desmatamento recente ou incêndio florestal. Já a área queimada refere-se ao evento específico em que ocorre a combustão de vegetação ou material orgânico em uma área delimitada. O geoprocessamento vai ser a ferramenta indispensável para o monitoramento dessas queimadas em larga escala. Para Gregório, Saito, Sausen (2015), o sensoriamento remoto é uma importante ferramenta para a aplicação do monitoramento de diversos desastres naturais, dentre eles os incêndios florestais, por meio de imagens orbitais de resolução espacial e temporal. O “Programa Queimadas” desenvolvido e disponibilizado pelo INPE, apresenta o monitoramento operacional de focos de queimadas, com dados derivados do satélite de referência AQUA (com o sensor MODIS), onde fornecem informações sistemáticas e acessíveis sobre a localização e a intensidade dos focos de calor para diferentes Unidades da Federação, inclusive para o Estado do Pará.

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo analisar a distribuição espacial dos focos de calor no estado do Pará em 2024, por meio de técnicas de análise espacial, tendo como base em dados secundários dos focos de calor no Estado do Pará, que foram obtidos por meio de dados de sensoriamento remoto provenientes do satélite AQUA (sensor MODIS). A escolha de ano se deve à sua relevância dentro da série histórica que vai de 2015 a 2025, principalmente em recorrências de grandes incidências de focos de queimadas nos últimos anos, verificando a sua relação com as variáveis climáticas, uso e cobertura do solo, áreas protegidas, desmatamento e os impactos ambientais e sociais. Espera-se, com isso, contribuir para o entendimento dos padrões espacial de queimadas no território paraense e fornecer subsídios técnicos para ações de mitigação e gestão ambiental.

2 REFERENCIAL TEÓRICO-CONCEITUAL

2.1 Geoprocessamento no Monitoramento de Queimadas

Na ciência geográfica, a geoinformação torna-se parte de um conjunto de concepções cuja finalidade é a análise espacial de um objeto ou fenômeno no espaço cujo resultado é representado computacionalmente (Cubas & Taveiras, 2020, n. p). Essas técnicas computacionais que trata dos processamentos dos dados geográficos, integrando mapas, coordenadas e atributos principalmente para as análises ambientais, denominamos de geoprocessamento, essa ferramenta é essencial para o monitoramento de queimadas porque permite integrar, analisar e visualizar dados. Ainda para Cubas & Taveiras (2020, n. p) o geoprocessamento permite associar a localização espacial de qualquer objeto ou fenômeno na superfície terrestre, possibilitando a análise das suas características e do entorno.

O sensoriamento remoto é essencial para rastrear focos de calor, destacando com exatidão as áreas atingidas. A compreensão dos padrões espaciais e temporais do fogo na vegetação e a sua análise quantitativa, tal como severidade, localização, extensão e duração, em um país com dimensões continentais como o Brasil, exigem a utilização de técnicas de sensoriamento remoto por satélites, de forma a permitir a observação em grandes áreas geográficas (Setzer & Ferreira, 2021, n. p).

A técnica de detecção dos focos de calor por satélites, opera com foco em captura de imagens em espectros infravermelhos termal, identificando altas temperaturas na superfície terrestre. Novo (2010, p. 28) conceitua que o sensoriamento remoto é a utilização em conjunta de sensores e equipamentos para processamento e transmissão de dados que são colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves com o intuito de estudar os fenômenos, eventos e processos

que acontecem em toda superfície da terra. O avanço da tecnologia dos satélites e sensores imageadores foi um grande feito para o desenvolvimento da coleta automática de dados, o sensoriamento remoto é uma grande ferramenta no serviço do levantamento e monitoramento dos recursos naturais terrestres (Meneses & Almeida, 2012. p. 2).

No Brasil, o INPE trabalha com o monitoramento e o processamento de imagens de satélites diariamente, fornecendo alertas de queimadas em áreas remotas, com maior precisão em sensores de alta resolução. Setzer & Ferreira (2021, n.p) apresenta o programa queimadas como um programa que tem como a finalidade de criar, desenvolver e implementar métodos, aplicativos e produtos que vão ajudar as necessidades científicas, técnicas e de gestão à queima de vegetação no País, utilizando imagens de satélites em alta resolução, bases de dados meteorológicos em conjunto com o geoprocessamento e banco de dados.

2.2 Fatores climáticos

Os focos de calor surgem da combinação de fatores climáticos, condições ecológicas e também da ação humana. Um dos fatores que acendem um alerta para a sociedade e governantes, é a temporada de seca. Nessa época do ano, os números de focos de incêndios tendem a aumentar. O INMET (2021) define as secas como fenômenos climáticos que descrevem a ausência de precipitação em uma localidade e se diferenciam basicamente pelo período de atuação, as secas são decorrentes da falta de chuvas, mas abrangem períodos mais longos. Esse efeito de seca pode ter consequência catastróficas para o bioma amazônico, incluindo um potencial perda de biomassa, acelerando os efeitos das mudanças climáticas (Cox *et al.*, 2004 *apud* Aragão *et al.*, 2013. p. 260).

Esses períodos excepcionalmente quentes ou secos, de acordo com Lima (2025, n.p), levaram a vários incêndios florestais extensos, morte em grande escala da fauna e flora, bem como impactos à saúde humana relacionados ao calor e à poluição do ar. Em 2024 ocorreu outra seca extrema que trouxe grandes ondas de calor, temperaturas acima da média normal.

O Serviço de Mudanças Climáticas Copérnico (2025), apresenta informação significativa sobre o clima global. Para ele o ano de 2024 foi o ano mais quente em um registro contínuo de dados de temperatura global desde 1850. Onde teve uma temperatura média de 15,10°C; 0,12°C acima do valor anual mais alto anterior em 2023 e em 22 de julho de 2024, a temperatura média diária global atingiu um novo recorde de 17,16°C. O INMET (2025) também fez uma publicação em que aponta que após análise dos desvios de temperaturas médias anuais do Brasil desde 1961 a 2024, verificou uma tendência de aumento estatisticamente significativo das temperaturas ao longo dos anos que pode estar associada à

elevação da temperatura global. Todos os seis conjuntos de dados consideram 2024 como o ano mais quente já registrado, e todos eles destacam a taxa recente de aquecimento de acordo com a Organização Meteorológica Mundial (OMM, 2025).

Outro fator dominante foi a influência da corrente costeira denominada de *El Niño*. Essa corrente e sua influência de aquecimento são altamente irregulares em sua ocorrência. Em alguns anos, podem não aparecer de forma alguma, mas normalmente parte da água superficial tropical, que está sempre presente ao norte do equador, é transportada para o sul em direção à costa do Peru. Em intervalos irregulares de alguns anos, ocorre uma intrusão tão intensa de águas tropicais quentes na região costeira e uma mudança do clima normalmente desértico para chuvas moderadas ou intensas (GLYNN, 1990, n.p).

A OMM (2025), evidenciou que esse fenômeno elevou as temperaturas oceânicas e atmosféricas, rompendo vários recordes mensais e diários ao longo do ano de 2024. De acordo com o boletim do INMET (2024), o *El Niño* deste período foi classificado como de intensidade moderada a forte e embora não tenha sido o mais intenso já registrado, seus impactos foram significativos e com efeitos variados nas diferentes regiões do País. O Serviço de Mudanças Climáticas Copérnicus (2025) afirma que em 2023 e 2024, o impacto do evento *El Niño* nas temperaturas globais foi amplificado por recordes de temperaturas nos oceanos Atlântico tropical e Índico. Para a ONU (2024) o *El Niño* de 2023-24 atingiu o pico como um dos cinco mais fortes já registrados. Temperaturas mais altas e vegetação seca ampliam a janela temporal em que incêndios podem iniciar e se propagar, aumentando a probabilidade e severidade de queimadas.

2.3 Impactos Ambientais e sociais na Amazônia

As queimadas e os incêndios florestais provocam graves impactos ambientais e sociais, afetando não apenas a floresta, mas também a vida das populações. Esses eventos geralmente estão ligados ao desmatamento, à expansão agropecuária, ao uso inadequado do fogo ou causas naturais. De acordo Alencar (2004, p.11) O desmatamento na Amazônia é consequência de uma ocupação territorial que acontece a muito tempo. O que leva a ter raízes na economia e na sociedade brasileira, essa ocupação fez com que o desmatamento levasse quase 93% da Mata Atlântica, para em seguida avançar sobre a floresta amazônica. Santos *et al.* (2025, p.30) evidenciou que o desmatamento na Amazônia Legal havia atingido 857.339 km² até 2024 (20,6% da cobertura florestal original). Só o Pará havia perdido 26% da sua cobertura original até 2024. O desmatamento para abertura de áreas para agricultura e pecuária, construção de rodovias e a ocupação irregular de terras, cria condições ambientais

que favorecem a propagação do fogo. Fearnside (2024,n.p) menciona que o desmatamento emite gases de efeito estufa, produzidos pelo fogo quando as áreas desmatadas são queimadas. Isto emite CO₂, e também CO, CH₄ e fuligem (carbono preto). Diaz *et al.* (2002, p.23) constata que os incêndios florestais podem dobrar as emissões de carbono proporcionado pelo desmatamento da floresta amazônica, principalmente em anos do fenômeno *El Niño*. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas IPCC (2023, p.28) declara que as emissões contínuas, afetarão cada vez mais todos os principais componentes do sistema climático.

O uso do fogo constitui uma prática arraigada na cultura da Amazônia Brasileira. Todo ano no final da estação seca, agricultores e fazendeiros queimam suas terras para converter florestas em áreas de lavouras e pastagem, e/ou para controlar a proliferação de plantas invasoras (Diaz *et al.*, 2002, p.5). Essa prática do fogo produz grande quantidade de fumaça, fecham aeroportos, levam milhares de pessoas com asma e bronquite aos hospitais e provocam colisões no tráfego. Quando agem de forma mais devastadora, matam o gado, queimam cercas e destroem lavouras e plantações (Nepstad, Moreira, Alencar, 1999, p.31). Além também de afetarem o solo, o ciclo hidrológico, sistema climático regional, e a biodiversidade local. A perda de habitat e a fragmentação da floresta. Muitas espécies não conseguem escapar das chamas ou ficam sem abrigo e alimento após a passagem do fogo.

