



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA (DEPA)
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

JOÃO VICTOR ESTOLANO DA SILVA

**ANÁLISE COMPARATIVA DAS DINÂMICAS AMBIENTAIS PÓS FREQUÊNCIA
DE FOGO NAS MESORREGIÕES SERTÃO E SÃO
FRANCISCO PERNAMBUCANO: Análise geoespacial e estudo de caso dos municípios de
Triunfo e Cabrobó (2000-2022)**

Recife-PE

2025

JOÃO VICTOR ESTOLANO DA SILVA

**ANÁLISE COMPARATIVA DAS DINÂMICAS AMBIENTAIS PÓS FREQUÊNCIA
DE FOGO NAS MESORREGIÕES SERTÃO E SÃO**

FRANCISCO PERNAMBUCANO: Análise geoespacial e estudo de caso dos municípios de
Triunfo e Cabrobó (2000-2022)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental
da Universidade Federal Rural de
Pernambuco, como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharelado em
Engenharia Agrícola e Ambiental

Orientadora: Cristina Rodrigues Nascimento

Recife-PE

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Suely Manzi – CRB-4 809

S586a Silva, João Victor Estolano da.
Análise comparativa das dinâmicas ambientais pós frequência de fogo nas mesorregiões sertão e São Francisco Pernambucano: análise geoespacial e estudo de caso dos municípios de Triunfo e Cabrobó (2000-2022) / João Victor Estolano da Silva. – Recife, 2025.
52 f.; il.

Orientador(a): Cristina Rodrigues Nascimento.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Engenharia Agrícola e Ambiental, Recife, BR-PE, 2026.

Inclui referências.

1. Fogo. 2. Solo rural - Uso. 3. Queimada - Pernambuco. 4. Prevenção de incêndios 5. Caatinga.
I. Nascimento, Cristina Rodrigues, orient. II. Título

JOÃO VICTOR ESTOLANO DA SILVA

**ANÁLISE COMPARATIVA DAS DINÂMICAS AMBIENTAIS PÓS FREQUÊNCIA
DE FOGO NAS MESORREGIÕES SERTÃO E SÃO**

FRANCISCO PERNAMBUCANO: Análise geoespacial e estudo de caso dos municípios de
Triunfo e Cabrobó (2000-2022)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental
da Universidade Federal Rural de
Pernambuco, como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharelado em
Engenharia Agrícola e Ambiental.

Aprovado em: 17/12/2025

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Cristina Rodrigues Nascimento (Orientadora)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Geber Barbosa de Albuquerque (Examinador Interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

M.^a Lúcia de Oliveira Bahia (Examinador Interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Ao olhar para tudo que vivi até aqui, percebo que minha trajetória na graduação foi marcada por desafios que, por muitas vezes, pareciam maiores do que eu. Mas sempre havia uma frase ecoando dentro de mim: *“o segredo para o desenvolvimento pessoal está fora da sua zona de conforto”*. E foi exatamente fora dessa zona, que eu mais cresci. Hoje, estar escrevendo estes agradecimentos é a prova de que persistir valeu a pena. Não foi fácil, e talvez por isso seja tão especial. Mas, acima de tudo, é impossível dizer que cheguei até aqui sozinho.

Agradeço primeiramente a Deus, que guiou meus passos com uma precisão que eu jamais conseguiria compreender, muito menos reproduzir. Foi ele quem abriu caminhos onde eu via muros, quem colocou pessoas certas nos momentos mais difíceis e quem me sustentou quando minhas forças falharam. Nada disso seria possível sem ele, absolutamente nada.

Agradeço à minha família, meu porto seguro, minha base, minha história. Minha mãe, meu pai, minha tia, minha avó e todos aqueles que deixaram uma marca no meu caminho. Vocês me deram apoio quando eu duvidei, confiaram em mim quando eu não conseguia acreditar, e celebraram minhas pequenas vitórias como se fossem gigantes. Em 2020, sem saber, eu estava iniciando uma jornada que mudaria minha vida. Hoje, prestes a encerrá-la, percebo que aquele menino que entrou na universidade cheio de incertezas jamais imaginaria o quanto aprenderia, o quanto amadureceria e o quanto longe chegaria.

Há uma frase que me acompanha e me emociona toda vez que a lembro: *“O ontem é história, o amanhã é mistério, mas o hoje é uma dádiva e por isso se chama presente”*, dita em um simples desenho animado. Ela me ensinou a valorizar cada detalhe da caminhada. E que presente foi esta jornada. Tive o privilégio de conhecer pessoas que transformaram dias difíceis em força e dias bons em memórias inesquecíveis. Colegas e professores que caminharam comigo, que vibraram com minhas conquistas e me levantaram nos tropeços. Em especial a minha orientadora Cristina, que ao longo de dois anos, ela foi mais que uma orientadora, foi inspiração, foi guia e foi apoio e sou profundamente grato por tudo que aprendi com você, professora.

Sou imensamente grato também ao PET AgroEnergia, que se tornou uma das experiências mais marcantes da minha vida acadêmica. Durante três anos, o programa não apenas me ensinou, mas me moldou. Me tornou mais forte, mais disciplinado, mais resiliente. À minha tutora, Cristiane Guiselini, registro um agradecimento especial. Obrigado por enxergar potencial em mim antes mesmo que eu enxergasse. Obrigado por cada orientação, cada palavra de incentivo e cada puxão de orelha necessário.

Encerrando, deixo uma frase de Nelson Mandela, que fez parte do meu sonho de entrar em uma universidade federal e hoje me permite concluí-la: *“A educação é a arma mais poderosa que o ser humano tem para mudar o mundo”*. Que cada um que estiver lendo isso nunca deixe de acreditar no próprio caminho. Lutem pelos sonhos, enfrentem os medos, sigam firmes, porque, mesmo quando parece impossível, já está dando certo.

Obrigado, de todo o coração!

RESUMO

Este estudo analisou a dinâmica das queimadas e as mudanças no uso e cobertura do solo no bioma Caatinga entre 2000 e 2022, utilizando como referência dois municípios de mesorregiões distintas de Pernambuco, Triunfo na mesorregião Sertão de Pernambuco, e Cabrobó, no São Francisco Pernambucano, selecionados por apresentarem áreas específicas com recorrência significativa de focos de calor. Em Triunfo, verificou-se uma região com aumento expressivo da frequência de fogo entre 2000–2005 e 2005–2010, atingindo classes elevadas de recorrência (4 e 5), o que contribuiu para uma drástica redução de 64,46% das áreas de formação florestal, acompanhada pela expansão de formações savânicas, campestres e pastagens. Apesar de, a partir de 2010 não terem sido registradas queimadas de alta frequência, o município continuou a apresentar eventos de fogo, porém em classes inferiores, refletindo um processo contínuo de pressão ambiental. Em contraste, o município de Cabrobó apresentou sinais evidentes de reorganização ecológica e regeneração da paisagem, com aumento de cobertura savânica, substituição de áreas degradadas por novos mosaicos de uso e, de forma marcante, uma expansão de aproximadamente 2684% da área de corpos hídricos. Essa recuperação hídrica e vegetativa está associada não apenas às mudanças no uso do solo, mas também à influência direta do Vale do São Francisco e da represa de Terra Nova, que funcionam como importantes moduladores da disponibilidade de água e da estabilidade ecológica local. Embora ambos os municípios pertençam ao mesmo bioma, os resultados evidenciam trajetórias contrastantes, determinadas pela intensidade da ação antrópica, pela estrutura do relevo e pelos recursos hídricos disponíveis, reforçando a necessidade de estratégias de manejo integradas e específicas para cada contexto ambiental dentro do semiárido pernambucano.

Palavras-chave: Frequência de fogo, Mapa de uso e cobertura do solo, Queimadas

ABSTRACT

This study analyzed the dynamics of wildfires and changes in land use and land cover in the Caatinga biome between 2000 and 2022, using as a reference two municipalities from distinct mesoregions of Pernambuco: Triunfo, in the Sertão de Pernambuco mesoregion, and Cabrobó, in the São Francisco Pernambucano mesoregion. These municipalities were selected because they presented specific areas with a significant recurrence of hotspots. In Triunfo, a region with a significant increase in fire frequency was observed between 2000–2005 and 2005–2010, reaching high recurrence classes (4 and 5). This contributed to a drastic reduction of 64,46% in forest formation areas, accompanied by the expansion of savannah, grassland, and pasture formations. Although no high-frequency wildfires were recorded from 2010 onwards, the municipality continued to experience fire events, albeit in lower classes, reflecting a continuous process of environmental pressure. In contrast, the municipality of Cabrobó showed clear signs of ecological reorganization and landscape regeneration, with increased savanna cover, replacement of degraded areas with new land-use mosaics, and, notably, an expansion of approximately 2684% in the area of water bodies. This water and vegetation recovery is associated not only with changes in land use but also with the direct influence of the São Francisco Valley and the Terra Nova dam, which act as important modulators of water availability and local ecological stability. Although both municipalities belong to the same biome, the results show contrasting trajectories, determined by the intensity of human activity, the structure of the relief, and the available water resources, reinforcing the need for integrated and specific management strategies for each environmental context within the semi-arid region of Pernambuco.

Keywords: Fire frequency, Land use and land cover map, Burnings

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização espacial da área de estudo, no qual destaca os municípios que integram as mesorregiões do Sertão e São Francisco Pernambucano.....	19
Figura 2 - Mapa de área queimada nas regiões brasileiros (1985-2024).....	21
Figura 3 - Mapa de evolução anual da cobertura e uso da terra no Brasil (1985-2024).....	23
Figura 4 - Gráfico da distribuição temporal da precipitação média mensal da série temporal de 2001 a 2021 dos municípios analisados.....	25
Figura 5 - Mapa comparativo de frequência de fogo nas mesorregiões Sertão e São Francisco Pernambucano (2000-2022).....	35
Figura 6 - Mapa comparativo de uso e cobertura do solo das mesorregiões Sertão e São Francisco (2000 e 2022).....	36
Figura 7 - Mapa comparativo de frequência de fogo no município de Triunfo-PE.....	39
Figura 8 - Mapa comparativo de frequência de fogo de classes 04, 05 e 06 na área do município de Triunfo (2000-2022).....	40
Figura 9 - Mapa comparativo de uso e cobertura do solo na área do município de Triunfo.....	41
Figura 10 - Mapa de distribuição espacial das queimadas no município de Cabrobó.....	43
Figura 11. Mapa de uso e cobertura do solo no município de Cabrobó-PE (2000-2022).....	43
Figura 12 - Mapa comparativo de frequência de fogo de classes 04, 05 e 06 na área do município de Cabrobó-PE.....	44
Figura 13 - Mapa comparativo de uso e cobertura do solo na área do município de Cabrobó-PE.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Média climatológica dos valores de precipitação dos municípios analisados.....	26
Tabela 2 - Classificação a partir da técnica de Quantis da série temporal de 2010 a 2021.....	27
Tabela 3 - Incidências de Focos de Calor por município e data de ocorrência.....	29
Tabela 4 - Temperatura do ar máxima por município afetado pela queima.....	33
Tabela 5 - Municípios com maior incidência de focos de calor.....	37
Tabela 6 - Variação do uso e cobertura do solo da área de estudo em Cabrobó (2000–2022).....	45

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
2.1 O Bioma Caatinga e a Vulnerabilidade à Dinâmica do Fogo.....	14
2.2 O Paradigma da Análise Geoespacial: Detecção, Mapeamento e Monitoramento.....	14
2.2.1 Detecção de Fogo e Mapeamento de Áreas Queimadas.....	15
2.2.2 O Papel Central dos Índices Espectrais e Análise Estatística.....	15
2.3 Regeneração, Resiliência e Fatores Moduladores da Paisagem.....	16
2.3.1 Mudanças no Uso e Cobertura da Terra (LULC) e Pressão Antrópica.....	16
2.3.2 O Papel dos Recursos Hídricos e a Relação Clima-Fogo.....	17
2.4 Lacunas de Pesquisa e Perspectivas Futuras.....	17
3. OBJETIVOS.....	18
3.1 Objetivo Geral.....	18
3.2 Objetivos Específicos.....	18
4. METODOLOGIA.....	18
4.1 Área de estudo.....	19
4.2 Dados Climáticos.....	20
4.3 Coleta de Dados de Frequência de Fogo.....	20
4.4 Análise Geoespacial da frequência de fogo.....	21
4.5 Análise da Cobertura do Solo e Uso da Terra.....	22
4.6 Identificação de áreas com menor e maior potencial de queima.....	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
5.1 Caracterização Climática das Mesorregiões.....	24
5.2 Distribuição Espacial da Frequência de Fogo no Sertão e São Francisco.....	34
5.3 Análise Geral do Mapa de Uso da Cobertura do Solo no Sertão e São Francisco.....	36
5.4 Análise dos municípios com maior ocorrência de focos de calor.....	37
5.5 Análise Comparativa das Trajetórias de Cobertura do Solo (2000-2022).....	38
5.5.1 Estudo de Caso 1: Triunfo – Degradação Ambiental e Expansão do Fogo.....	38
5.5.2 Estudo de Caso 2: Cabrobó – Recuperação Vegetal e Corpos Hídricos.....	42
6. CONCLUSÃO.....	47
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48

1. INTRODUÇÃO

O uso do fogo como técnica de manejo agropecuário no Brasil constitui uma prática histórica profundamente enraizada na cultura rural, servindo tanto para a limpeza de áreas de cultivo quanto para o controle de pragas e a expansão de pastagens (Eloy, 2021; Lima *et al.*, 2021). Como destaca Weise (2014), as queimadas representam processos complexos de combustão da biomassa vegetal, podendo ser desencadeados tanto por ações antrópicas quanto por fenômenos naturais. Embora esta prática tenha desempenhado papel fundamental na evolução das plantas e na configuração das savanas tropicais (Eloy, 2021), seu uso indiscriminado tem levado a impactos ambientais crescentes, incluindo perda de biodiversidade, aceleração dos processos erosivos e degradação dos solos (Silva *et al.*, 2018; Benfca *et al.*, 2021; Lima e Vieira Junior, 2022).

Além disso, os impactos decorrentes das queimadas são amplos e muitas vezes comprometem a capacidade natural de regeneração e de reorganização da paisagem, sobretudo em ambientes caracterizados por clima seco e alta irregularidade pluviométrica. Nas mesorregiões do Sertão e do São Francisco Pernambucano, onde predomina o bioma Caatinga, essas condições se intensificam, tornando o ambiente particularmente suscetível à ocorrência e recorrência de incêndios (Gouveia *et al.*, 2021).