Compreender onde e quando essas queimadas ocorrem é essencial para subsidiar políticas públicas de controle ambiental, prevenção de incêndios e planejamento territorial sustentável. O Governo do Estado do Pará instituiu, por meio do Decreto nº 4.739, de 17 de junho de 2025, o Programa Estadual de Prevenção e Combate às Queimadas e Incêndios Florestais – o programa Pará Sem Fogo, executado pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Clima e Sustentabilidade (SEMAS) e pelo Corpo de Bombeiros Militar do Pará (CBMPA). O programa tem como objetivo promover o manejo integrado do fogo, reduzir a incidência, planejar, monitorar e executar as ações governamentais.

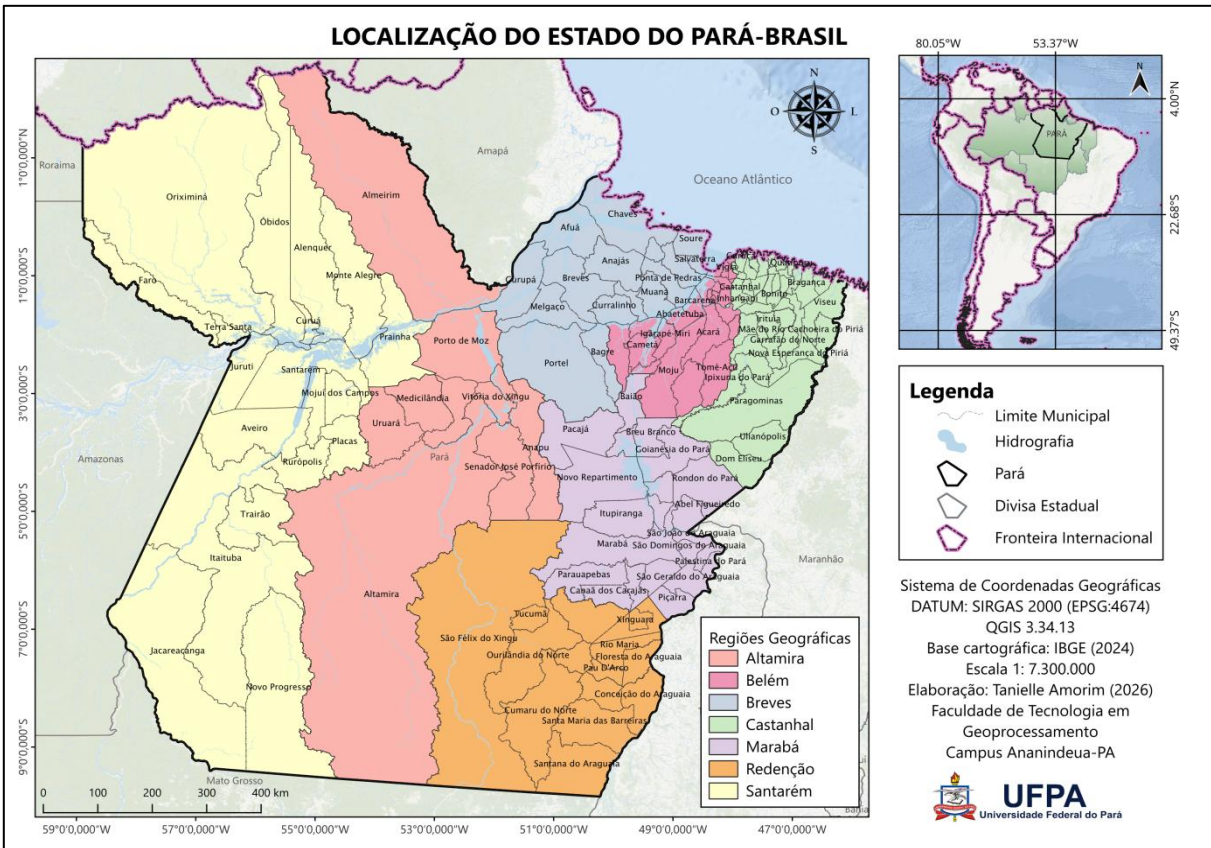
3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

O Estado do Pará, localizado na região Norte do Brasil, na Amazônia Legal, possui uma vasta extensão territorial, são aproximadamente 1.245.828,829 km², com seus 144 municípios (Figura 1), e uma população estimada de 8.664.306 de habitantes de acordo o (IBGE, 2024), que por sua vez está distribuído em sete regiões geográficas intermediárias, Altamira, Santarém, Castanhal, Belém, Redenção, Breves e Marabá, segundo a divisão (IBGE,

2017). O Pará possui três climas distintos distribuído entre suas regiões geográfica, o clima de monção tropical (Am), clima de savana tropical (Aw) e o clima de floresta tropical (Af), de acordo com dados de (climate-data). A temperatura média anual do estado do Pará é aproximadamente 26°C, com pequenas variações ao longo do ano devido ao clima tropical predominante na região (INMET, 2022). O estado é coberto pelo bioma Amazônico, o maior bioma do Brasil, ele tem influência significativa nos climas regionais e globais (MMA, 2021).

Figura 1 – Mapa de localização da área em estudo.



Elaboração - Próprio autor, 2026.

3.2 Coleta de Dados

Os dados secundários dos focos de calor no Estado do Pará foram obtidos no portal do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), por meio do programa BDQUEIMADAS, que utiliza como satélites de referência (AQUA_M-T) para gerar o mapeamento dos focos de calor, esse programa dá acesso a um banco de dados geográfico com o acervo de focos detectados por satélites diariamente. Para a análise espacial foram utilizados os focos registrados entre as 16:25 e às 18:55, com resolução espacial de 1 km. Os dados gerados no intervalo que vai de 01 de janeiro até 31 de dezembro para o ano definido de 2024, foram exportados no formato *shapefile* como uma camada de pontos.

Para os dados de desmatamento de 2024, foram obtidos como camada vetorial do site do projeto PRODES que realiza o monitoramento por satélite do desmatamento por corte raso na Amazônia Legal, o PRODES utiliza imagens de satélites da operação LANDSAT (20 a 30 metros de resolução espacial e taxa de revisita de 16 dias). As informações do uso e cobertura do solo foram coletadas da plataforma MapBiomas, Coleção 10, ano 2024, baixado como arquivo em *GeoTiff*. As bases de dados de precipitação foram disponibilizadas no formato de *GeoTiff* para o acumulado de chuva no ano de 2024, pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Clima e Sustentabilidade (SEMAS), extraído do *Climate Prediction Center* (CPC) e para a precipitação média mensal para o a 2024, foram adquiridos do INMET. Os dados de temperatura foram adquiridos do site *WorldClim*, uma plataforma de bases de dados de tempo e clima global em alta resolução espacial. Os dados adquiridos para temperaturas máximas foi em uma resolução espacial de 5 minutos (~85 km²) contendo arquivos em *GeoTiff*, com dados mensais de 2020 a 2024 e dados das estações da SEMAS e do INMET, assim como para as temperaturas média mensal.

As bases cartográficas baixada em *shapefile* que é um formato de arquivo geoespacial do tipo vetorial dos limites municipais, divisão estadual, fronteira internacional, hidrografia, limite da Amazônia Legal e das regiões geográficas do Pará, foram obtidos através do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Para os limites das Unidades de Conservação estadual e federal, obteve-se os *shapefiles* da Secretaria de Meio Ambiente, Clima e Sustentabilidade (SEMAS) das terras indígenas o *shapefile* foi adquiridos da Fundação Nacional dos Povos Indígenas (FUNAI).

3.3 Procedimentos de Geoprocessamento

Os dados coletados foram manipulados, processados e analisados pelos programas QGIS 3.34 e ArcGis 10.8, gerando mapas temáticos. O mapa de calor, destacando as áreas de maior concentração dos eventos, foram processados utilizando a interpolação por Estimativa de Densidade Kernel, essa estimativa é um método estatístico usado para representar de forma suave a distribuição de um conjunto de dados, pois ele vai calcular uma curva contínua que mostra onde os valores estão mais concentrados. Wand & Jones (1995, p.10) enfatiza que a estimativa de densidade é uma ferramenta importante para análise de dados, pois fornece uma maneira muito eficaz de mostrar a estrutura em um conjunto de dados. Com a classificação vai ser gerado valores que vão de 100 a 7.000 estimando assim a densidade de maiores pontos de focos. Para o mapa de uso e cobertura da terra, o *raster* baixado foi convertido para vetor e feito a organização em 4 classe, adicionando a camada de pontos de focos de calor nas

camadas de polígonos das classes de área de floresta, vegetação herbácea e arbustiva, agropecuária e área não vegetada. Já o mapa das áreas protegidas, os dados de focos de calor, também foram adicionados nas camadas de terras indígenas e Unidades de Conservação (UC's) Estadual e Federal, gerando quantitativos de focos dentro das áreas delimitadas.

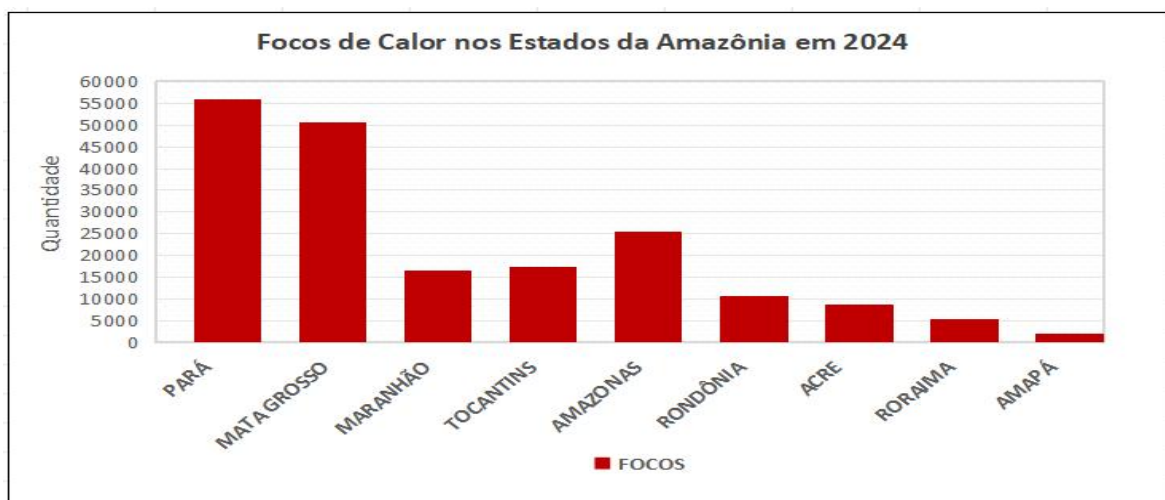
No mapa de desmatamento o *shapefile* foi graduado no modo de contagem quartil, onde foram determinadas 7 classes de valores de áreas desmatadas, variando de 0,06 a 19,82 km². Em algumas áreas de maiores acumulação foram traçados polígonos para análise comparativa de áreas com grande densidade dos focos de calor do mapa de interpolação. O mapa de precipitação foi gerado com a reprojeção do *raster*, o recorte para a área de interesse e a classificação usando o método quantil, com a definição de 8 classes que variaram de 700 a 2.500 (mm). Para a elaboração do mapa de temperaturas máximas, o *raster* foi reprojetado, recortado e mesclado com os meses do ano de 2024. Na renderização as classes foram de 26 °C a >33°C, esses dados foram cruzados com os dados das estações climatológicas convencional e automáticas do INMET e da estação da SEMAS, para a verificação das regiões com áreas de altas temperaturas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Padrões Espaciais e Temporais

Verificou-se através da coleta do banco de dados do INPE que no ano de 2024 o estado do Pará apresentou, um total de 56.070 registros de focos de queimadas (Figura 2).