Nesse contexto, torna-se ainda mais evidente a necessidade de fortalecimento da educação ambiental, especialmente diante de desafios globais como a intensificação do aquecimento planetário e o agravamento de processos de degradação ambiental. A temática ambiental ocupa posição central nas agendas internacionais, e a educação ambiental desempenha papel essencial ao capacitar a sociedade para compreender os efeitos negativos do uso inadequado dos recursos naturais, bem como das queimadas, incêndios e da poluição sobre os ecossistemas e a qualidade de vida humana (Duarte, 2021).

No contexto específico do semiárido brasileiro, particularmente na mesorregião do Sertão Pernambucano, a combinação do bioma Caatinga com condições climáticas marcadas por alta variabilidade pluviométrica e prolongados períodos de seca cria um ambiente singularmente vulnerável às queimadas (Gouveia *et al.*, 2021). Como observam Gácita *et al.* (2017) e Santos *et al.* (2018), durante a estação seca, a abundância de material combustível seco potencializa a intensidade e extensão dos incêndios, com consequências ecossistêmicas muitas vezes irreversíveis. Esta vulnerabilidade é agravada pelas mudanças nos padrões de uso da terra, onde a conversão de áreas naturais para atividades agropecuárias têm alterado significativamente a dinâmica do fogo na região (Zhou *et al.*, 2019; Machado-Silva *et al.*, 2020).

Em contrapartida, a disponibilidade e a gestão dos recursos hídricos na mesorregião do São Francisco, desempenham papel fundamental para a sustentabilidade dos ecossistemas e o desenvolvimento socioeconômico em regiões semiáridas. O Rio São Francisco, atua como um verdadeiro regulador ambiental, influenciando microclimas locais e promovendo maior estabilidade ecológica, especialmente na Caatinga, ao garantir fluxos hídricos mesmo em períodos de estiagem prolongada (Mescolotti, *et al.*, 2021).

A presença de grandes reservatórios, como a Represa Terra Nova, amplia a oferta de água para múltiplos usos, irrigação, abastecimento e geração de energia, mitigando os efeitos da variabilidade climática e favorecendo a resiliência da vegetação frente ao déficit hídrico (Marques, *et al.*, 2019). Além disso, a umidade adicional proporcionada por rios e reservatórios contribui para a manutenção de microclimas mais amenos e para o aumento da produtividade agrícola, reforçando a importância estratégica desses recursos para a adaptação e o equilíbrio ambiental em ambientes semiáridos (Jardim, *et al.*, 2022).

As políticas públicas de prevenção e controle do fogo no Brasil, como o Plano Nacional de Manejo e Controle do Fogo (PNMC), desempenham papel fundamental na mitigação dos impactos ambientais, sociais e econômicos causados pelos incêndios florestais. A elaboração e implementação de planos de prevenção a incêndios, que envolvem desde a capacitação de brigadas especializadas até a integração de diferentes esferas governamentais e comunidades locais, são essenciais para reduzir a ocorrência e a intensidade dos eventos de fogo (Santos, *et al.*, 2021)

Com isso, o monitoramento sistemático desses eventos por meio de sensoriamento remoto tem se mostrado uma ferramenta indispensável para a compreensão de sua dinâmica espaço-temporal (Sales *et al.*, 2019; Fruehauf *et al.*, 2022). Conforme destacado por Qiu (2021) e Machado Neto *et al.* (2023), as técnicas de sensoriamento remoto permitem a identificação de áreas queimadas através da análise de assinaturas espectrais características, possibilitando tanto o mapeamento das áreas afetadas quanto a quantificação dos processos de regeneração subsequentes. A abordagem multitemporal, que combina índices de vegetação com análise sequencial de imagens (Lotufo *et al.*, 2020; Pachêco & Silva Júnior, 2021), tem se mostrado particularmente eficaz para distinguir entre diferentes graus de severidade das queimadas e seus impactos na cobertura vegetal (Zhou *et al.*, 2019; Santos *et al.*, 2020).

Neste cenário, o advento de plataformas computacionais como o *Google Earth Engine* (GEE) transformou a análise geoespacial ao disponibilizar processamento em nuvem para grandes volumes de dados (Cavalcante et al., 2020; Yang et al., 2022). Como apontam Teixeira (2020) e Carvalho et al. (2021), essa plataforma possibilita a aplicação de algoritmos avançados para a análise temporal de séries históricas de imagens de satélite, permitindo identificar padrões espaciais, tendências interanuais e áreas de maior incidência de fogo. Essa capacidade é especialmente relevante para regiões semiáridas, cuja dinâmica das queimadas apresenta forte sazonalidade e elevada variabilidade interanual (Gouveia et al., 2021). Nesse contexto, a compreensão da frequência de área queimada torna-se essencial, pois se trata de um indicador robusto da recorrência do fogo em um mesmo local ao longo do tempo, amplamente utilizado em estudos ambientais, avaliação de impactos e planejamento de ações de manejo (Alencar, et al., 2022).

Como componente integrador deste sistema analítico, o MapBiomas tem produzido séries históricas anuais de uso e cobertura do solo para todo o território brasileiro (Souza Jr et al., 2020; MAPBIOMAS, 2021). Estes produtos, conforme destacam Cruz & Cruz (2021) e Molena et al. (2021), permitem correlacionar os padrões de queimadas com as mudanças na paisagem ao longo do tempo, identificando tanto áreas de degradação persistente quanto processos naturais de regeneração. A integração destas diferentes fontes de dados, sensoriamento remoto, plataformas de processamento em nuvem e mapeamento de uso da terra, possibilita uma abordagem abrangente para entender a complexa relação entre fogo, clima e atividades humanas no semiárido nordestino (Gouveia & Nascimento, 2022a).

Neste contexto, o presente estudo se justifica pela necessidade de compreender, de forma integrada, os padrões espaço-temporais das queimadas e seus impactos sobre processos de desertificação e regeneração vegetal no semiárido pernambucano. Para isso, foram selecionados dois municípios representativos de mesorregiões diferentes, Triunfo, no Sertão, e Cabrobó, no São Francisco, ambos inseridos no bioma Caatinga, e apresentando índices de frequências de fogo elevados, porém submetidos a pressões antrópicas distintas, condições climáticas contrastantes e diferentes disponibilidades hídricas, especialmente devido à influência do Vale do São Francisco. A comparação entre esses dois contextos permite avaliar como fatores ambientais e socioeconômicos modulam a dinâmica do fogo e a capacidade de recuperação da paisagem. Assim, a abordagem proposta, que integra análises climáticas, geoespaciais e de uso da terra, busca gerar subsídios científicos que contribuam para estratégias de manejo mais eficazes e específicas às realidades locais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O Bioma Caatinga e a Vulnerabilidade à Dinâmica do Fogo

O Bioma Caatinga, exclusivo do Brasil, é a maior e mais contínua extensão de Floresta Tropical Sazonalmente Seca (FTSS) da América do Sul (Silva *et al.*, 2025; Nogueira *et al.*, 2017). Sua vegetação xerófila, adaptada à escassez hídrica, confere-lhe uma resiliência única, mas também uma vulnerabilidade acentuada às pressões antrópicas e climáticas (Silva Juvanhol; Miranda, 2023; Silva Junior; & Pacheco, 2021). A Caatinga é um dos ecossistemas mais ameaçados, e sua fragilidade é exacerbada pelo uso histórico e indiscriminado do fogo como ferramenta de manejo agropecuário (Santos *et al.*, 2023; Nogueira *et al.*, 2017).

O fogo atua como um agente de perturbação primário, com consequências que vão desde a perda de biodiversidade e a aceleração da erosão do solo até a degradação sistêmica da paisagem (Nogueira *et al.*, 2017; Silva Junior; & Pacheco, 2021). A dinâmica do fogo está intrinsecamente ligada à sazonalidade climática, onde a estação seca transforma a biomassa decídua em um combustível altamente inflamável, potencializando a intensidade e a extensão dos incêndios (Nogueira *et al.*, 2025). Estudos indicam que a maior ocorrência de áreas queimadas na Caatinga se concentra nos meses de agosto, setembro e outubro, período de auge da estiagem (Silva Juvanhol; Miranda, 2023)

A recorrência do fogo é um fator crítico de degradação. A queima repetida em um mesmo local, observada com maior frequência entre maio e dezembro, compromete a capacidade natural de regeneração do bioma, levando a uma degradação sistemática que aumenta a fragilidade da Caatinga (Silva Juvanhol; Miranda, 2023) .

2.2 O Paradigma da Análise Geoespacial: Detecção, Mapeamento e Monitoramento

A complexidade da dinâmica do fogo e das mudanças ambientais na Caatinga exige o uso de ferramentas robustas de monitoramento. Nesse contexto, a Análise Geoespacial e o Sensoriamento Remoto emergem como os temas mais estudados e metodologicamente consolidados, sendo essenciais para a detecção, o dimensionamento e a compreensão da dinâmica espaço-temporal do fogo e seus efeitos na cobertura vegetal (Silva Juvanhol; Miranda, 2023; Santos *et al.*, 2023; Santiago *et al.*, 2023).

2.2.1 Detecção de Fogo e Mapeamento de Áreas Queimadas

A detecção de eventos de fogo é realizada por meio da identificação de focos de calor (hotspots) por sensores termais, como os utilizados pelo Programa Queimadas do INPE (Santos *et al.*, 2023; Santiago *et al.*, 2023). Um foco de calor é um indicativo de evento de queima, registrado quando a temperatura excede 47°C em uma área mínima de 900m² (Santos *et al.*, 2023). A análise da distribuição desses focos é crucial para identificar áreas de maior pressão antrópica e vulnerabilidade (Santiago *et al.*, 2023).

Para o mapeamento de áreas queimadas (cicatrices de fogo) em longas séries temporais, o produto MODIS MCD64A1 é a principal referência, fornecendo informações sobre a extensão espacial e a data aproximada da queima de biomassa em escala de bioma (Silva *et al.*, 2025; Silva Juvanhol; Miranda, 2023). O MODIS, com sua alta resolução temporal, é fundamental para o monitoramento da superfície terrestre e das modificações da paisagem em relação à presença do fogo (Silva Juvanhol; Miranda, 2023).

2.2.2 O Papel Central dos Índices Espectrais e Análise Estatística

A quantificação dos efeitos do fogo e da recuperação da vegetação é realizada predominantemente através de índices espectrais, que constituem o núcleo da análise metodológica nos estudos revisados.

- Normalized Burn Ratio (NBR): Este índice é o principal indicador para avaliar a severidade do fogo e mapear as áreas queimadas, utilizando as bandas do infravermelho próximo (NIR) e do infravermelho de onda curta (SWIR) (Nogueira *et al.*, 2025)
- Índices de Vigor Vegetativo (NDVI, EVI, SAVI): O NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) e o EVI (Enhanced Vegetation Index) são métricas essenciais para monitorar o vigor vegetativo e a regeneração pós-fogo (Silva *et al.*, 2025; Silva Junior; & Pacheco, 2021). O EVI é particularmente valorizado por minimizar os problemas de saturação e interferência do solo e da atmosfera, sendo mais sensível às variações estruturais do dossel (Silva Junior; & Pacheco, 2021). A aplicação desses índices, em conjunto com técnicas de Análise por Componentes Principais (PCA) e Regressão Linear, permite diagnósticos robustos sobre o comportamento espectral da vegetação nativa exposta a eventos de incêndio (Silva Junior; & Pacheco, 2021)

2.3 Regeneração, Resiliência e Fatores Moduladores da Paisagem

A capacidade de regeneração da Caatinga é um indicador de sua resiliência. Estudos demonstram que a recuperação da vegetação pode ser relativamente rápida em fragmentos menores de áreas queimadas (Silva *et al.*, 2025; Silva Junior & Pacheco, 2021). Em uma análise de 19 anos, a maioria dos fragmentos queimados demonstrou regeneração e manutenção do vigor vegetativo no ano subsequente ao evento, considerando uma taxa de 80% de recuperação do NDVI pré-queima (Silva *et al.*, 2025).

2.3.1 Mudanças no Uso e Cobertura da Terra (LULC) e Pressão Antrópica

A análise de LULC, frequentemente realizada com dados do MapBiomas, é vital para entender a conversão de áreas naturais para atividades agropecuárias, que é um vetor de degradação e um fator que altera a dinâmica do fogo (Santos *et al.*, 2023). A expansão de atividades agrícolas e pastagens, mesmo em zonas de amortecimento de Unidades de Conservação, demonstra a forte influência da ação humana na propagação do fogo (Santos *et al.*, 2023). Em áreas de conservação, por exemplo, observou-se um aumento da classe de atividades agrícolas na zona de amortecimento e um deslocamento dos focos de calor da área central do parque para as regiões periféricas, indicando a pressão antrópica (Santos *et al.*, 2023).

A relação entre pressão antrópica, uso do fogo como técnica de manejo agropecuário e degradação ambiental é amplamente discutida na literatura científica. Diversos estudos destacam que a intensificação das atividades humanas, como a conversão de áreas naturais para agricultura, o manejo inadequado do solo e o uso recorrente do fogo, são fatores centrais para a degradação dos ecossistemas, especialmente em regiões semiáridas e mediterrâneas (Smith *et al.*, 2016). O uso tradicional do fogo, embora culturalmente enraizado, pode agravar processos de erosão, perda de biodiversidade e degradação dos solos quando realizado de forma indiscriminada. Além disso, a alteração dos regimes naturais de fogo e a intensificação das queimadas estão associadas ao aumento da vulnerabilidade ambiental e à recorrência de incêndios, criando ciclos de degradação contínua. Estudos também apontam que a gestão inadequada do fogo e a pressão antrópica dificultam a regeneração de áreas degradadas e comprometem a resiliência dos ecossistemas (Bowman *et al.*, 2020).

2.3.2 O Papel dos Recursos Hídricos e a Relação Clima-Fogo

A disponibilidade hídrica é um fator determinante na vulnerabilidade ao fogo. O contraste entre áreas de degradação contínua e regiões que apresentam recuperação hídrica e expansão de corpos d'água (como o Vale do São Francisco e seus reservatórios) sugere que os recursos hídricos atuam como importantes moduladores da estabilidade ecológica (Nogueira *et al.*, 2017).

A relação entre seca e área queimada é complexa e bioma-específica. Embora índices de seca sejam amplamente utilizados para prever o perigo de incêndio, a acurácia desses modelos é menor na Caatinga em comparação com outros biomas como Amazônia e Cerrado (Nogueira *et al.*, 2017). Isso sugere que a dinâmica do fogo na Caatinga é menos correlacionada com índices de seca globais e mais influenciada por fatores locais, como a disponibilidade de combustível fino e a pressão antrópica (Nogueira *et al.*, 2017).