Figura 2 – Focos de Calor nos Estados da Amazônia em 2024.



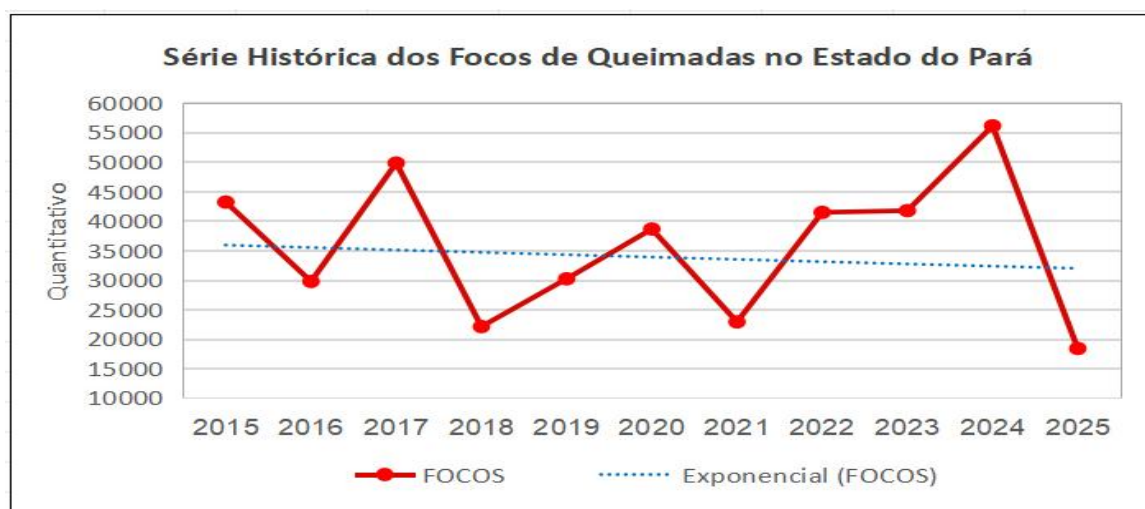
Elaboração - Próprio autor, 2026.

Fonte - INPE, 2025.

Esses registros colocaram o estado paraense em primeiro colocado no *ranking* de queimadas dentre os 9 estados da Amazônia Legal, ultrapassando o estado do Mato Grosso que também teve um número significativo de 50.551 de registros, deixando em segundo lugar no *ranking*. Esses valores indicaram que o Pará e Mato Grosso tiveram mais 50% de focos de queimadas da região Amazônica, de acordo com dados do INPE. O gráfico vai mostrar que as queimadas no estado do Pará, em 2024 superaram as marcas apresentadas em 2023. Santos *et al.* (2025, p.36) afirma que em 2024 na Amazônia Legal, ocorreram 192.700 focos de calor, maior número registrado desde 2014. Além de apresentar um valor bem acima da média da série histórica entre 2015 a 2025 observada no gráfico (Figura 3).

Isso indica ocorrências relevantes em todo o território paraense, com impactos predominantes em ambientes florestais e danos significativos à biodiversidade. De acordo com a Secretaria de Meio Ambiente, Clima e Sustentabilidade (SEMAS, 2025), esses números expressivos de queimadas também acendem um alerta para a diminuição da qualidade do ar, baixa visibilidade em rodovias e o aumento de internações por doenças respiratórias em grupos populacionais mais vulneráveis.

Figura 3 – Gráfico da série histórica dos focos de queimadas no período de 10 anos no Estado do Pará.



Elaboração - Próprio autor, 2026.

Fonte - INPE, 2026.

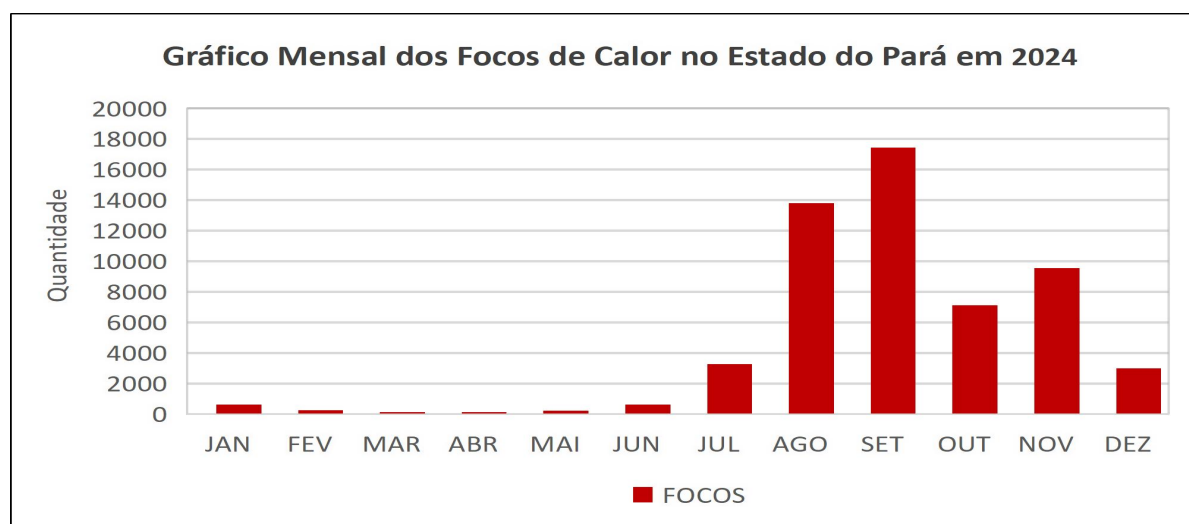
Observa-se no gráfico que não há um comportamento linear contínuo, mas uma alternância entre períodos de aumento e queda, uma alta variabilidade ao longo dos anos. Com picos significativos em 2017 com 50 mil registros e 2024 com 56 mil registros, sendo 2024 o maior valor da série. A mínima registrada foi em 2025 com 18 mil focos, essa queda tem reflexo direto do fortalecimento das políticas públicas de prevenção e controle ambiental no estado, além da situação favorável em relação às chuvas e à normalidade das variáveis

climáticas e oceânicas SEMAS (2025). Com isso a queda percentual nos registros de focos dos últimos dois anos da série foi de aproximadamente 67,26%. Essa oscilação indica que os focos de queimadas são fortemente influenciados por fatores sazonais e conjunturais, como condições climáticas e ação antrópica. Sodré *et al.* (2018, p.11) conclui que os focos de queimada variam com a precipitação, a umidade e o fenômeno *El Niño/La Niña*, além da influência da atividade humana nas áreas alteradas pela ação antrópica. A linha de tendência exponencial apresentada no gráfico, indica uma leve tendência de redução ao longo do período analisado, mesmo com um pico em 2024, mas a representatividade dessa projeção, indica uma redução contínua.

4.1.1 Análise da Distribuição Mensal dos Focos de Calor em 2024

A análise da distribuição mensal para o ano de 2024 evidencia um comportamento sazonal. Durante o primeiro semestre que vai de janeiro a junho foi observado uma redução nos números de focos, indicando baixa ocorrência de queimadas nesse período. No segundo semestre, a partir do mês de julho, indica um aumento progressivos nas ocorrências, com o pico em setembro com mais de 17 mil focos registrados, caracterizando-o como o período crítico das queimadas no estado, Setzer & Ferreira (2021, n.p) destaca que no Brasil, a incidência de queimadas no período sazonal dessa prática se concentra de junho a outubro, com seu máximo em setembro. Conforme demonstrado na figura 4.

Figura 4 – Distribuição mensal dos focos de calor no estado do Pará em 2024.

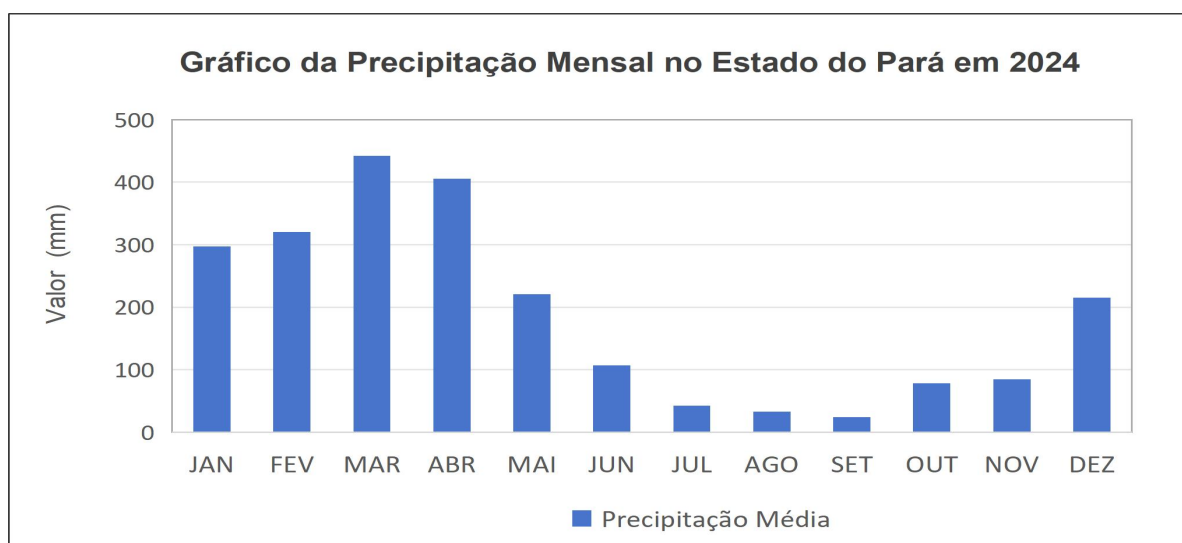


Elaboração - Próprio autor, 2026.