2.4 Lacunas de Pesquisa e Perspectivas Futuras

Apesar da robustez dos estudos em Sensoriamento Remoto, a análise da literatura revela importantes lacunas de pesquisa que podem guiar trabalhos futuros:

1. Mecanismos Ecológicos de Regeneração: A necessidade de ir além das métricas de vigor vegetativo (NDVI, EVI) para investigar os mecanismos ecológicos e fisiológicos que governam a resiliência da Caatinga, incluindo a análise da composição florística e da estrutura da vegetação;
2. Modelagem Preditiva Específica: A baixa acurácia dos índices de perigo de incêndio globais na Caatinga indica a necessidade de desenvolver modelos preditivos de risco de fogo que integrem variáveis climáticas, topográficas e antrópicas específicas para o semiárido (Nogueira *et al.*, 2017);
3. Fatores Socioeconômicos da Ignição: A falta de detalhamento dos fatores socioeconômicos e culturais que motivam a prática da queima, sendo necessário focar em levantamentos socioeconômicos para identificar os motivadores e a percepção de risco nas comunidades rurais;
4. Análise de Alta Resolução e Variabilidade: A aplicação de dados de altíssima resolução espacial (e.g., drones) para mapeamento detalhado das cicatrizes de fogo e validação dos resultados de satélite de menor resolução é uma área promissora.

Além disso, a análise da variabilidade temporal e espacial da vegetação, utilizando métricas fenológicas (como o Coeficiente de Variação do Início da Estação de Crescimento - CV_SOS), pode ser usada para identificar áreas prioritárias para conservação e monitoramento, oferecendo uma nova perspectiva para a gestão do espaço (Ferreira *et al.*, 2025).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Analisar a dinâmica espaço-temporal das queimadas e seus efeitos sobre os processos de degradação e regeneração da paisagem nas mesorregiões do Sertão e do São Francisco Pernambucano, entre 2000 e 2022, por meio da comparação entre os municípios de Triunfo e Cabrobó.

3.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar as condições climáticas das mesorregiões do Sertão e São Francisco Pernambucano, identificando os meses de maior susceptibilidade aos incêndios.
- Mapear e quantificar a frequência de fogo nos municípios selecionados ao longo de quatro períodos (2000–2005, 2005–2010, 2010–2015 e 2015–2022), utilizando dados do MapBiomas Fogo e do Google Earth Engine;
- Reclassificar e comparar as mudanças no uso e cobertura do solo entre 2000 e 2022 em Triunfo (Sertão) e Cabrobó (São Francisco), identificando classes mais impactadas e padrões de transformação da paisagem, utilizando o Qgis;
- Investigar os processos de regeneração vegetal, destacando fatores ambientais que contribuem para a recuperação.

4. METODOLOGIA

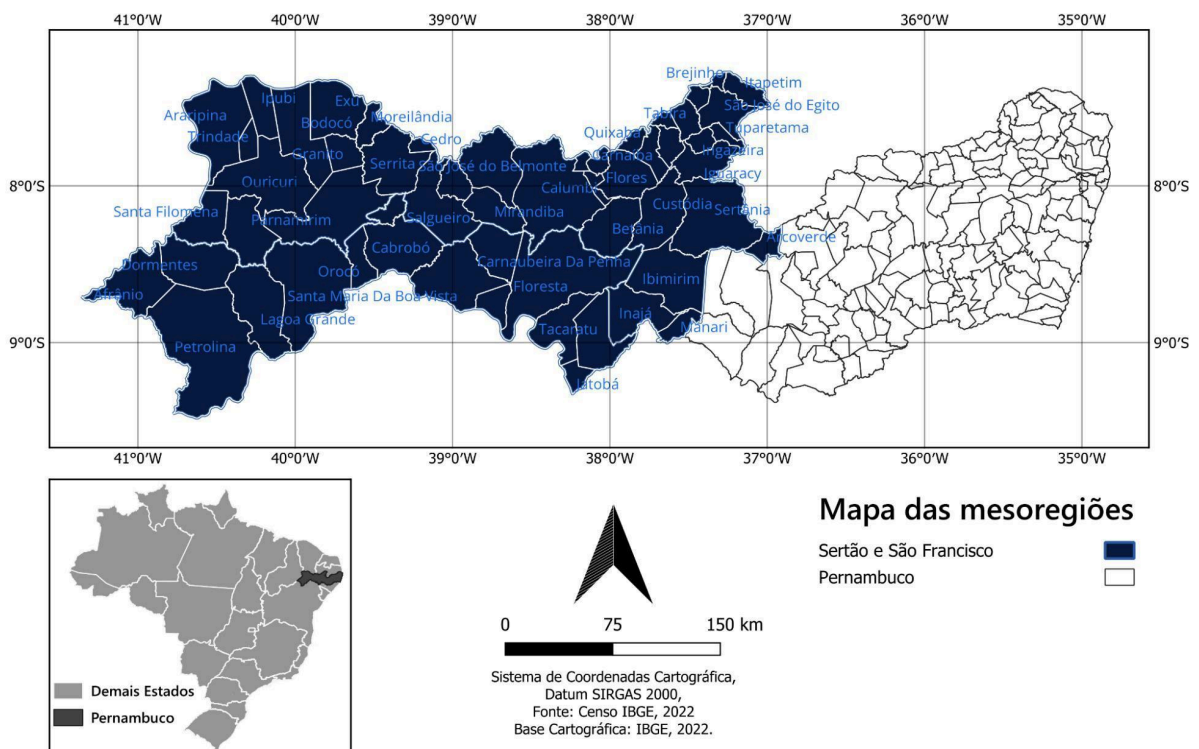
O desenvolvimento deste estudo foi dividido em etapas sucessivas, que englobam a coleta e organização dos dados de frequência de fogo, a análise geoespacial dessas informações, a avaliação da cobertura e uso do solo nas áreas afetadas e, por fim, a identificação de regiões com diferentes potenciais de queima. Cada uma dessas etapas é apresentada a seguir, descrevendo os procedimentos adotados e as ferramentas utilizadas para o processamento, integração e interpretação dos dados geoespaciais.

4.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido nas mesorregiões do Sertão e do São Francisco Pernambucano, que juntas correspondem a aproximadamente 70% de todo o território estadual. Essas mesorregiões são subdivididas em seis microrregiões: Araripina, Salgueiro, Pajeú, Moxotó, Petrolina e Itaparica. De maneira geral, a economia da maioria dos municípios se baseia na pecuária e no cultivo de culturas de subsistência. Entre eles, Petrolina se destaca como um importante pólo frutícola de relevância internacional, impulsionado pela irrigação proveniente do Rio São Francisco.

Apesar do potencial econômico localizado, a área de estudo está entre as mais vulneráveis aos impactos do clima semiárido nordestino. As mesorregiões são historicamente afetadas por longos períodos de estiagem, com precipitação média anual variando entre 500 e 700 milímetros, concentrada apenas de janeiro a abril (IBGE, 2022). Essa irregularidade pluviométrica torna o ambiente singularmente suscetível a eventos climáticos extremos e processos de degradação, como desertificação e a ocorrência de queimadas.

Figura 1 - Localização espacial da área de estudo, no qual destaca os municípios que integram as mesorregiões do Sertão e São Francisco Pernambucano.



Fonte: Autor, 2025

4.2 Dados Climáticos

Para a caracterização climática da região, e diante da indisponibilidade de uma série histórica contínua de 30 anos (normal climatológica), optou-se por utilizar um período de 20 anos de dados (2001–2021). Foram analisados os dados de precipitação total anual dos municípios de Ouricuri, Salgueiro, Serra Talhada, Custódia, Arcoverde, Petrolina, Santa Maria da Boa Vista, Cabrobó, Floresta e Tacaratu. As séries históricas foram obtidas junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e ao Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (AGRITEMPO).

A fim de classificar a pluviosidade anual, foi aplicada a técnica estatística de Quantis, baseada na metodologia de Monteiro et al. (2012). Esta técnica permite dividir um conjunto de dados ordenados (neste caso, os totais de chuva de cada ano) em faixas com frequências iguais.

Para este estudo, a série de 20 anos (2001-2021) foi utilizada para estabelecer dois pontos de corte: o Quantil 0,33 ($Q_{0,33}$) e o Quantil 0,66 ($Q_{0,66}$). O objetivo foi delimitar três faixas de classificação com probabilidades equivalentes (33,3% cada): SECO (S), NORMAL (N) e CHUVOSO (C).

Dessa forma, um ano ‘ α ’ qualquer, com uma precipitação total $X\alpha$, foi classificado de acordo com as seguintes regras:

- **SECO:** quando $X\alpha \leq Q_{0,33}$ (o ano está entre os 33% mais secos da série histórica);
- **NORMAL:** quando $Q_{0,33} < X\alpha < Q_{0,66}$ (o ano está na faixa intermediária de 33%);
- **CHUVOSO:** quando $X\alpha \geq Q_{0,66}$ (o ano está entre os 33% mais chuvosos da série).

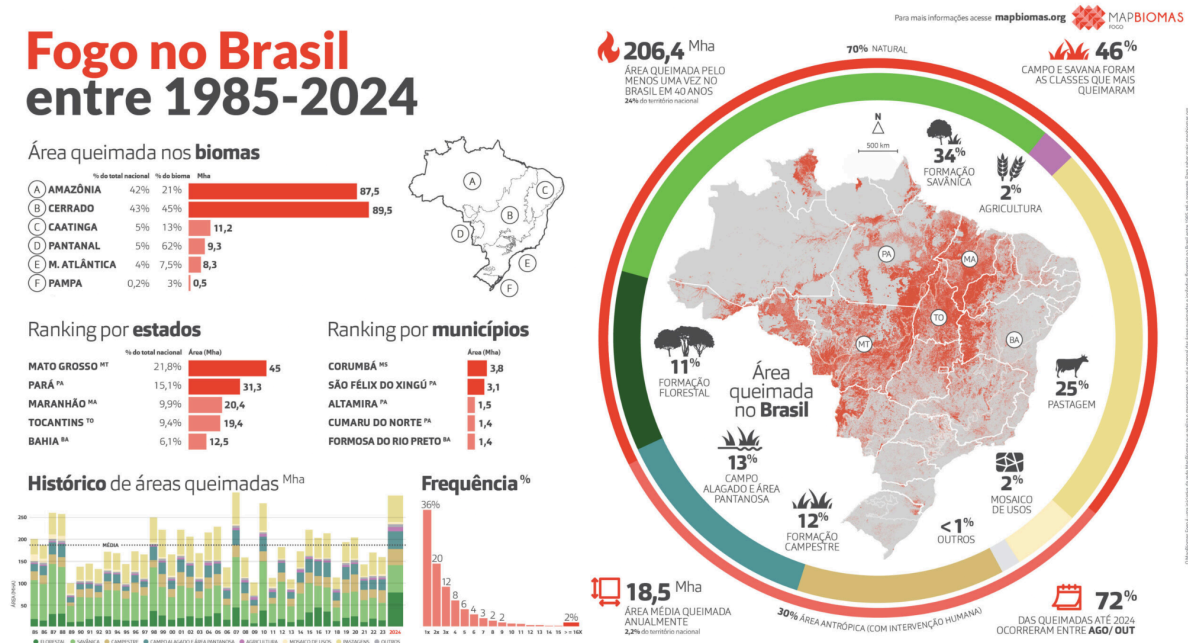
Após a definição desses limiares de classificação (Seco, Normal, Chuvoso) com base na série completa de 20 anos, a análise do projeto foi focada no período de 2010 a 2021. Os dados de precipitação anual de cada ano neste intervalo foram, então, comparados aos limiares estabelecidos para caracterizar cada ano em uma das três classes.

4.3 Coleta de Dados de Frequência de Fogo

A etapa inicial consistiu na obtenção dos dados georreferenciados referentes à frequência de fogo no estado de Pernambuco. Para isso, foi utilizada a plataforma MapBiomas Fogo, em conjunto com o *Google Earth Engine* (GEE), ferramenta amplamente reconhecida pela eficiência na análise e processamento de séries temporais de imagens de satélite. O GEE

possibilita o acesso a uma base de dados abrangente, composta por imagens de diferentes sensores e escalas espaciais, o que favorece análises comparativas e de longo prazo.

Figura 2 - Mapa de área queimada nas regiões brasileiras (1985-2024)



Fonte: MapBiomas Fogo, 2024

O período analisado compreende uma série temporal de 2000 a 2022, segmentada em intervalos de seis anos: 2000–2005, 2005–2010, 2010–2015 e 2015–2022. Essa segmentação foi adotada para facilitar a identificação de padrões temporais e espaciais da ocorrência de queimadas ao longo das últimas duas décadas, considerando inclusive o período mais recente, ainda que com possíveis lacunas de dados.

Os mapas de frequência de fogo gerados representam o número de vezes em que cada pixel foi identificado como área queimada dentro do intervalo considerado. Assim, o valor de cada pixel indica a quantidade de ocorrências de fogo registradas anualmente no período, variando de 1 até 6 ocorrências, conforme o recorte temporal adotado de 6 anos. Essa abordagem permite visualizar a reincidência espacial das queimadas e compreender a intensidade e persistência dos eventos de fogo ao longo do tempo.

4.4 Análise Geoespacial da frequência de fogo

A análise geoespacial foi conduzida por meio do software QGIS, um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de código aberto amplamente utilizado em estudos ambientais. O QGIS dispõe de ferramentas robustas para manipulação, visualização e modelagem de

dados espaciais, permitindo integrar diferentes fontes de informação e realizar análises precisas de distribuição e intensidade de eventos (Rocha, 2023).

Nesta etapa, os dados de frequência de fogo foram delimitados para as mesorregiões do Sertão e do São Francisco Pernambucano, regiões que concentram grande parte das ocorrências de queimadas no estado. As imagens correspondentes aos intervalos temporais definidos foram reclassificadas com o objetivo de identificar áreas de maior recorrência, destacando os pixels com valores de frequência 4, 5 e 6. Em seguida, foi realizada uma análise comparativa entre os extremos da série, representados pelos pixels com valor 1 (menor ocorrência) e valor 6 (maior recorrência de fogo).