Fonte - INPE, 2025.

Esse comportamento mensal está relacionado ao regime climático da região amazônica. O gráfico da precipitação média mensal (Figura 5), apresenta uma clara distinção entre a estação chuvosa e seca. Os maiores volumes de chuva ocorreram entre janeiro e maio, com destaque para março e abril, configurando o período de máxima pluviosidade. Características do inverno amazônico, quando a atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e de sistemas convectivos favorece a ocorrência de chuvas intensas e frequentes (INMET, 2023).

Figura 5 – Distribuição mensal da precipitação no estado do Pará em 2024.

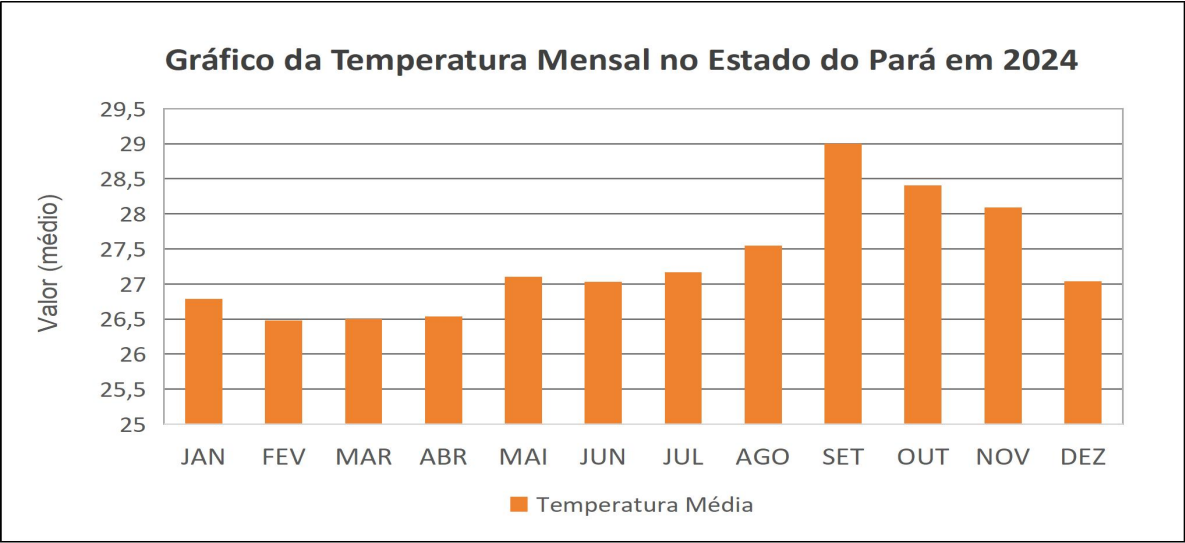


Elaboração - Próprio autor, 2026.

Fonte - INMET, 2025.

A partir de junho observa-se uma redução expressiva da precipitação, culminando nos menores valores entre julho e setembro. O mês de setembro registrou o menor volume pluviométrico do ano, caracterizando o auge da estação seca. Relacionando com o gráfico de temperatura média mensal para o mesmo ano (Figura 6). Percebemos quando comparado à precipitação, as temperaturas oscilaram entre aproximadamente 26,5 °C e 29,0 °C, valores característicos do clima equatorial predominante na região. Os menores valores ocorreram entre fevereiro a abril, período coincidente com os maiores volumes de chuva, intensificando-se a partir de agosto. O pico da temperatura média foi registrado em setembro, atingindo aproximadamente 29,0 °C, justamente durante o mês de menor precipitação e consequentemente com a maior ocorrência de focos de calor. a combinação entre baixa precipitação e elevadas temperaturas constitui um fator determinante para a intensificação dessas queimadas.

Figura 6 – Distribuição da temperatura mensal no estado do Pará em 2024.



Elaboração - Próprio autor, 2026.

Fonte - INMET, 2025.

No mês de julho de acordo com a SEMAS (2025) o estado enfrentou um cenário desafiador no contexto de enfrentamento aos fenômenos climáticos, pois o período foi marcado por eventos extremos, principalmente pela passagem do *El Niño*, que provocaram forte estiagem. Para mais detalhamento dessa distribuição no território paraense, foram listados os 10 municípios e suas respectivas regiões geográficas intermediárias, com maiores ocorrências de focos de queimadas ao longo de 2024 de acordo com a tabela 1.

Tabela 1 – Municípios do Estado do Pará em relação ao número de focos de calor em 2024.

MUNICÍPIOS	2024		REGIÃO GEOGRÁFICA INTERMEDIÁRIA
	FOCOS	%	
São Félix do Xingu	7356	13,12	Redenção
Altamira	5996	10,69	Altamira
Novo Progresso	4787	8,54	Santarém
Itaituba	3333	5,94	Santarém
Portel	1925	3,43	Breves
Jacareacanga	1699	3,03	Santarém
Ourilândia do Norte	1625	2,9	Redenção
Cumaru do Norte	1347	2,4	Redenção
Santana do Araguaia	1222	2,18	Redenção
Moju	1133	2,02	Belém

Elaboração - Próprio autor, 2026.

Fonte - INPE, 2025.

O município que liderou o *ranking* foi São Félix do Xingu com 7.356 registros correspondendo a 13,12% do total analisado. Na segunda posição está Altamira com 5.996

(10,69%) e em seguida Novo Progresso com 4.787 (8,54%). Esses três municípios concentram mais de 30% dos focos em comparação aos outros municípios registrados. Os outros municípios relevantes como Itaituba (5,94%), Portel (3,43%) e Jacareacanga (3,03%), apresentaram valores que contribuíram significante para o total das ocorrências. Do ponto de vista regional, observa-se que a maioria dos municípios com maiores valores pertence às regiões geográficas intermediárias de Redenção, Altamira e Santarém. Municípios como Ourilândia do Norte, Cumaru do Norte e Santana do Araguaia reforçam a predominância na região de Redenção como área crítica para a ocorrência de queimadas. Municípios como Portel (3,43%) e Moju (2,02%) embora em menor intensidade, indica que as queimadas também ocorrem em outras regiões do estado, demonstrando a abrangência espacial das queimadas.

4.2 Distribuição Espacial dos Focos de Calor no Estado do Pará

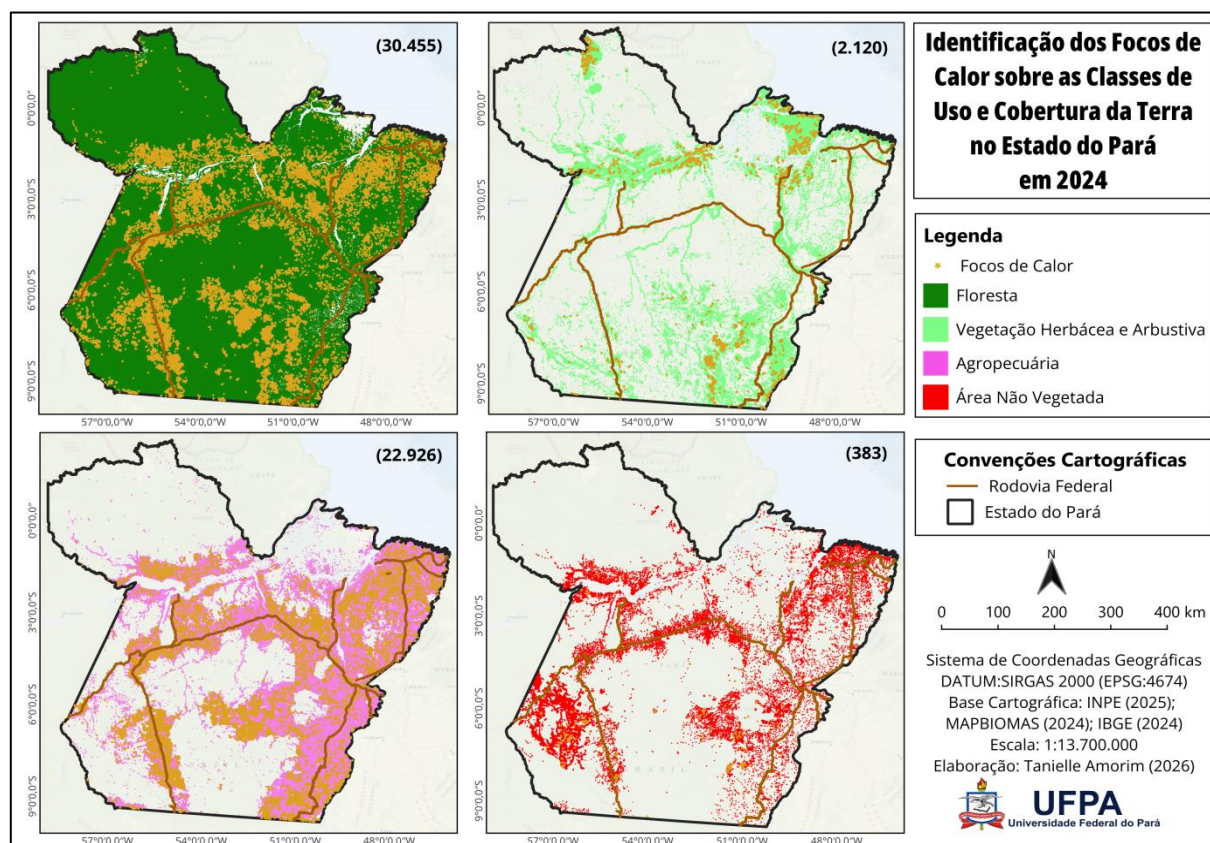
4.2.1 Uso e Cobertura da Terra

A partir da aplicação dos dados de focos de calor, coletados do INPE, sobre os dados do Mapbiomas, coleção 10. Observou-se sobre todo território paraense números expressivos nas áreas atingidas pelas queimadas, em relação ao uso e cobertura da terra. A figura 7 representa essa distribuição espacial ocorrida no ano de 2024. Através do processamento dos dados, notou-se que 30.455 focos foram registrados na área de floresta, a elevada quantidade de focos nessa classe está relacionada tanto à sua ampla extensão territorial, como o avanço do desmatamento e os processos de degradação ambiental. Se as condições facilitarem a ignição e o alastramento de incêndios nas regiões onde há projeção de desmatamento, então o fogo terá o potencial de exercer um papel importante no desmatamento e na degradação adicionais (Marengo & Souza Jr., 2018, p.11)

A classe agropecuária concentra aproximadamente 22.926 registros. Esse resultado aponta a expansão da fronteira agrícola como um fator determinante para o aumento de focos de calor. As práticas produtivas, como a limpeza de áreas e a renovação de pastagem por meio do uso do fogo, constituem um dos principais vetores das queimas no estado. De janeiro a outubro de 2024, as pastagens plantadas representaram 21% de toda a área queimada no país, ficando atrás apenas das florestas, que foram as mais afetadas por incêndios florestais. Em comparação com o mesmo período de 2023, houve um aumento de 58% na área de pastagem queimada nos primeiros dez meses de 2024, indicando uma intensificação significativa dos eventos de fogo (ALENCAR *et al.*, 2024, p.10)

Na vegetação herbácea foram 2.120 focos, nessa classe os registros estão associados a áreas de campo naturais ou áreas em transição, onde são mais vulneráveis a propagação do fogo devido à menor densidade de biomassa arbórea. Na classe da área não vegetada que está associada principalmente a áreas urbanizadas e a solos expostos, foram registradas 383 ocorrências de focos.