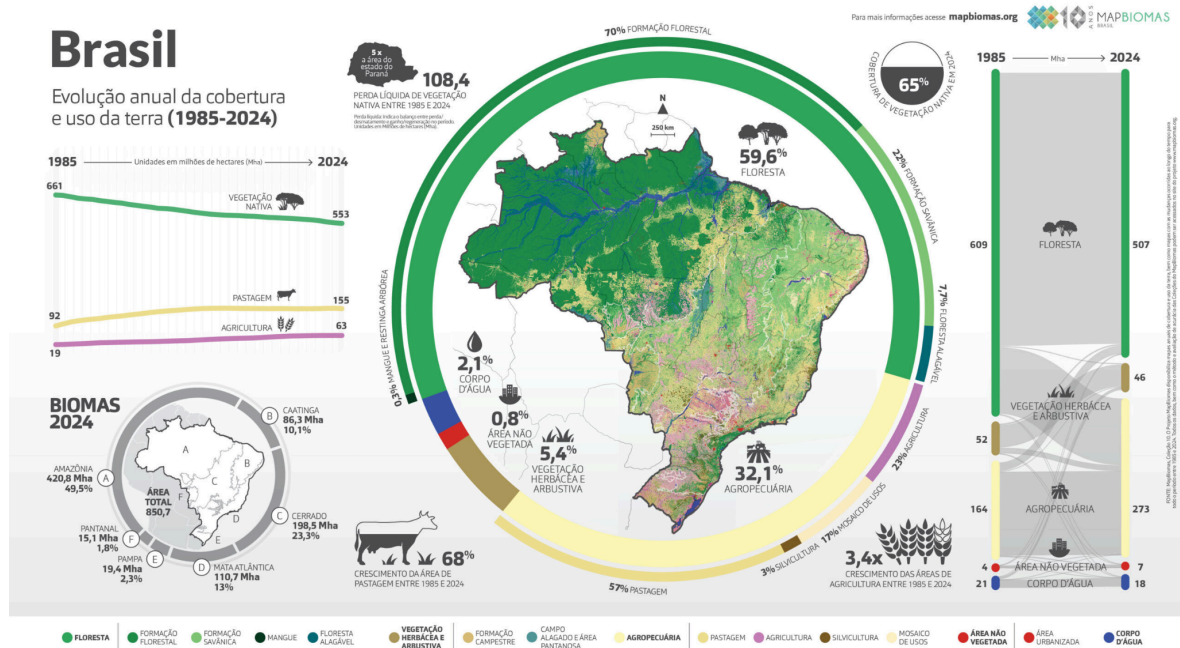
A opção por enfatizar os pixels com frequência superior a quatro ocorrências deve-se ao fato de esses valores corresponderem a áreas que sofreram queimadas em pelo menos metade dos anos de cada intervalo analisado, indicando zonas de alta reincidência e vulnerabilidade ambiental. Posteriormente, procedeu-se à vetorização das imagens raster de frequência de fogo, de forma a transformar os pixels selecionados em entidades geométricas vetoriais (polígonos). Esse processo permitiu uma representação espacial mais precisa e facilitou a integração com outras bases cartográficas.

Com a vetorização concluída, os dados foram sobrepostos ao mapa de uso e cobertura do solo, possibilitando identificar os principais tipos de uso associados às áreas mais afetadas por queimadas. Essa integração de camadas espaciais fornece subsídios para compreender a relação entre a dinâmica do fogo e as atividades antrópicas, bem como para avaliar os impactos sobre a paisagem e os ecossistemas regionais.

4.5 Análise da Cobertura do Solo e Uso da Terra

Após a identificação dos pixels com frequência 4, 5 e 6 áreas com incidência de frequência de fogo, foi realizada uma análise da cobertura do solo nessas regiões. Para isso, utilizou-se novamente o MapBiomas, uma plataforma que produz mapas anuais de uso e cobertura do solo. Esses mapas permitem uma análise abrangente das áreas, que possibilita a identificação de padrões como plantações e outros usos da terra (Figura 3).

Figura 3 - Mapa de evolução anual da cobertura e uso da terra no Brasil (1985-2024)



Fonte: MapBiomas, 2024

Considerando o objetivo de analisar as mudanças na cobertura do solo associadas à incidência de fogo, foram selecionadas as imagens referentes aos anos de 2000 e 2022, representando os extremos da série temporal investigada. Essa seleção permitiu uma comparação direta entre o início e o final do período analisado, destacando as principais alterações nos tipos de uso do solo ao longo de mais de duas décadas.

A análise comparativa entre esses dois momentos é essencial para compreender como as modificações no uso da terra podem influenciar a ocorrência e a frequência das queimadas, especialmente nas mesorregiões do Sertão e São Francisco Pernambucano, onde a pressão antrópica e as condições climáticas exercem papel determinante na dinâmica do fogo. Essa abordagem contribui para identificar tendências espaciais e temporais que auxiliam na interpretação dos padrões observados e na proposição de estratégias de manejo e prevenção de incêndios.

4.6 Identificação de áreas com menor e maior potencial de queima

A integração dos dados de frequência de fogo com os mapas de uso e cobertura do solo possibilitou estabelecer uma base analítica para identificar áreas com diferentes níveis de suscetibilidade à ocorrência de queimadas nas mesorregiões do Sertão e do São Francisco

Pernambucano. Essa sobreposição de camadas espaciais permite observar padrões de recorrência e distribuição do fogo em relação aos distintos tipos de uso da terra.

A partir dessa integração, torna-se possível delimitar zonas com maior ou menor potencial de queima, considerando tanto fatores ambientais quanto antrópicos. Além disso, os dados obtidos oferecem subsídios para análises comparativas entre áreas com diferentes respostas ao fogo, possibilitando investigar regiões que apresentam tendência à regeneração da vegetação e outras que indicam maior propensão à degradação e desertificação.

Dessa forma, esta etapa metodológica não apenas permite mapear a reincidência de queimadas, mas também fornece os insumos necessários para estudos sobre a dinâmica pós-fogo, contribuindo para compreender como as características do uso do solo e as condições ambientais podem influenciar a resiliência ou vulnerabilidade das paisagens afetadas.

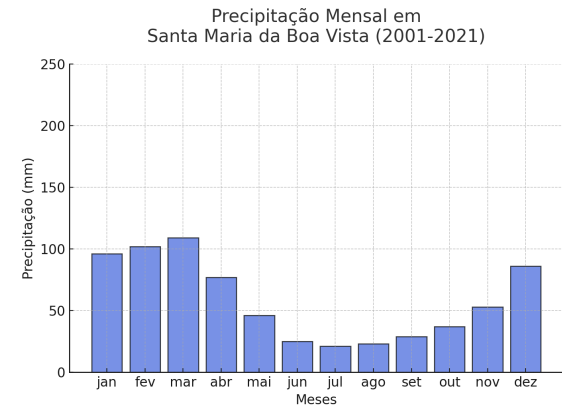
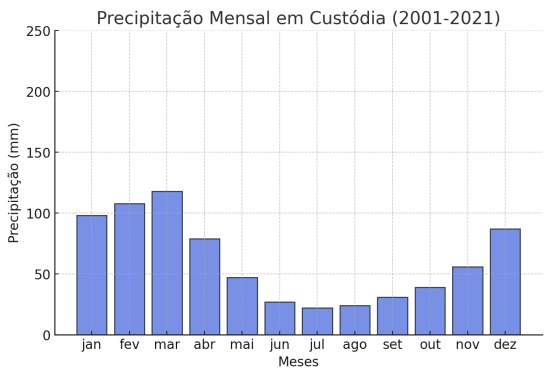
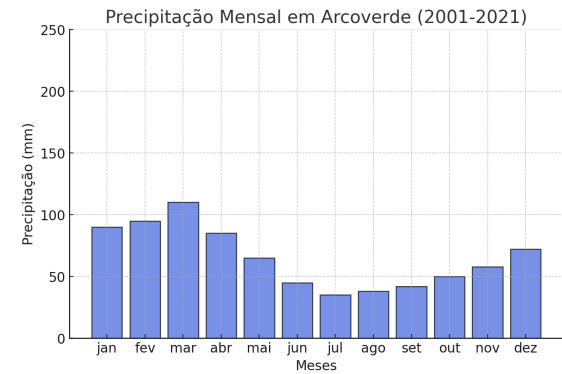
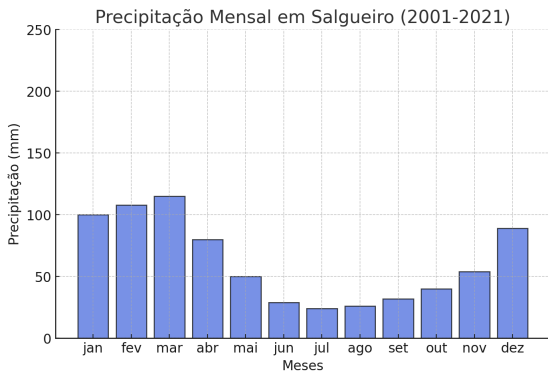
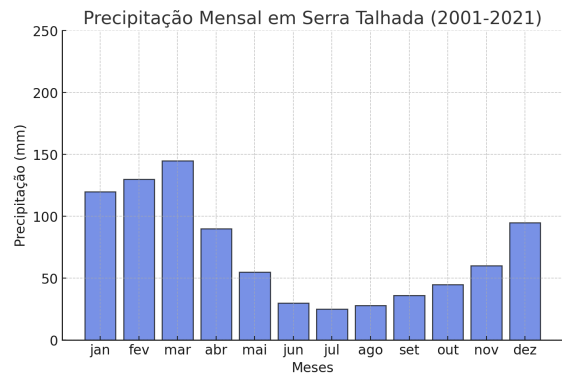
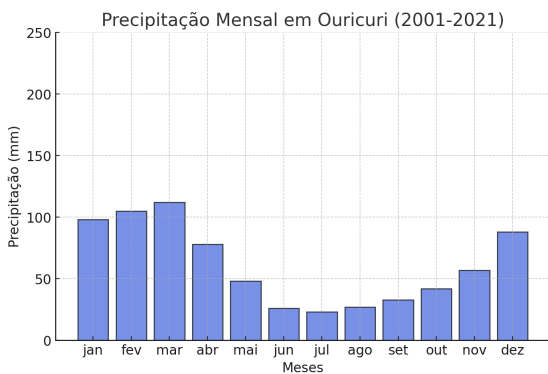
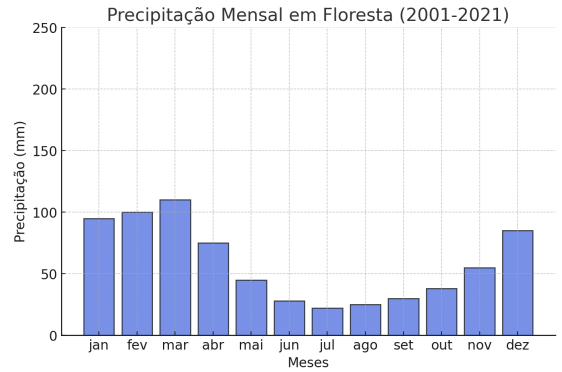
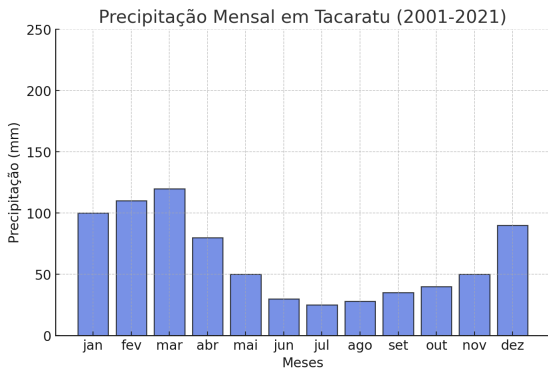
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

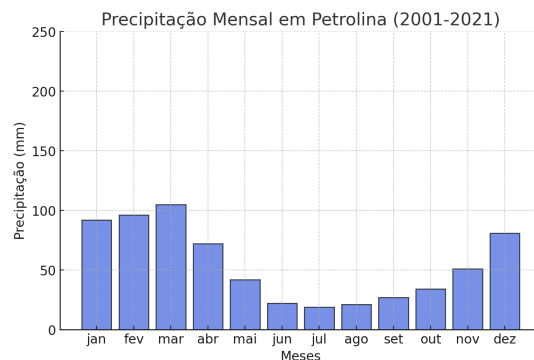
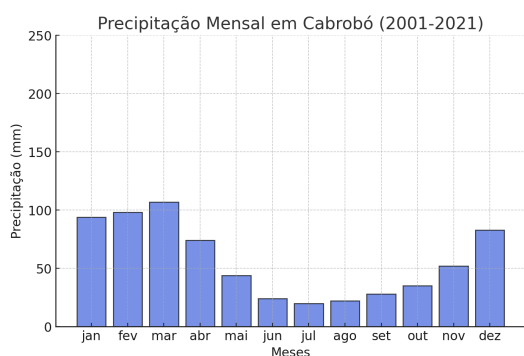
5.1 Caracterização Climática das Mesorregiões

Com o intuito de identificar os meses mais secos do ano nas mesorregiões do Sertão e São Francisco Pernambucano, foi realizada uma análise climatológica com 21 anos consecutivos de dados através das Normais Climatológicas em dez municípios distribuídos espacialmente nas mesorregiões de estudo de forma que a definição dos meses mais secos do ano fosse representativa para os demais municípios.

A Figura 4 apresenta os resultados da análise climática para os municípios selecionados, indicando que o período de agosto a novembro corresponde à fase mais seca do ano. Nessa estação, a probabilidade de ocorrência de queimadas é maior, considerando que, em Pernambuco, os eventos de seca se tornaram mais frequentes desde a década de 1990, com intensificação de sua gravidade e ampliação das áreas afetadas (Da Silva Júnior et al., 2024).

Figura 4 - Gráfico da distribuição temporal da precipitação média mensal da série temporal de 2001 a 2021 dos municípios analisados.





Fonte: Autor, 2025

Esta característica torna a área suscetível à incidência de focos de calor, mesmo em bioma menos propenso, como a Caatinga. Observa-se também que o período chuvoso da região é concentrado entre os meses de janeiro a abril, com redução da precipitação a partir do mês de maio. A Tabela 1 apresenta a média climatológica no período de 2001 a 2021 dos municípios estudados.

Tabela 1 - Média climatológica dos valores de precipitação dos municípios analisados

Municípios	MÉDIA CLIMATOLÓGICA DA PRECIPITAÇÃO (2001 - 2021)												TOTAL
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
Ouricuri (mm)	112,5	114,2	114,2	75,9	35,6	8,8	9,4	2,2	0,9	13,1	34	88,1	608,7
Salgueiro (mm)	117,5	131,3	112,1	62,4	24,5	5,6	9	1,2	2,8	13,2	31,5	68,9	580
Serra Talhada (mm)	144,5	144,6	155,6	86,2	39,8	13,1	11,3	2,2	2,2	15	29,2	67,1	710,6
Custódia (mm)	111,9	134,5	139,5	71	36,5	14,9	10,1	2,7	3,2	18,1	26,1	74,8	643,4
Arcoverde (mm)	75	69,2	112,8	85	80,7	73,2	55	33,1	11,8	14,8	23,6	37,5	671,7
Petrolina (mm)	88,9	89,3	83,9	68	11,8	8,3	3,7	1,5	2,7	15,8	30,6	63,2	467,7
Santa Maria Da Boa Vista (mm)	105,5	86,6	98,8	56,2	22,6	4,3	4	2,7	4	15	37,8	83,3	520,6

Cabrobó (mm)	85,1	97	112,3	56	30,8	6,5	9,2	4,2	2	12,6	32,6	62,4	510,6
Floresta (mm)	94,9	102,2	88,9	61,7	28,8	17,7	27,5	12,7	14,2	25,8	31,7	67,5	573,8
Tacaratu (mm)	104,4	126,6	133	64,5	28,2	14,1	27	17,9	16,5	34,7	39,2	87,4	693,5

Fonte: Autor, 2025

A partir dos dados de precipitação da Tabela 1 foi aplicada a técnica de *Quantis* baseado na média anual dos valores de precipitação observados. Esses valores foram divididos em três grupos: Períodos “SECOS” aqueles em que os totais de precipitação foram iguais ou menores que a frequência acumulada de ocorrência de 33% (intervalo de valores inferiores a 548,7mm), os “NORMAIS” com probabilidade maior que 33% e inferior ou igual a 66% (superiores a 548,7mm e inferiores a 629,7mm), e os “CHUVOSOS” com probabilidade maior que 66% (superiores a 629,7 mm e inferiores a 710,6mm).