Figura 7 – Mapa da distribuição dos focos de calor em diferentes classes de uso e cobertura da terra no Estado do Pará em 2024.



Elaboração - Próprio autor, 2026.

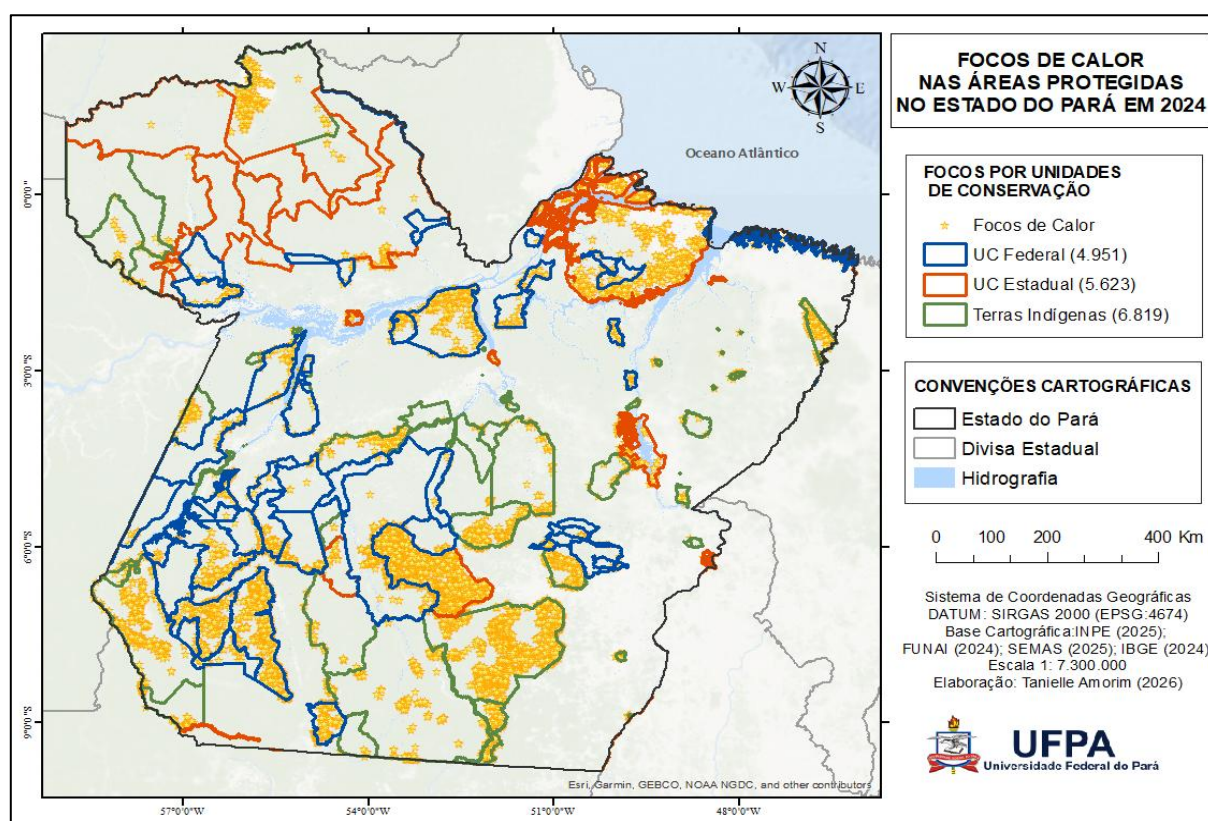
Nota-se que a maior concentração dos focos de calor foi evidenciada ao longo de eixos de ocupação, como rodovias e áreas de expansão agrícola, evidenciando uma grande dinâmica das queimadas no uso da terra. Alencar *et al.* (2024, p.14) mostra que entre janeiro e outubro de 2024 o Pará foi o estado mais impactado de acordo com os dados sobre áreas queimadas em pastagens, foram registrando 2.184.972 hectares queimados, o que corresponde a 38% do total nacional.

4.2.2 Áreas Protegidas

A figura 8 representa a distribuição dos focos de calor nas áreas protegidas principalmente as (UCs). As áreas ocupadas pelos indígenas, nos termos do § 1º do art. 231 da

Constituição Federal; lei nº 14.701, de 20 de outubro de 2023, são terras tradicionalmente ocupadas e por eles habitadas em caráter permanente, as utilizadas para suas atividades produtivas, as imprescindíveis à preservação dos recursos ambientais necessários (BRASIL, 2023, art.231) Embora essas áreas tenham como finalidade a conservação e proteção ambiental, elas não estão isentas desses eventos de queimadas e incêndios florestais. Foram identificados 5.623 focos de calor nas unidades de conservação (UCs) estaduais, 4.951 nas unidades de conservação federais (UCs) e 6.819 em territórios indígenas (TIs) que apresentam registros significativos.

Figura 8 – Mapa da distribuição dos focos de calor nas áreas protegidas no Estado do Pará em 2024.



Elaboração - Próprio autor, 2026.

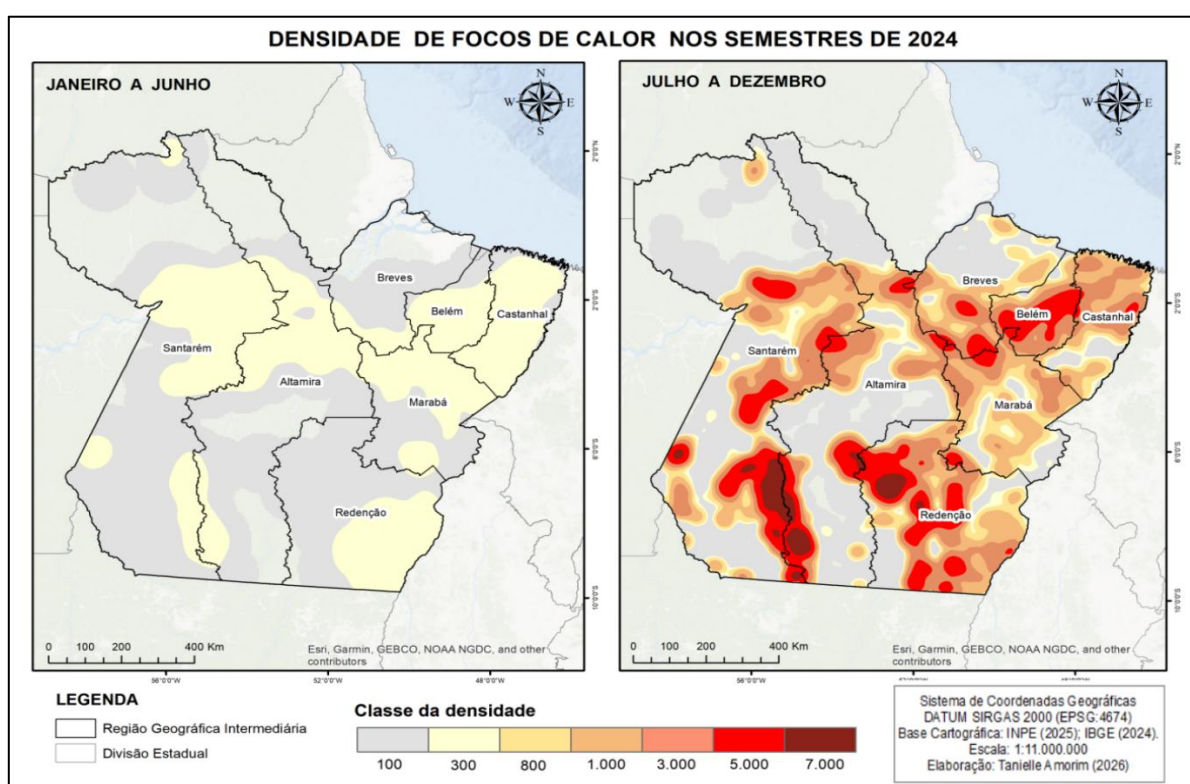
De acordo com o código florestal, lei nº 12.651/2012. Art. 38. É proibido o uso de fogo na vegetação, exceto nas situações como em locais cujas peculiaridades justifique o emprego do fogo em práticas agropastoris ou florestais. No emprego da queimada controlada em UCs, em conformidade com o respectivo plano de manejo e atividade de pesquisa científicas. Todos mediante a aprovação do órgão competente. O uso do fogo pode ser considerado válido para às práticas de uso dos povos tradicionais, quando se trata de manejo tradicional/cultural. A Coordenação-Geral de Políticas para o Manejo Integrado do Fogo (CGMIF) foi criada pelo Decreto nº 12.254, em novembro de 2024, no âmbito da Lei nº

14.944/2024. Essa Política traz o entendimento de que o fogo é um elemento natural e essencial nos ecossistemas e que povos e comunidades tradicionais e indígenas fazem o seu uso para atender suas atividades, culturais e de subsistência, e modos de vida (MMA, 2025).

4.2.3 Densidade dos focos de calor

Com os dados trabalhados, foram elaborados mapas de Kernel (Figura 9), resultantes da interpolação dos focos de calor no ano de 2024, para analisar a concentração nas áreas em estudo, estimando assim a sua densidade por meios das classes que vão de 100 a 7.000. Foram feitas as análises por semestres dentro das regiões geográficas intermediárias.