Neste sentido, a Tabela 2 apresenta a classificação dos municípios no período estudado, quanto às classes acima relacionadas. Evidencia-se que no período estudado apenas o ano de 2012 foi classificado como “SECO” em todos os municípios estudados, os outros anos se exibiram como “CHUVOSO” (com chuvas além do esperado) ou “NORMAL” (com chuvas dentro do esperado).

Tabela 2 - Classificação a partir da técnica de Quantis da série temporal de 2010 a 2021.

MUNICÍPIOS	ANOS					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
OURICURI	CHUVOSO	CHUVOSO	SECO	NORMAL	CHUVOSO	CHUVOSO
SALGUEIRO	CHUVOSO	CHUVOSO	SECO	CHUVOSO	SECO	SECO
SERRA TALHADA	CHUVOSO	CHUVOSO	SECO	CHUVOSO	NORMAL	SECO
CUSTÓDIA	CHUVOSO	CHUVOSO	SECO	NORMAL	NORMAL	SECO
ARCOVERDE	CHUVOSO	CHUVOSO	SECO	NORMAL	SECO	NORMAL
PETROLINA	SECO	SECO	SECO	SECO	CHUVOSO	NORMAL

SANTA MARIA DA BOA VISTA	NORMAL	NORMAL	SECO	SECO	SECO	SECO
CABROBÓ	SECO	NORMAL	SECO	SECO	SECO	SECO
FLORESTA	CHUVOSO	NORMAL	SECO	SECO	CHUVOSO	SECO
TACARATU	CHUVOSO	CHUVOSO	SECO	SECO	CHUVOSO	SECO
	ANOS					
MUNICÍPIOS	2016	2017	2018	2019	2020	2021
OURICURI	SECO	SECO	NORMAL	SECO	NORMAL	NORMAL
SALGUEIRO	SECO	SECO	NORMAL	SECO	CHUVOSO	NORMAL
SERRA TALHADA	SECO	NORMAL	CHUVOSO	NORMAL	CHUVOSO	CHUVOSO
CUSTÓDIA	SECO	SECO	SECO	SECO	CHUVOSO	CHUVOSO
ARCOVERDE	CHUVOSO	SECO	SECO	SECO	CHUVOSO	SECO
PETROLINA	SECO	SECO	SECO	SECO	CHUVOSO	CHUVOSO
SANTA MARIA DA BOA VISTA	SECO	SECO	CHUVOSO	SECO	CHUVOSO	CHUVOSO
CABROBÓ	CHUVOSO	SECO	SECO	SECO	CHUVOSO	SECO
FLORESTA	SECO	SECO	NORMAL	SECO	CHUVOSO	CHUVOSO
TACARATU	SECO	SECO	CHUVOSO	SECO	CHUVOSO	CHUVOSO

Fonte: Autor, 2025

Após a análise climática foram selecionados os dias de maior ocorrência de focos de calor considerando na análise o período mais seco do ano da série temporal de 2010 a 2021. A Tabela 3 apresenta os dias de maior incidência de focos de calor para os municípios afetados. Constatou-se que para a área de estudo, os focos de calor ocorreram nos meses de agosto a novembro, com maior ocorrência no mês de outubro.

É possível observar que para todos os municípios o risco de incêndio é igual a 1. Vale ressaltar que o risco de incêndio é também considerado um índice de perigo de incêndio e reflete a probabilidade de ocorrência de um foco de calor no campo, assim como a facilidade do mesmo se propagar. Condições atmosféricas locais do dia influenciam significativamente

neste índice que varia do zero até o valor extremo 1. No período e na área analisada, o ano de 2021, se destaca como o ano onde foram observadas as maiores ocorrências de focos de calor nas mesorregiões estudadas, 662 focos.

É importante ressaltar que os valores da coluna “NÚMERO DE FOCOS” refletem a detecção de todos os focos de calor monitorados pelo INPE por diferentes plataformas orbitais. Na pesquisa são utilizadas imagens do satélite TERRA, por esta razão a coluna “FOCOS DE CALOR CONFIRMADOS” apresenta apenas os focos de calor detectados que coincidiram com os pixels de anomalias termais desse satélite e que por ocasião foram monitorados. Verifica-se que o município de Floresta se destaca dos demais, dia 06/11/2019, onde foram identificados 208 focos de calor confirmados (tabela 3).

Tabela 3 - Incidências de Focos de Calor por município e data de ocorrência

MUNICÍPIO	LATITUDE	LONGITUDE	DATA DE OCORRÊNCIA	NÚMERO DE FOCOS	FOCOS DE CALOR CONFIRMADOS	RISCO
PETROLINA	-9,13°	-40,57°	16/08/2010	10	2	1
AFRÂNIO	-8,71°	-41,08°	25/08/2010	10	3	1
SERRA TALHADA	-8,01°	-38,22°	25/08/2010	10	1	1
BODOCÓ	-7,93°	-39,82°	16/10/2010	66	2	1
SÃO JOSÉ DO BELMONTE	-7,90°	-38,90°	16/10/2010	66	1	1
CARNAUBEIRA DA PENHA	-8,24°	-38,82°	16/10/2010	66	3	1
EXU	-7,55°	-39,59°	04/11/2010	220	3	1
PARNAMIRIM	-8,21°	-40,15°	04/11/2010	220	2	1
CABROBÓ	-8,25°	-39,51°	04/11/2010	220	1	1
LAGOA GRANDE	-8,75°	-40,30°	04/11/2010	220	1	1
FLORES	-7,88°	-37,88°	04/11/2010	220	2	1
FLORESTA	-8,52°	-37,99°	04/11/2010	220	3	1
DORMENTES	-8,50°	-40,61°	10/08/2011	7	1	1
SERTÂNIA	-7,99°	-37,47°	10/08/2011	7	2	1
DORMENTES	-8,45°	-40,50°	27/09/2011	52	1	1

AFRÂNIO	-8,65°	-41,06°	27/09/2011	52	1	1
PETROLINA	-8,87°	-40,82°	27/09/2011	52	2	1
PETROLINA	-8,82°	-40,56°	29/10/2011	196	1	1
PARNAMIRIM	-8,16°	-39,50°	29/10/2011	196	1	1
SERRA TALHADA	-7,96°	-38,38°	29/10/2011	196	2	1
MIRANDIBA	-8,11°	-38,63°	29/10/2011	196	1	1
CARNAUBEIR A DA PENHA	-8,26°	-38,72°	29/10/2011	196	1	1
TUPARETAMA	-7,70°	-37,24°	16/11/2011	124	1	1
CUSTÓDIA	-8,07°	-37,77°	16/11/2011	124	1	1
SERTÂNIA	-8,32°	-37,35°	16/11/2011	124	1	1
CARNAUBEIR A DA PENHA	-8,28°	-38,75°	16/11/2011	124	2	1
SALGUEIRO	-8,27°	-39,07°	16/11/2011	124	1	1
OURICURI	-7,85°	-40,25°	16/11/2011	124	3	1
DORMENTES	-8,39°	-40,44°	16/11/2011	124	1	1
AFRÂNIO	-8,47°	-40,87°	16/11/2011	124	4	1
PETROLINA	-8,78°	-40,42°	08/09/2012	70	1	1
SERTÂNIA	-8,01°	-37,17°	31/10/2012	215	1	1
SERRA TALHADA	-7,95°	-38,47°	31/10/2012	215	2	1
ARARIPINA	-7,59°	-40,31°	31/10/2012	215	2	1
AFRÂNIO	-8,70°	-41,10°	31/10/2012	215	3	1
PETROLINA	-8,74°	-40,83°	31/10/2012	215	2	1
CARNAUBEIR A DA PENHA	-8,42°	-38,76°	16/11/2012	128	2	1
BODOCÓ	-7,51°	-40,03°	16/11/2012	128	1	1
ARARIPINA	-7,61°	-40,39°	16/11/2012	128	1	1
SANTA MARIA DA BOA VISTA	-8,79°	-39,86°	16/11/2012	128	1	1

CUSTÓDIA	-8,08°	-37,69°	19/10/2013	120	5	1
ARARIPINA	-7,42°	-40,38°	13/08/2014	18	2	1
IGUARACY	-7,74°	-37,31°	30/09/2014	68	1	1
SANTA CRUZ	-8,34°	-40,28°	06/11/2014	108	3	1
SOLIDÃO	-7,57°	-37,73°	06/11/2014	108	1	1
AFOGADOS DA INGAZEIRA	-7,68°	-37,67°	06/11/2014	108	2	1
DORMENTES	-8,45°	-40,64°	06/11/2014	108	1	1
PETROLINA	-8,81°	-40,79°	06/11/2014	108	4	1
SANTA CRUZ	-8,32°	-40,34°	20/09/2016	75	2	1
ARARIPINA	-7,36°	-40,38°	21/11/2017	137	1	1
SÃO JOSÉ DO BELMONTE	-8,03°	-38,64°	21/11/2017	137	1	1
SANTA CRUZ DA BAIXA VERDE	-7,90°	-38,18°	21/11/2017	137	2	1
SANTA CRUZ	-8,32°	-40,34°	28/09/2019	120	1	1
IGUARACY	-7,79°	-37,50°	28/09/2019	120	2	1
DORMENTES	-8,58°	-40,72°	28/09/2019	120	1	1
SOLIDÃO	-7,61°	-37,62°	31/10/2019	236	4	1
TRINDADE	-7,75°	-40,35°	06/11/2019	549	9	1
SANTA MARIA DA BOA VISTA	-8,45°	-39,78°	06/11/2019	549	7	1
FLORESTA	-8,64°	-38,34°	06/11/2019	549	208	1
PETROLINA	-9,46°	-40,64°	15/08/2020	50	3	1
PETROLINA	-9,09°	-40,65°	24/09/2020	127	3	1
SÃO JOSÉ DO BELMONTE	-7,81°	-38,70°	11/10/2020	316	3	1
MIRANDIBA	-8,18°	-38,77°	11/10/2020	316	1	1
SERTÂNIA	-7,97°	-37,42°	11/10/2020	316	2	1
IBIMIRIM	-8,59°	-37,57°	11/10/2020	316	1	1

PETROLINA	-8,90°	-40,88°	11/10/2020	316	6	1
TABIRA	-7,64°	-37,50°	13/11/2020	330	1	1
IGUARACY	-7,91°	-37,50°	13/11/2020	330	2	1
PETROLINA	-8,83°	-40,53°	13/11/2020	330	4	1
SANTA MARIA DA BOA VISTA	-8,39°	-39,75°	28/09/2021	209	2	1
DORMENTES	-8,45°	-40,48°	28/09/2021	209	1	1
INGAZEIRA	-7,65°	-37,38°	16/10/2021	662	1	1
SÃO JOSÉ DO BELMONTE	-8,01°	-38,73°	16/10/2021	662	2	1
IPUBI	-7,57°	-40,26°	16/10/2021	662	1	1
PETROLINA	-8,71°	-40,50°	16/10/2021	662	7	1
SANTA MARIA DA BOA VISTA	-8,73°	-40,05°	16/10/2021	662	4	1
SÃO JOSÉ DO EGITO	-7,57°	-37,18°	20/11/2021	456	1	1
INGAZEIRA	-7,77°	-37,43°	20/11/2021	456	2	1
CUSTÓDIA	-7,91°	-37,63°	20/11/2021	456	2	1
QUIXABÁ	-7,70°	-37,90°	20/11/2021	456	2	1
SERRA TALHADA	-8,03°	-38,55°	20/11/2021	456	9	1
MIRANDIBA	-8,23°	-38,54°	20/11/2021	456	1	1
SÃO JOSÉ DO BELMONTE	-8,00°	-38,61°	20/11/2021	456	1	1
PARNAMIRIM	-8,31°	-39,90°	20/11/2021	456	1	1

Fonte: Autor, 2025

Para a aferição da influência da temperatura do ar nos casos de queimadas, foram cruzadas as informações das datas de focos de calor confirmados como de queimadas e da temperatura do ar máxima dos dias e municípios afetados. A Tabela 4 expõe essa relação, onde constata-se na coluna “QUANTIDADE DIAS QUEIMA” a quantidade efetivamente de dias que se sucederam tal evento de 2010 a 2021. Semelhantemente, na coluna “DIAS COINCIDENTES” são demonstradas apenas aquelas datas onde se reconheceu que as

queimas aconteceram exatamente nos dias de temperatura do ar máxima diária. Nos demais municípios não foi percebida a coexistência das variáveis supracitadas.

Tabela 4 - Temperatura do ar máxima por município afetado pela queima

MUNICÍPIO	QUANTIDADE DIAS QUEIMA	DIAS COINCIDENTES	TEMPERATURA DO AR MÁXIMA (°C)
AFOGADOS DA INGAZEIRA	1	-	-
AFRÂNIO	4	31/10/2012	37,95
ARARIPINA	4	31/10/2012	38,39
CABROBÓ	1	-	-
BODOCÓ	2	-	-
CARNAUBEIRA	4	-	-
CUSTÓDIA	3	-	-
DORMENTES	6	28/09/2019	36,8
EXU	1	-	-
FLORES	1	-	-
FLORESTA	2	-	-
IBIMIRIM	1	11/10/2020	37,6
IGUARACY	3	28/09/2019	34,64
INGAZEIRA	2	-	-
IPUBI	1	-	-
LAGOA GRANDE	1	-	-
MIRANDIBA	3	-	-
OURICURI	1	-	-
PARNAMIRIM	2	-	-
PETROLINA	11	16/08/2010; 31/10/2012	33,20; 37,80
QUIXABÁ	1	-	-
SALGUEIRO	1	-	-
SANTA CRUZ	3	28/09/2019	36,55
SANTA CRUZ DA	1	-	-

BAIXA VERDE			
SANTA MARIA DA BOA VISTA	4	-	-
SÃO JOSÉ DO BELMONTE	5	-	-
SÃO JOSÉ DO EGITO	1	-	-
SERRA TALHADA	4	31/10/2012	34,87
SERTÂNIA	4	31/10/2012	34,37
SOLIDÃO	2	-	-
TABIRA	1	-	-
TRINDADE	1	-	-
TUPARETAMA	1	-	-

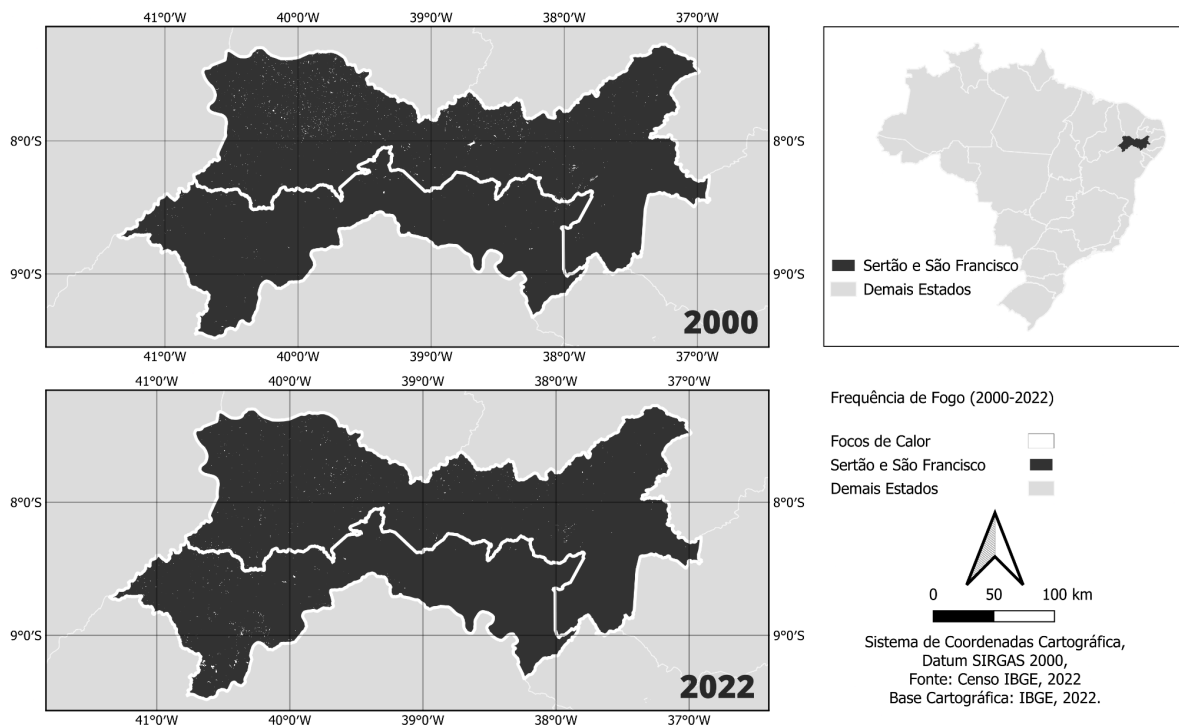
Fonte: Autor, 2025

Em consideração a isso, observa-se que apenas a temperatura do ar não influencia diretamente nas situações de queimadas, exceto por aquelas datas onde aconteceram eventualidades e foi detectada a coincidência descrita acima. Além disso, é possível constatar que nessas causalidades a temperatura máxima do ar foi sempre superior a 33°C e inferior a 39°C, e Petrolina, mesmo com menor temperatura, ainda sim queimou mais que as outras regiões.

5.2 Distribuição Espacial da Frequência de Fogo no Sertão e São Francisco

Inicialmente, para compreender a distribuição espacial e temporal das queimadas nas mesorregiões do Sertão e do São Francisco Pernambucano, foi elaborado um mapa comparativo da frequência de fogo com base nos dados disponibilizados pelo MapBiomas Fogo (2000-2022) (Figura 5). O conjunto de dados contempla registros de cicatrizes de queimadas detectadas por sensoriamento remoto, permitindo identificar as regiões em que o fogo incidiu ao longo do período analisado.

Figura 5 - Mapa comparativo de frequência de fogo nas mesorregiões Sertão e São Francisco Pernambucano (2000-2022)



Fonte: Autor, 2025

O mapa comparativo dos anos 2000 e 2022 revela dinâmicas de fogo distintas entre as mesorregiões do Sertão e do São Francisco Pernambucano. O Sertão, caracterizado por um clima semiárido mais severo e distante de grandes corpos d'água, apresentou em 2000 uma vasta recorrência de queimadas. Em 2022, embora os focos de calor apareçam de forma mais esparsa, ainda se concentram em áreas de vegetação nativa, como a caatinga (Oliveira-Junior, *et al.*, 2022).

A mesorregião do São Francisco Pernambucano exibe um padrão diferente, pois está diretamente influenciado pela sua adjacência ao Rio São Francisco. A presença do rio melhora significativamente a qualidade do solo e a disponibilidade hídrica nas áreas ribeirinhas, criando um ambiente menos propenso à propagação de grandes incêndios florestais (Abdela *et al.*, 2025). Essa vantagem natural, aliada à intensificação da agricultura irrigada, que cria "barreiras úmidas" e fragmenta a continuidade da vegetação seca, contribui para uma menor frequência e intensidade do fogo.

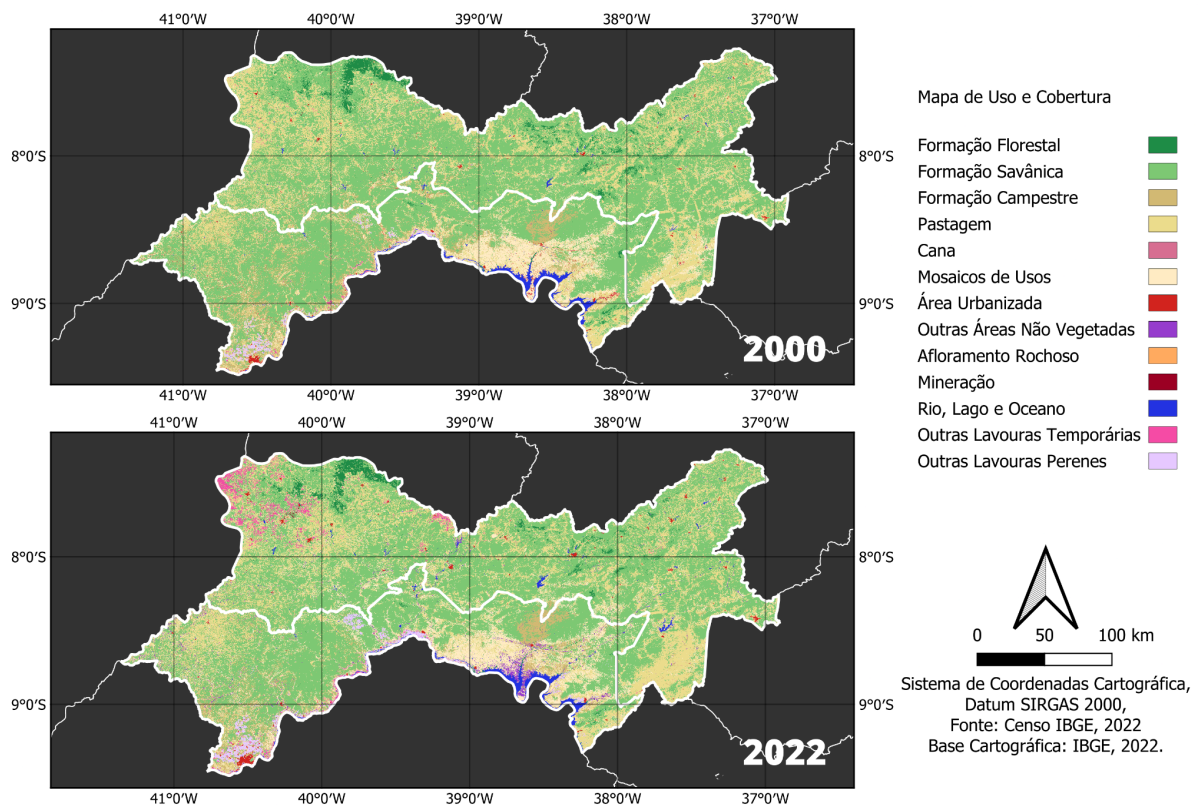
Em 2022, também observa-se uma concentração de focos de calor na porção sudoeste da mesorregião, diretamente associada às práticas de manejo agrícola no município de

Petrolina. Trata-se de uma área com forte presença de cultivos irrigados e atividades agroindustriais, onde ainda se verifica o uso eventual da queima como método de preparo ou renovação de áreas produtivas. Essa prática contribui para o aumento dos registros de calor na região, evidenciando a persistência de técnicas tradicionais mesmo em um contexto de produção altamente tecnificada (Terzano, *et al.*, 2021).

5.3 Análise Geral do Mapa de Uso da Cobertura do Solo no Sertão e São Francisco

Após verificar os focos de calor e identificar as áreas sensíveis à ocorrência de queimadas, foi possível realizar uma análise comparativa do uso e cobertura do solo nas mesorregiões do Sertão e do São Francisco nos anos de 2000 e 2022 (Figura 6). A comparação temporal evidencia mudanças significativas na ocupação do território, como a expansão de áreas agropecuárias e a redução da vegetação nativa, fatores que aumentam a susceptibilidade ao fogo. Essas informações fornecem uma base inicial para compreender a dinâmica espacial dos focos de calor e para orientar a seleção das áreas prioritárias de estudo.

Figura 6 - Mapa comparativo de uso e cobertura do solo das mesorregiões Sertão e São Francisco (2000 e 2022)



Fonte: Autor, 2025

Na Figura 6, é possível observar um aumento significativo nas áreas não vegetadas, particularmente no noroeste da mesorregião do Sertão. Este aumento é acompanhado por uma expansão da área urbana. Em contrapartida, na mesorregião de São Francisco, nota-se um aumento nas áreas destinadas à pastagem e formação campestre. Esses resultados sugerem mudanças substanciais na cobertura do solo, indicando uma possível expansão urbana no Sertão e uma intensificação das atividades agropecuárias em São Francisco.

Em Petrolina, onde a recorrência de focos de fogo foi identificada, as informações se mostram consistentes com o padrão de uso e cobertura do solo observado. Na mesma área, destaca-se a presença de lavouras temporárias e perenes, cuja dinâmica produtiva está fortemente vinculada às condições favoráveis proporcionadas pelo Vale do São Francisco. Esse contexto agrícola intensivo contribui para explicar tanto a frequência de queimadas quanto a configuração espacial das práticas de manejo na região (Terzano, *et al.*, 2021).

5.4 Análise dos municípios com maior ocorrência de focos de calor

Com o objetivo de filtrar a análise e compreender de forma mais detalhada os padrões de ocorrência do fogo nas mesorregiões estudadas, foram identificados os municípios que tiveram áreas específicas com maior recorrência de frequência de fogo reclassificados em classes 4, 5 e 6, a fim de filtrar apenas aqueles áreas com destaque na mesorregião, a partir dos dados disponibilizados pelo MapBiomas Fogo (Coleção 3, 2024). Os municípios selecionados estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Municípios com maior incidência de focos de calor

MUNICÍPIOS	LATITUDE	LONGITUDE
Cabrobó	-8.2777	-39.3470
São José do Belmonte	-7.8224	-38.8586
Exú	-7.5410	-39.6052
Triunfo	-7.8884	-38.0444
Floresta	-8.6422	-38.4360
Salgueiro	-8.2887	-38.9039

Fonte: Autor, 2025

A partir dessa seleção, foram definidos dois municípios para análise comparativa aprofundada, levando-se em conta não apenas a alta frequência de focos de calor, mas

também a localização em mesorregiões distintas, justificando o título do trabalho. Assim, Triunfo, situado no Sertão Pernambucano, e Cabrobó, localizado na mesorregião do São Francisco Pernambucano, foram escolhidos por apresentarem trajetórias ambientais contrastantes após eventos de fogo: o primeiro representa um cenário de degradação progressiva, enquanto o segundo evidencia processos de regeneração vegetal. Essa abordagem comparativa permite compreender como fatores regionais, incluindo o clima, o relevo, corpos hídricos e o uso do solo, influenciam de maneira diferenciada a dinâmica pós-queimada.

Em Triunfo, a estação chuvosa é quente, abafada e principalmente nublada, e a estação seca é escaldante, ventosa e parcialmente nublada. Ao longo do ano, a temperatura normalmente varia de 19°C para 37°C e raramente está abaixo de 18°C ou acima de 39°C. Já em Cabrobó o clima é semiárido, caracterizado por verões curtos, quentes e parcialmente nublados, com invernos breves, amenos, úmidos e com céu predominantemente limpo. A região apresenta baixa umidade ao longo do ano, com ventos intensos. As temperaturas variam entre 20 °C e 36 °C, raramente ultrapassando os limites de 18°C e 38°C (Weather Spark, 2025).