Figura 9 – Mapa de densidade em Kernel dos focos de calor no Estado do Pará em 2024.



Elaboração - Próprio autor, 2026.

No primeiro semestre (janeiro a junho), observa-se uma baixa densidade de focos de calor em praticamente toda região do estado. As áreas com registros mais expressivos são pontuais e dispersas, com baixa concentração com classes inferiores (entre 100 e 300). Esse resultado está relacionado ao período chuvoso na região, caracterizado por elevados índices pluviométricos e alta umidade da vegetação, fatores que dificultam a propagação do fogo. Segundo Cunha Neto *et al.* (2021, p.297), o padrão espacial dos focos de calor é influenciado pela sazonalidade da precipitação, a intensidade e duração da chuva influencia diretamente a ocorrência de focos, assim como a intensidade dos focos são influenciados pela ação

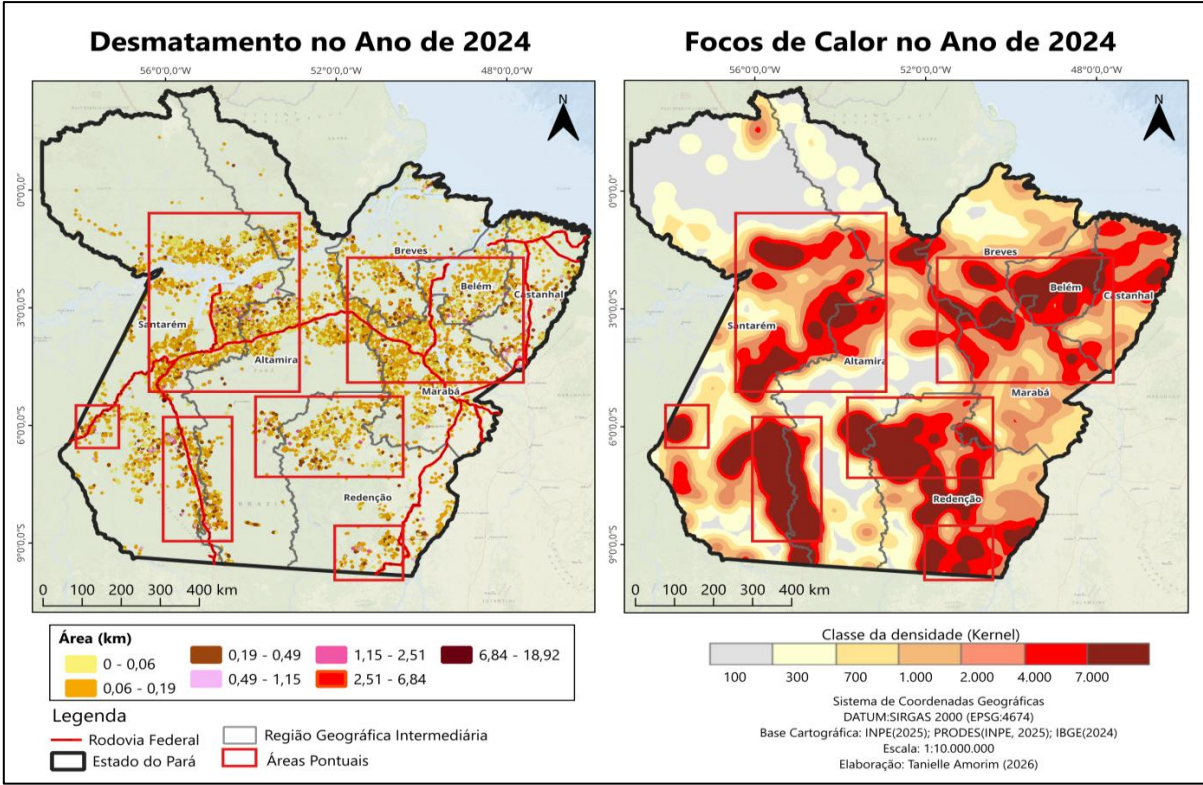
antrópica, coincidindo com baixa precipitação. É o que observado no segundo semestre (julho a dezembro), onde apresentou uma intensificação da densidade, com áreas com alta concentração atingindo a classe máxima (7.000) principalmente em Santarém e Redenção.

Em contraste ao primeiro semestre, esse aumento expressivo de queimadas nesse período está associado à estação seca, quando a redução da umidade da cobertura vegetal favorece a ocorrência e disseminação do fogo. SEMAS (2025, p. 22) conclui que os meses de julho, agosto, setembro e outubro do segundo semestre de 2024 foram considerados os meses mais críticos com a maior quantitativos e maior extensão espacial das queimadas, principalmente com as altas temperaturas. com o aumento expressivos durante a estação seca.

4.2.4 Desmatamento

A partir do mapa de densidade anual dos focos de calor, foram feitos análise comparativo com dados de desmatamento para o mesmo ano 2024, onde evidenciou uma forte correlação espacial entre os eventos (Figura 10). Nas áreas pontuais representadas pelos polígonos, indicaram que as grandes ocorrências de desmatamento que obtiveram variações que vão de 0,06 a 18,92 km de áreas desmatadas, tendem a coincidir com as áreas de maior intensidade de queimadas com valores que variam de 2.000 a 7.000 a concentração dos focos em uma classe que vai 100 a 7.000.

Figura 10 – Mapa comparativo de desmatamento e focos de calor no Estado do Pará em 2024.



Elaboração - Próprio autor, 2026.

No mapa de desmatamento, observa-se que a concentração de focos nas regiões fica ao longo dos eixos de ocupação territorial, como rodovias e áreas de fácil acesso. No ano de 2024 as queimadas se concentraram na região que compreende o arco do desmatamento, com aumento expressivo na estação seca (SEMAS, 2025, p. 22).

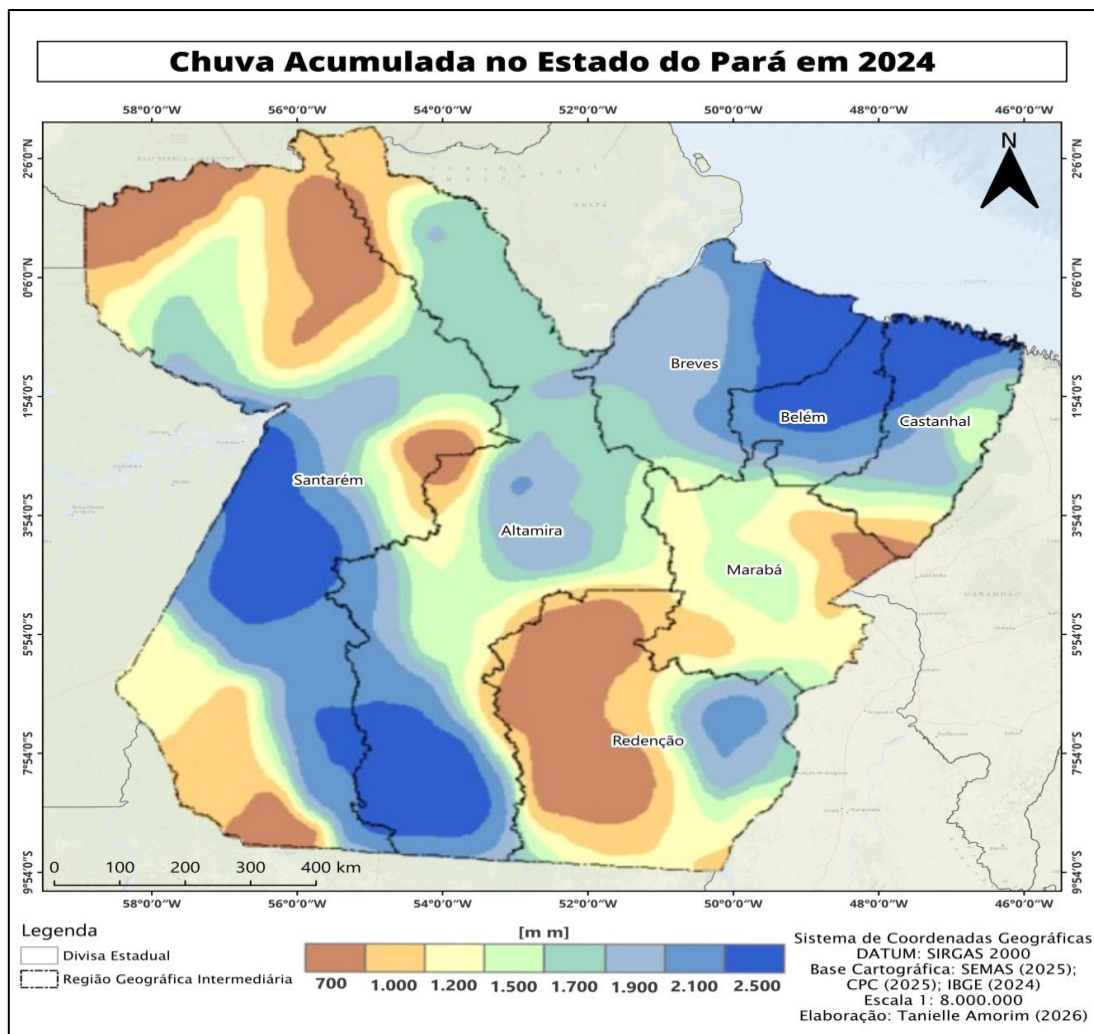
Ao comparar com o mapa de densidade, nota-se que essas mesmas áreas apresentam os maiores núcleos de intensidade, com valores da classe elevados para o mesmo período. O MapBiomias (2024) apresenta dados em que o Estado do Pará queimou de janeiro a outubro de 2024 aproximadamente 2.184.972 ha de área em pastagem. Segundo o Imazon (2025), a Amazônia e Caatinga, registraram uma queda menor quando comparados aos outros biomas, 16,8% e 13,4% respectivamente de redução no desmatamento em 2024. Mesmo com a redução o Pará assumiu a segunda posição no ranking para esse mesmo ano (em 2023 era o quarto), com 156.990 hectares desmatados. Assim, o desmatamento não apenas altera a cobertura vegetal, mas também contribui para a intensificação das queimadas, criando um ciclo de degradação ambiental.