5.5 Análise Comparativa das Trajetórias de Cobertura do Solo (2000-2022)

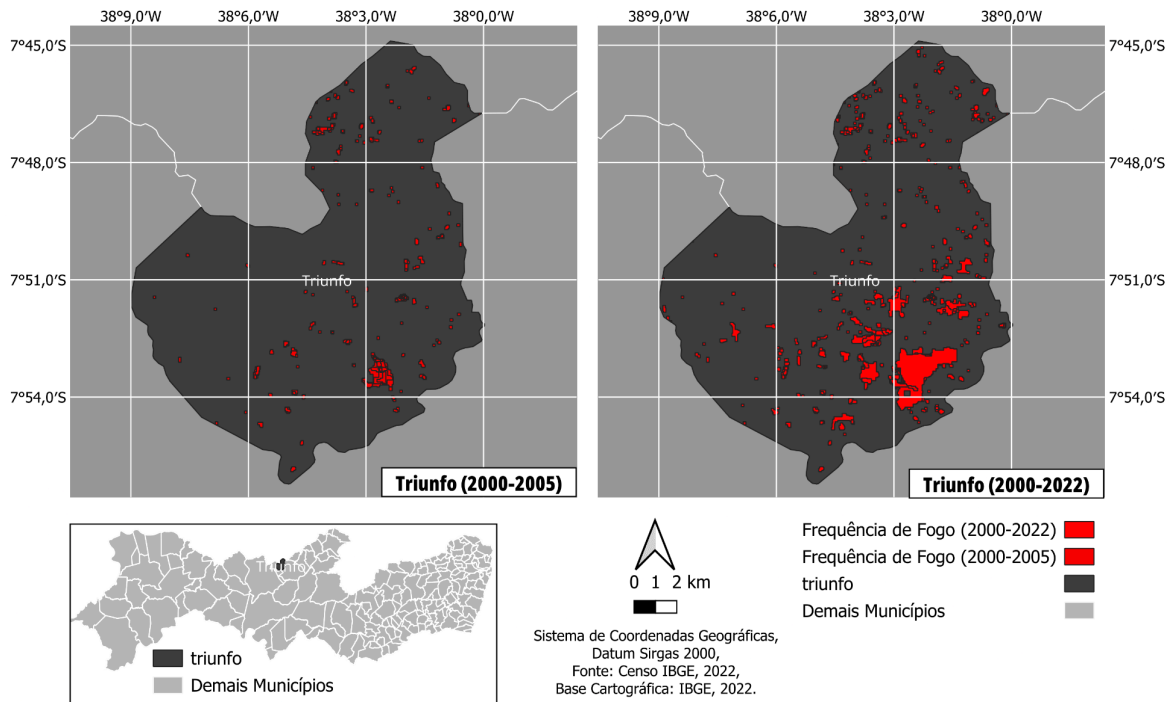
Embora ambos os municípios sejam 'hotspots' de queimadas (Tabela 5), a análise temporal de seus dados revela trajetórias de uso do solo fundamentalmente diferentes. A comparação dos mapas de 2000 e 2022 não mostra apenas o resultado das queimadas, mas sim o processo de ocupação que se seguiu em cada um. Essa divergência no manejo da terra é o que explica por que área em Triunfo caminha para a degradação, enquanto a área Cabrobó apresenta sinais de regeneração.

5.5.1 Estudo de Caso 1: Triunfo – Degradação Ambiental e Expansão do Fogo

A área presente no município de Triunfo (Sertão) destacou-se por ser uma área severamente afetada por frequências de fogo, com ocorrências intensas e crescentes. Com base na consistência dessas queimadas, um gráfico comparativo foi elaborado para o município de Triunfo, mostrando um aumento significativo na área queimada: de 4,968km² entre 2000 e 2005 para 26,061km² no período estendido até 2022. Isso representa um crescimento de 11% na proporção de áreas queimadas em relação ao território total e um

impressionante aumento de 424,58% na quantidade total de queimadas, conforme apresentado na Figura 7.

Figura 7 - Mapa comparativo de frequência de fogo no município de Triunfo-PE

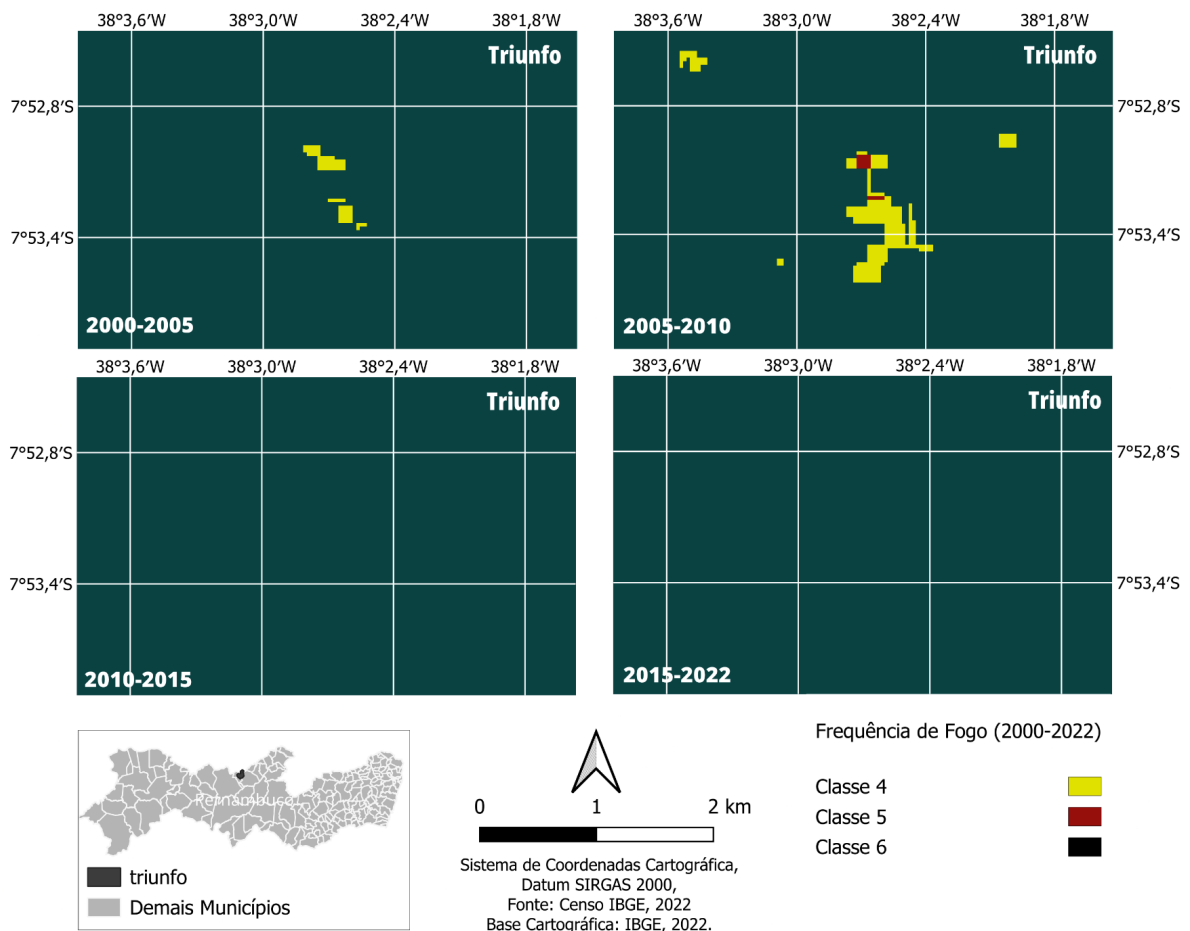


Fonte: O Autor, 2025

Esse aumento pode indicar uma tendência de crescimento na queima territorial, mesmo que não atinja as classes 4, 5 e 6. Esse fenômeno pode ser atribuído à intervenção humana para fins agrícolas, como observado no distrito de Carnaubinha, onde plantas herbáceas e palmas são cultivadas após os incêndios. Essa prática, adotada tradicionalmente pela população, visa facilitar a limpeza da área antes do plantio (Barros, 2020).

Dessas frequências de Fogo uma área em específico se destacou no município e para ilustrar a regularidade das queimadas observadas, foi elaborado um mapa de frequência de fogo como modelo visual para essa área no município de Triunfo (Figura 8). O objetivo principal desse procedimento foi comparar a frequência de fogo das classes 4, 5 e 6 entre os intervalos temporais de 2000 a 2022, fornecendo assim uma análise temporal da evolução das ocorrências de fogo nessa área específica.

Figura 8 - Mapa comparativo de frequência de fogo de classes 04, 05 e 06 na área do município de Triunfo (2000-2022)



Fonte: O Autor, 2025

A análise espacial apresentada para o município de Triunfo evidencia uma ampliação das áreas afetadas por queimadas entre os períodos de 2000–2005 e 2005–2010. No primeiro intervalo, os registros de frequência de fogo aparecem de forma mais pontual e dispersa, indicando ocorrências isoladas e de menor extensão. Já no segundo período, observa-se um aumento expressivo tanto na quantidade de pixels classificados quanto na distribuição espacial das áreas atingidas, abrangendo pixels das classes 4 e 5.

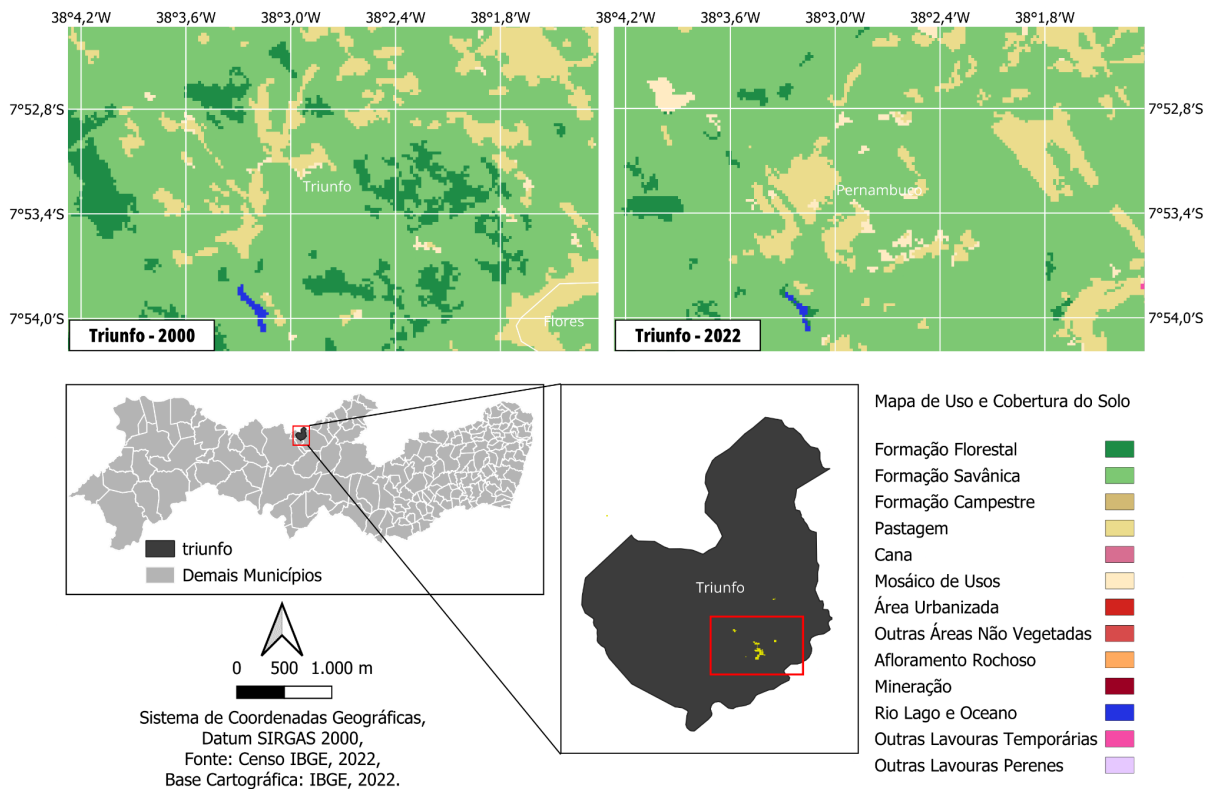
Embora nos intervalos de 2010–2015 e 2015–2022 não tenham sido identificadas áreas classificadas nas classes 4, 5 ou superiores, isso não significa ausência de queimadas na área. A inexistência dessas classes apenas indica que, nesse período, o fogo deixou de ocorrer com alta recorrência, ou seja, nenhuma área queimou quatro ou mais vezes dentro de um mesmo intervalo de seis anos. Ainda assim, o município continua registrando eventos de queima, porém com frequências menores, abaixo do limiar adotado para representar no mapa,

o que reforça que o fogo permanece como elemento presente na dinâmica ambiental local, mesmo que com intensidade reduzida em comparação aos anos anteriores.

Esse padrão indica que o município passou por um avanço na intensidade e na recorrência dos eventos de fogo, com áreas queimadas mais extensas e concentradas, sugerindo um processo de pressão ambiental crescente. Esse comportamento reforça que o fogo constitui um elemento de destaque na dinâmica ambiental local, com potencial para influenciar diretamente a vegetação, o uso do solo e a vulnerabilidade ecológica de Triunfo, conforme mencionado pela Associação de Desenvolvimento Rural Sustentável (ADESSU, 2023).

Para analisar os impactos dessas queimas nessa área de Triunfo, foi elaborado uma Figura comparando os mapas de uso e cobertura do solo na mesma região e no mesmo intervalo, que foi utilizado na avaliação das mudanças na cobertura do solo ao longo do tempo e na identificação de regiões com potencial maior para a ocorrência de incêndios. Com isso foi possível analisar os impactos que o aumento da frequência de fogo causou na região e verificar as mudanças no solo que este evento ocasionou na região neste período. (Figura 9).

Figura 9 - Mapa comparativo de uso e cobertura do solo na área do município de Triunfo



A Figura 9 evidencia uma redução expressiva nas áreas de formação florestal, que chegaram a diminuir cerca de 64,46% ao longo do período analisado. Esse recuo da vegetação resultou na expansão de áreas de formação savânica, campos naturais e pastagens. A perda de cobertura vegetal também contribuiu para a diminuição das áreas de rios, lagos e corpos d'água, uma vez que a degradação da qualidade física do solo favorece processos erosivos e o assoreamento dos cursos d'água (Barros, 2020; Carvalho, 2019).

Entre os fatores que mais influenciam esse cenário, destaca-se a intervenção humana voltada à atividade agrícola. Conforme discutido por Barros (2020), o uso recorrente do fogo como prática tradicional para limpeza do terreno e posterior cultivo, particularmente de espécies herbáceas e palmas, como observado no distrito de Carnaubinha, estabelece um ciclo de degradação contínua. Esse manejo aumenta a recorrência das queimadas, intensifica o desgaste do solo e acelera processos de erosão e assoreamento. A análise da cobertura do solo (Figura 9) reforça essa interpretação, ao mostrar também a retração das áreas de rios e lagos, indicando um quadro progressivo de deterioração ambiental.

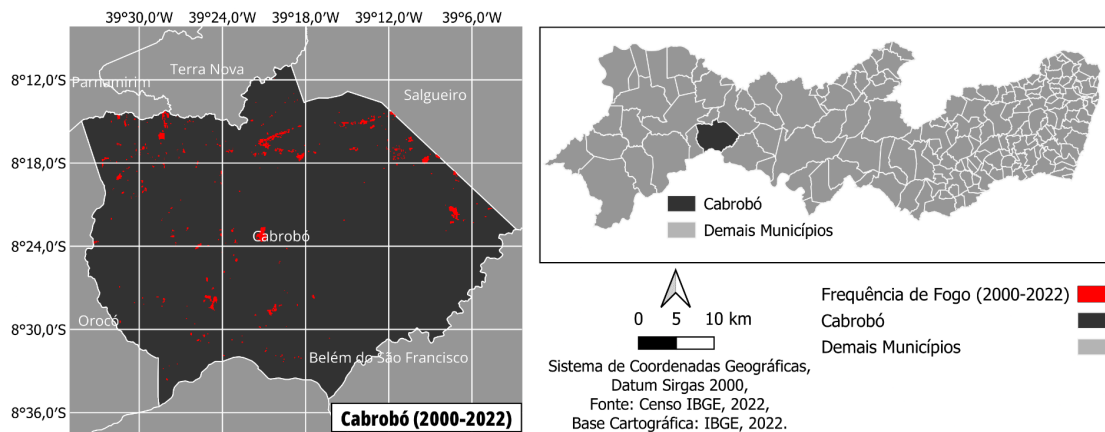
5.5.2 Estudo de Caso 2: Cabrobó – Recuperação Vegetal e Corpos Hídricos

O município de Cabrobó (São Francisco) apresentou maior destaque em relação aos processos de regeneração vegetal, com área territorial de 1.658,62km² e inserido majoritariamente no bioma Caatinga (IBGE, 2022). Sua climatologia cria condições ambientais que influenciam tanto a ocorrência quanto a recuperação da vegetação após eventos de fogo.