4.2.4 Precipitação

O mapa da distribuição espacial da precipitação acumulada para o ano de 2024, mostraram uma variação de aproximadamente 700 mm a 2.500 mm (Figura 11). As áreas em tons de marrom e laranja representam menores acumulados pluviométricos, enquanto os tons de azul indicam maiores volumes de chuva. Observa-se uma acentuada variabilidade espacial das chuvas no território, onde as maiores precipitações concentram-se principalmente na faixa litorânea, abrangendo a Região Geográfica Intermediária de Belém, os acumulados podem atingir cerca de 2.500 mm. No sul da região de Altamira e na porção central na região de Santarém também caracterizados por elevados índices pluviométricos.

Por outro lado, os menores volumes de chuva são identificados principalmente no norte da região de Santarém e na maior parte da região de Redenção, pegando também a região de Marabá. Nessas áreas, os acumulados anuais situam-se entre aproximadamente 700 mm e 1.500 mm. De acordo a SEMAS (2025), grande parte do território paraense apresentou volumes abaixo do esperado, as chuvas ficaram abaixo de 1450 mm/ano. A distribuição observada sugere que, em 2024, as áreas do sul e sudeste do Pará apresentaram condições relativamente mais secas em comparação às regiões costeiras, destacou-se como a área mais chuvosa, ao passo que Redenção e parte de Marabá registraram os menores índices pluviométricos anuais.

Figura 11 – Mapa de precipitação do Estado do Pará no ano de 2024.



Elaboração - Próprio autor, 2026.

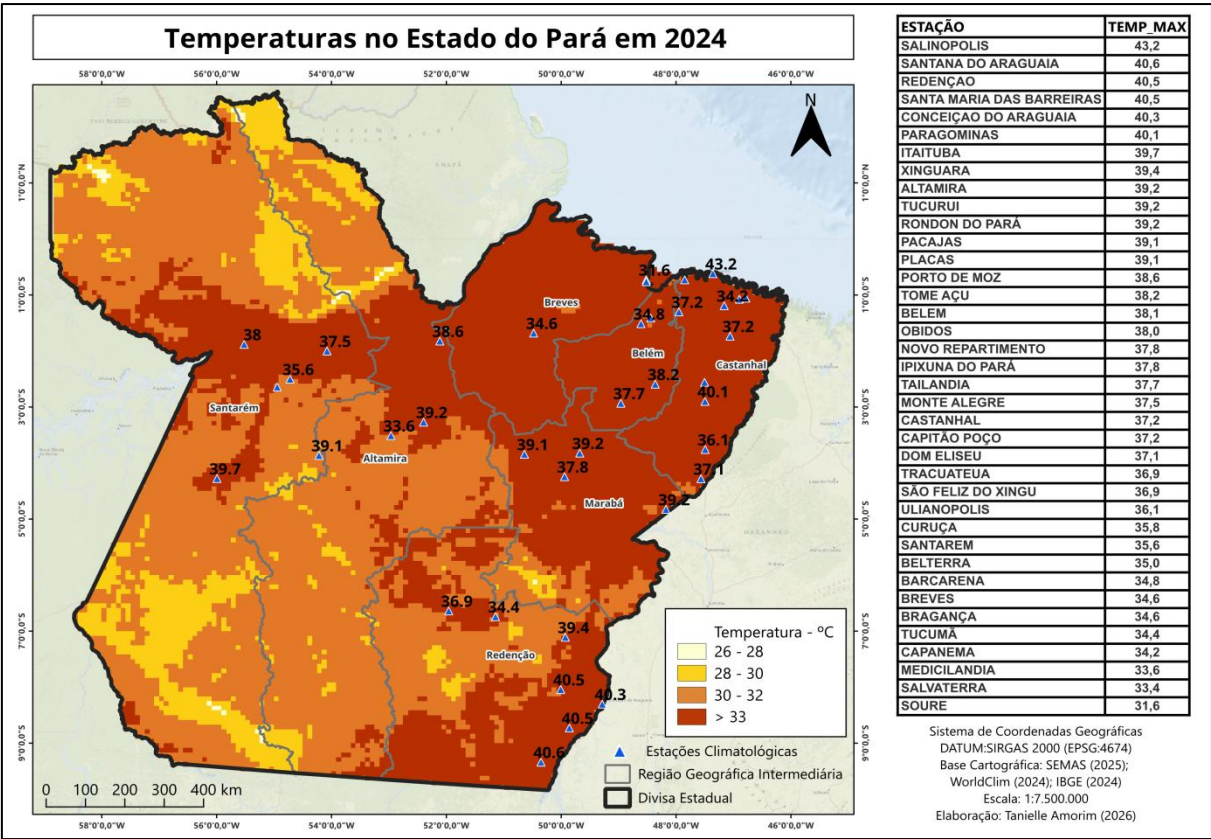
Essa configuração reflete a influência dos sistemas atmosféricos amazônicos e oceânicos na dinâmica climática. A SEMAS (2025) ressalta que este padrão de chuvas tem ligação direta com a dinâmica oceano-atmosférica, que se encontrava em um ano desfavorável, desintensificando a atuação de sistemas de escala local sinótica, bem como a sazonal que são responsáveis por grande parte da precipitação que ocorrem no Estado.

4.2.5 Temperatura

O mapa apresentado (figura 12) indica que, em 2024, predominou no Pará um cenário de temperaturas máximas muito elevadas, com grande parte do estado acima de 33 °C. A distribuição espacial indica que as regiões com áreas mais quentes, ficam na faixa leste do estado como Redenção, Marabá, Belém e Castanhal. Com destaque para Salinópolis que liderou com (43,2 °C) de acordo com registros das estações climatológicas do INMET. Logo

abaixo as estações como Santana do Araguaia, Redenção, Santa Maria das Barreiras, Conceição do Araguaia e Paragominas também tiveram registros acima de 40 °C. Já nas demais estações tiveram abaixo de 39 °C, embora ainda altas temperaturas.

Figura 12 – Mapa das temperaturas máximas no Estado do Pará em 2024.



Elaboração - Próprio autor, 2026.

Na região de Santarém e Altamira as elevadas temperaturas ficaram na porção central da região, nas demais áreas as temperaturas variam entre 26°C e 32°C, o que pode estar relacionado pela existência de uma grande cobertura florestal, áreas mais úmidas e menos expostas a forte aquecimento continental. INMET (2021), relata que as ondas de calor e baixa umidade são fenômenos que ocorrem de forma padrão, frequentemente em agosto e setembro quando atingem os índices baixos de umidades e a média das temperaturas começa a subir.

O Serviço de Mudanças Climáticas Copérnico (2025) ressalta que em 2024, eventos climáticos extremos foram observados mundialmente, variando de tempestades severas e enchentes a ondas de calor, secas e incêndios florestais, e que grande parte do mundo teve mais dias do que a média com pelo menos 'forte estresse térmico'. Mesmo que as altas temperaturas não sejam a causa direta das queimadas, mas é um fator favorecedor crítico.

5 CONCLUSÕES

A análise da distribuição espacial dos focos de calor para o estado do Pará em 2024, permitiu identificar padrões territoriais e ambientais que evidenciam a complexidade das queimadas no estado. Os resultados demonstraram que o Pará liderou o *ranking* de ocorrências de focos de calor na Amazônia Legal, registrando 56.070 ocorrências e que na série histórica 2024 foi o ano que mais obteve registros, com concentrações fortes principalmente nas regiões geográficas intermediária de Redenção e Santarém. A distribuição temporal revelou forte sazonalidade, com concentração dos focos principalmente entre os meses de agosto e outubro, atingindo seu pico em setembro. Tal comportamento está diretamente relacionado à redução dos índices pluviométricos, as temperaturas máximas acima de 33 °C em grande parte do estado e aos efeitos da intensa estiagem, agravada pela influência do fenômeno *El Niño* em conjunto com as ações antrópicas. Os resultados evidenciaram que fatores climáticos são responsáveis na intensificação das queimadas, criando condições favoráveis para a ignição e propagação do fogo.

As análises espaciais demonstraram que os focos de calor se concentram predominantemente em áreas de formação florestal e agropecuária, reforçando a relação entre queimadas, expansão da fronteira agrícola, desmatamento e mudanças no uso da terra. A correlação observada entre as áreas de maior densidade de focos de calor e os polígonos de desmatamento confirma que o fogo continua sendo amplamente utilizado como instrumento de conversão da cobertura vegetal, contribuindo para a degradação ambiental e para o aumento das emissões de gases de efeito estufa. A presença de focos em unidades de conservação e territórios indígenas destaca vulnerabilidades institucionais e a necessidade de proteção. Recomenda-se o fortalecimento ao monitoramento e fiscalização e resposta rápida, priorização de zonas críticas para programas de prevenção e manejo do fogo.

A utilização das técnicas de geoprocessamento, associadas aos dados de sensoriamento remoto, mostrou-se eficiente para a identificação, análise e representação espacial dos focos de queimadas, permitindo compreender sua dinâmica territorial e sua relação com as variáveis ambientais e antrópicas. Este estudo fornece subsídios técnicos para ações de mitigação e gestão ambiental, contribuindo para o entendimento dos padrões espaciais de queimadas no território paraense. Pois através das análises, observamos que o problema é ao mesmo tempo climático, ambiental e antrópico. Recomenda-se a implementação de uma estratégia integrada para diminuir esses impactos, baseado em expandir as brigadas para outros municípios, principalmente os mais críticos e propícios a

grandes queimadas, trabalhar na prevenção, contenção inicial e proteção de áreas sensíveis. Também fortalecer o monitoramento em tempo quase real das áreas com maior recorrência de focos, além de intensificar a fiscalização, suspender ou restringir autorizações de queima no período seco e estimular alternativas econômicas ao uso do fogo, especialmente nas áreas de fronteira agrícola.

AGRADECIMENTOS

Expresso minha profunda gratidão ao meu orientador, Prof. Dr. Lúcio Correia Miranda, grata pela orientação, pelo olhar crítico, rigor científico e pela generosidade com o tempo. Aos membros da banca examinadora, pelas orientações construtivas e pelas sugestões que enriqueceram substancialmente esse trabalho.

Agradeço aos colegas e servidores da sala de situação através da Secretaria de Meio Ambiente, Clima e Sustentabilidade (SEMAS) pela pronta disponibilidade dos dados e pelo compartilhamento do conhecimento técnico que fundamentaram a iniciativa desse trabalho.

À minha família, pela paciência e total ajuda nos momentos difíceis, deixo minha sincera gratidão. Dirijo meu mais comovido agradecimento também aos amigos de jornada acadêmica que ofereceram apoio moral e palavras de incentivo, conforto nos dias de exaustão.

Por fim, reconheço a todos que, ainda que não nominados, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste Trabalho de Curso, meu sincero obrigado. Que os resultados aqui apresentados sirvam de base para novas investigações e para ações que promovam a conservação, preservação e a justiça ambiental.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, Ane Auxiliadora, **Desmatamento na Amazônia: indo além da “emergência crônica”**. Brasil, Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2004.

ARAGÃO, L. E. O. C. et al. **Frequência de Queimadas durante secas recentes**. 2013. p. 259-279.

BARBOSA, R. I.; FEARNSIDE, P. M. **Incêndios na Amazônia Brasileira: Estimativa da Emissão de Gases do Efeito Estufa pela Queima de Diferentes Ecossistemas de Roraima na Passagem do Evento “El Niño (1997/98)”**. Revista Acta Amazonica 29(4), INPA. Manaus, p. 513- 534, 1999.

BORMA, L. S.; NOBRE, C. A. **Secas na Amazônia: causas e consequências**. São Paulo: Oficina de Texto, 2013.

BRASIL, Lei nº 12.651/2012. Código Florestal. 2ª edição - Brasília, DF: Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, p. 62. 2024.

BRASIL, Lei nº 14.701, de 20 de outubro de 2023. **Demarcação, o uso e a gestão de terras indígenas**; Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/lei/14701.htm. Acesso em: 26 maio 2026.

CLIMATE DATA. Clima: Pará. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/para-189/>. Acesso em 25 agosto 2025.

COPERNICUS, Serviço de Mudança Climática. **O Resumo Anual do Clima de 2024: Destaques do Clima Global 2024**. Disponível em: <https://climate.copernicus.eu/global-climate-highlights-2024>. Acesso em: 13 maio 2026.

CUBAS, M. G.; TAVEIRA, B. D. A. **Geoprocessamento: fundamentos e técnicas**. Curitiba: Editora Intersaberes, 1ª edição, 2020.

CUNHA NETO, E. M. et al. **Influência antrópica e da precipitação na distribuição espaço-temporal de focos de calor na microrregião de Paragominas, Pará**. Revista Brasileira de Climatologia, Dourados, v. 28, p. 285-301, 2021. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/14505/7702>. Acesso em: 26 maio 2026.

DIAZ, M. C. V. et al. **O Prejuízo Oculto do Fogo: Custos Econômicos das Queimadas e Incêndios Florestais na Amazônia**. Relatório do Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM). Versão setembro de 2002.

FEARNSIDE, Philip Martin. **Fogo na Amazônia: impactos ambientais e sociais: 3 - Fogo e mudanças climáticas**. Amazônia Real, 2024. Disponível em: <https://amazoniareal.com.br/fogo-na-amazonia-impactos-ambientais-e-sociais-3-fogo-e-mudancas-climaticas/>. Acesso em: 16 maio 2026.

FUNAI, Fundação Nacional dos Povos Indígenas. **Terras Indígenas: dados geoespacial e mapas**. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/funai/pt-br/atuacao/terras-indigenas/geoprocessamento-e-mapas>. Acesso em: 15 janeiro 2026.

GLYNN, P.W. **Global Ecological Consequences of the 1982-83 El Nino-Southern Oscillation**. Elsevier Oceanography Series, 52. University of Miami. Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science. Miami, Florida, U.S.A, 1990.

GREGORIO, L. T.; SAITO, S. M.; SAUSEN, T. M. **Sensoriamento Remoto para a Gestão (de risco) de Desastres Naturais**. In: SAUSEN, T. M.; LACRUZ, M. S. P. (Orgs). Sensoriamento remoto para desastres. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Incêndios Florestais**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/aceso-a-informacao/perguntas-frequentes/incendios-florestais#manejo-integrado>. Acesso em: 05 agosto 2025.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Panorama. Pará, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/panorama>. Acesso em 10 setembro 2025.

IMAZON. **Relatório Anual do Desmatamento no Brasil - RAD2024**. São Paulo, 2025. Disponível em: https://imazon.org.br/relatorios/relatorio-anual-do-desmatamento-no-brasil-rad2024?locale=pt_BR. Acesso em: 25 maio 2026.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Danos Sociais e econômicos decorrentes de desastres naturais em consequência de fenômenos meteorológicos no Brasil: 2010-2019**. [Organização Mozar de Araújo Salvador]. Brasília - DF, 2021.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas do Brasil: 1991-2020**. Edição Digital. Brasília - DF, 2022.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **El Niño 2024: boletim de junho**. Brasília - DF, 2024. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/el-ni%C3%B1o-2024-boletim-de-junho>. Acesso em: 15 maio 2026.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Ano de 2024 é o mais quente no Brasil desde 1961**. Brasília - DF, 2024. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/2024-%C3%A9-o-ano-mais-quente-da-s%C3%A9rie-hist%C3%B3rica-no-brasil>. Acesso em: 13 maio 2026.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais. **BDQueimadas - Banco de queimadas, 2024**. Disponível em: <https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/#graficos>. Acesso em: 22 maio 2025.

IPAM, Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia. **Dinâmicas do Fogo**. 2024. Disponível em: <https://ipam.org.br/cartilhas-ipam/foconofogo/> Acesso em: 30 julho 2026.

IPCC, 2023: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001

LATORRE, N. S. et al. **Impactos de Queimadas sobre Diferentes Tipos de Coberturas da Terra no Leste da Amazônia Legal Brasileira**. Revista Brasileira de Cartografia (2017), nº 69/1, Edição Especial Geotecnologia e Desastres Naturais. Rio de Janeiro, p.179-192, 2017.

LIMA, Ana laura. **Altas Temperaturas e Secas Severas Afetam Regiões Preservadas da Floresta Amazônica**. Embrapa, Brasília-DF, 2025. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/103524107/altas-temperaturas-e-secas-severas-afetam-regioes-preservadas-da-floresta-amazonica>. Acesso em: 20 maio 2026.

MAPBIOMAS. Nota Técnica: **Panorama do Fogo em Pastagem Plantadas no Brasil, 2024**. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2025/01/Nota_Tecnica_Fogo-e-Pastagem_2024-1.pdf. Acesso em: 27 maio 2026.

MARENGO, J. A.; SOUZA JR, C. **Mudanças Climáticas: impactos e cenários para a Amazônia**. Programa de Pós Graduação em Ciência Ambiental- USP. São Paulo, 2018.

MARTINS, G. et al. **Dinâmica Espaço-Temporal das Queimadas no Brasil no Período de 2003 a 2018**. Revista Brasileira de Geografia Física. v. 13, n.04, 2020.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília, 2012, 266p.

MIRANDA, E. E.; MORAES, A. V. C.; OSHIRO, O. T. **Queimadas em Áreas Protegidas da Amazônia em 2025**. Campinas, SP: Embrapa, 2006. 13p. Comunicado Técnico, 19.

MMA, Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Manejo Integrado do Fogo**. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/composicao/secd/manejo-integrado-do-fogo>. Acesso em 27 maio 2026.

MOURA, W. S. **Ciência, tecnologia e inovação no corpo de Bombeiros Militar do Tocantins** [livro eletrônico] : contribuições para o desenvolvimento profissional / [organização Wellington Sousa Moura]. Curitiba PR : Editora Reflexão Acadêmica, 2025.

NEPSTAD, D. C.; Moreira, A.; Alencar, A. A. 1999. **A Floresta em chamas: Origens, Impactos e Prevenção de Fogo na Amazônia**. Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil, Brasília, Brasil. 202p.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. Editora, Edgard Blucher. 4ª edição, São Paulo, 2010.

OMM, Organização Meteorológica Mundial. **A Organização Meteorológica Mundial confirma que 2024 foi o ano mais quente já registrado, superando os níveis pré-industriais em cerca de 1,55° C**. 2025. Disponível em: <https://wmo.int/es/media/news/la-organizacion-meteorologica-mundial-confirma-que-2024-fue-el-ano-mas-calido-jamas-registrado-al>. Acesso em: 14 maio 2026.

ONU, Organização das Nações Unidas. **El Niño Enfraquece, Mas Impactos Continúan**. 2024. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2024/03/1828657>. Acesso em: 16 maio 2026.

PEREIRA, M. C.; SETZER, A.W. **Monitoramento de queimadas na Amazônia Legal com Imagens AVHRR/NOAA-9, no Ano de 1987**. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, V SBSR, 1988, Natal, RN. p. 716-725. ISBN 987-85-17-000508.

SANTOS, D. et al. **Fatos da Amazônia: Edição Cop30**. [livro eletrônico]. Belém, PA: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia, 2025.

SANTOS, K. S.; Silva, D. D.; Guimarães, R. J. P. S. **Análise Multitemporal de Focos de Queimadas e Variável Climáticas, no Estado do Pará**. Revista Geogr. Acadêmica v. 14, n.1. Belém, p. 118-133, 2020.

SEMAS, Secretaria de Meio Ambiente, Clima e Sustentabilidade. **Anuário Climático do Estado do Pará**. Belém, PA: 2024, 33p. Disponível em: https://semas.pa.gov.br/hidromet/pages/anuario_climatologico. Acesso em : 01 janeiro 2026.

SEMAS, Secretaria de Meio Ambiente, Clima e Sustentabilidade. **Pará cria programa estadual para combater queimadas e incêndios florestais com foco em prevenção e integração**. Belém, PA: 2025. Disponível em: <https://www.semas.pa.gov.br/2025/06/18/para-cria-programa-estadual-para-combater-queimadas-e-incendios-florestais-com-foco-em-prevencao-e-integracao/>. Acesso em : 18 de maio 2026.

SEMAS, Secretaria de Meio Ambiente, Clima e Sustentabilidade. **Pará registra queda de 74% dos focos de queimadas em julho de 2025**. Belém, PA: 2025. Disponível em: <https://www.semas.pa.gov.br/2025/08/11/para-registra-queda-de-74-dos-focos-de-queimadas-em-julho-de-2025/>. Acesso em : 15 de maio 2026.

SETZER, A.W.; FERREIRA, N. J. **Queimadas e incêndios florestais: mediante monitoramento orbital**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2021.

SODRÉ, G.R.C. et al. **Cálculos de Risco e detecção de Queimadas: Uma Análise da Amazônia Oriental**. Revista Brasileira de Ciências Ambientais. n.49, p. 1-14, 2018.

WAND, M.P.; JONES, M.C. **Kernel Smoothing**. New York: Chapman & Hall/CRC, 1995.

WORLDCLIM. Dados históricos mensais do tempo, 2024. Disponível em: [Historical monthly weather data — WorldClim 1 documentation](#). Acesso em: 10 fevereiro 2026.