Um aspecto determinante para compreender a dinâmica ambiental do município é sua proximidade com o Vale do São Francisco, um dos mais importantes corredores hidroambientais do Nordeste. A presença do rio São Francisco e de seus sistemas de irrigação, drenagem e umidade residual exerce influência direta sobre a estrutura do solo, disponibilidade hídrica e capacidade de regeneração da vegetação (Lima, *et al.*, 2022).

Para avaliar a distribuição dos eventos de fogo, foi elaborado um mapa de frequência de queimadas entre 2000 e 2022 (Figura 10), no qual a intensidade cromática expressa a recorrência dos focos variando das classes de 1 a 6. A análise revela um padrão espacial definido: a maior concentração de queimadas ocorre na região norte de Cabrobó, enquanto as áreas mais próximas ao Vale do São Francisco apresentam menor incidência. Essa distribuição sugere que a influência hidrológica do vale pode atuar como fator atenuante da propagação do fogo e como agente fortalecedor da regeneração vegetal.

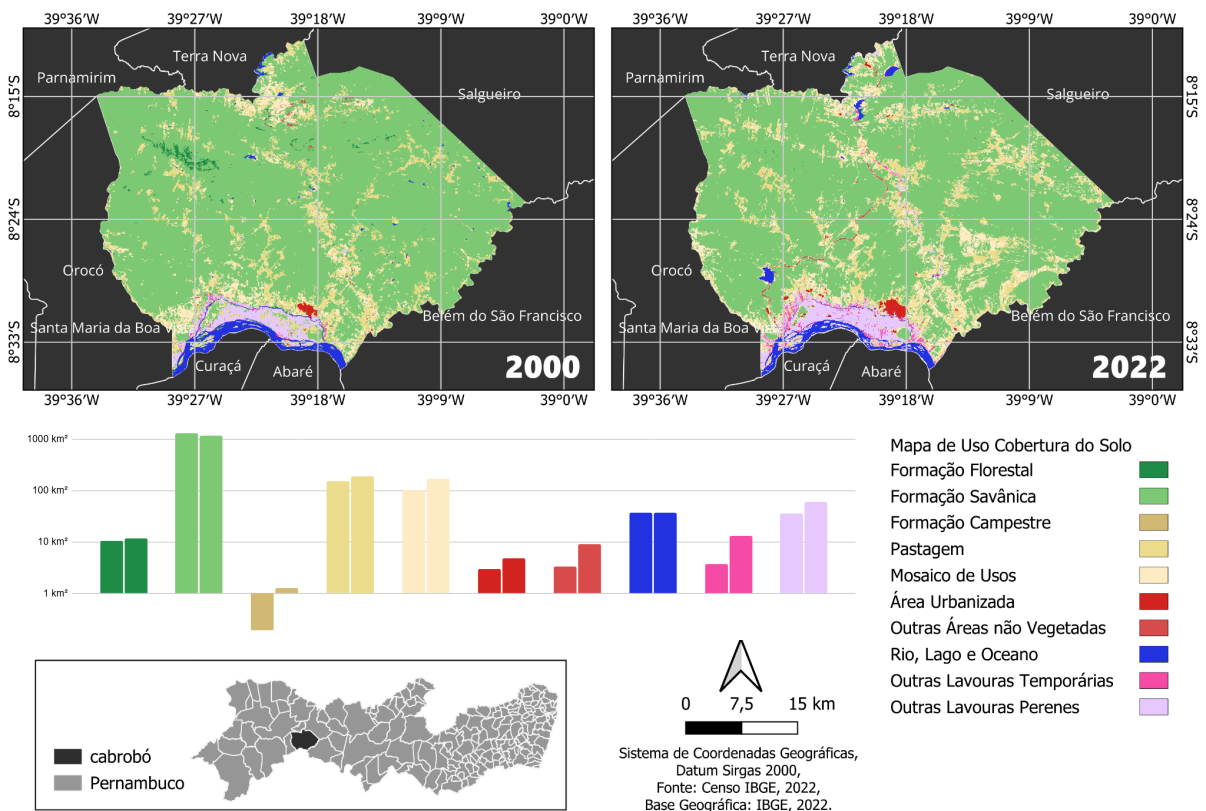
Figura 10 - Mapa de distribuição espacial das queimadas no município de Cabrobó



Fonte: O Autor, 2025

Foi elaborado um mapa comparativo da cobertura e uso do solo entre os anos de 2000 e 2022 (Figura 11). Os resultados indicam uma intensificação das atividades agropecuárias, com aumento expressivo das áreas destinadas às lavouras temporárias (248,35%), lavouras perenes (63,70%), pastagens (23,40%) e do mosaico de usos (69,43%). Essa expansão agrícola está diretamente relacionada à aplicação do fogo como prática de manejo, reforçando a influência humana na recorrência das queimadas e na fragmentação da paisagem.

Figura 11. Mapa de uso e cobertura do solo no município de Cabrobó-PE (2000-2022)



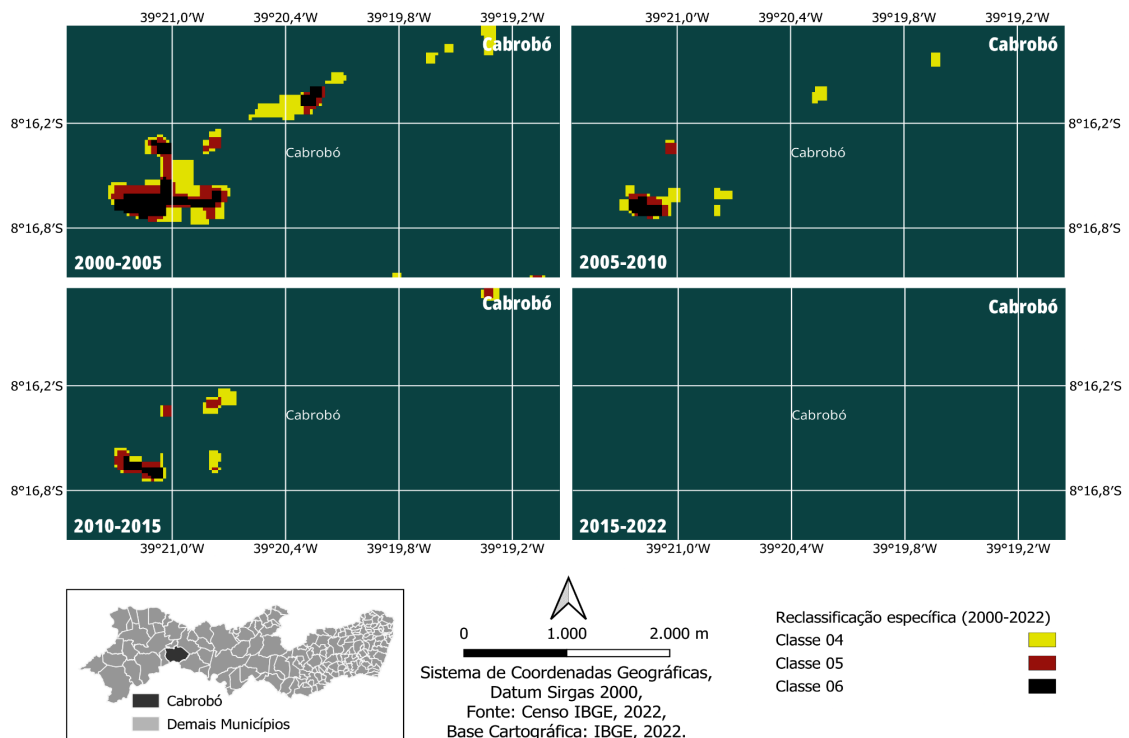
Fonte: Autor, 2025

Entretanto, ao mesmo tempo em que se verifica o avanço das áreas degradadas, também são observados sinais consistentes de regeneração ambiental. Nessas regiões, registram-se aumentos modestos, porém contínuos, de formações florestais, campestres e savânicas, além da estabilidade dos corpos hídricos. Esses padrões sugerem que a maior disponibilidade hídrica, somada a práticas agrícolas mais estruturadas, contribui para a recuperação gradual da vegetação local.

Assim, os resultados permitem afirmar que a presença do Vale do São Francisco demonstra exercer papel crucial como elemento moderador da degradação e indutor de regeneração, promovendo condições ecológicas mais favoráveis ao restabelecimento da cobertura vegetal ao longo do tempo.

Na porção norte do município, observou-se uma área crítica onde a frequência de fogo atingiu a classe 6, indicando alta recorrência de queimadas, contudo, essa intensidade diminuiu ao longo dos anos. Para melhor compreensão dessa dinâmica, foi realizada uma análise detalhada da região, considerando sua evolução em quatro períodos distintos (2000–2005, 2005–2010, 2010–2015 e 2015–2022). Cada intervalo foi avaliado de forma sistemática, permitindo identificar padrões de recorrência e mudanças na distribuição espacial das queimadas. Com isso, elaborou-se um mapa comparativo de frequência de fogo, que confirma uma tendência de redução gradual dos incêndios ao longo dos anos (Figura 13).

Figura 12 - Mapa comparativo de frequência de fogo de classes 04, 05 e 06 na área do município de Cabrobó-PE



Os dados apresentados na Figura 12, demonstram uma diminuição significativa na extensão e intensidade das queimadas, com as áreas afetadas mostrando-se cada vez mais restritas e com menos intensidade nos períodos mais recentes. Essa tendência de declínio sugere mudanças positivas nas dinâmicas de uso do solo, possivelmente associadas a alterações nas práticas agrícolas ou processos naturais de revitalização e regeneração vegetal (Lohbeck *et al.*, 2020).

A sequência temporal evidencia especialmente a redução das queimadas recorrentes, com muitos pontos críticos identificados nos primeiros intervalos tornando-se inativos nos períodos posteriores. Esta trajetória de melhoria oferece insights valiosos para a compreensão dos fatores que contribuíram para a redução dos incêndios na região, servindo como referência para estratégias de gestão ambiental em áreas com problemas similares.

Para analisar os impactos dessa redução de queimadas, nesta área do município de Cabrobó, foi realizada uma análise comparativa do mapa de uso e cobertura do solo, que revela profundas transformações na paisagem de Cabrobó ao longo de 22 anos. Entre 2000 e 2022, observou-se uma drástica redução nas áreas de formação campestre (91,45%) e pastagens (45,54%), que anteriormente ocupavam extensas porções do território municipal. Paralelamente, registrou-se um expressivo crescimento das áreas de Mosaico de Usos (170,05%) e de cultivos agrícolas, especialmente cana-de-açúcar e outras lavouras temporárias, que passaram a dominar a paisagem em 2022 (Tabela 6) e (Figura 13).

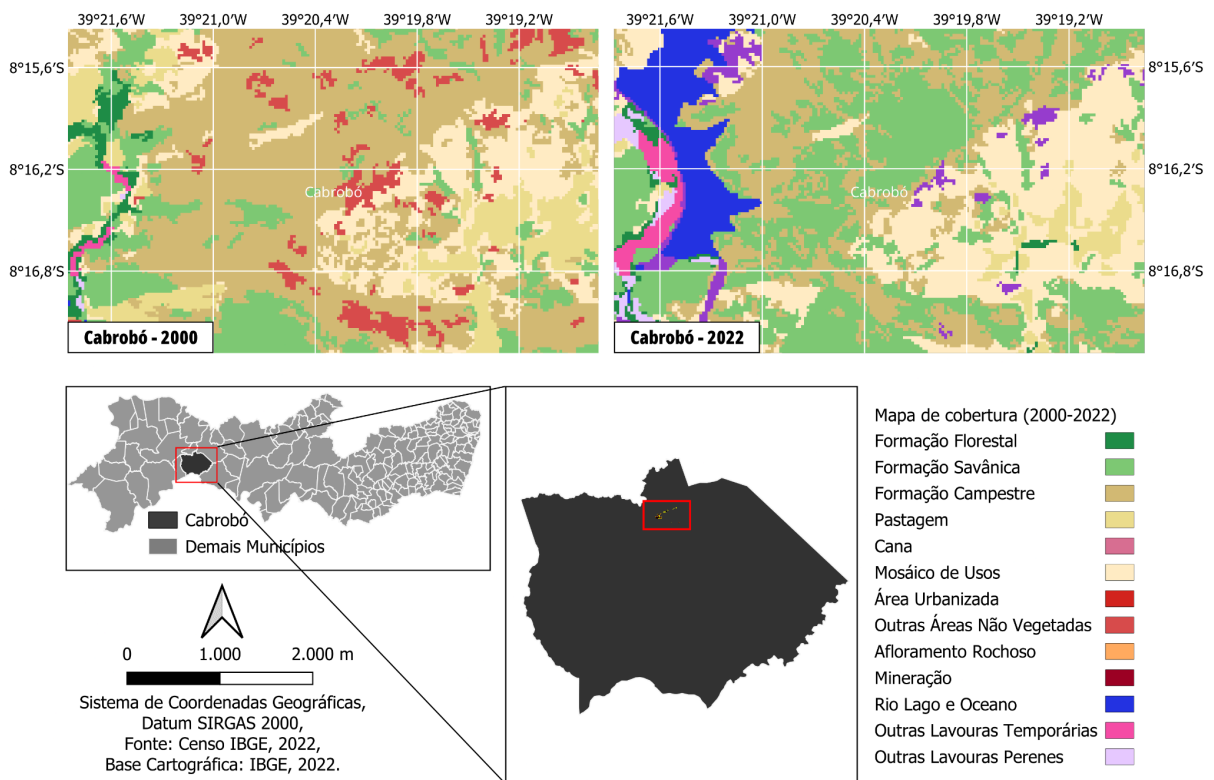
Tabela 6 - Variação do uso e cobertura do solo da área de estudo em Cabrobó (2000–2022)

Nº	Categoria	Cabrobó - 2000 (km)	Cabrobó - 2022 (km)
3	Formação Florestal	0,378	0,070
4	Formação Savânica	5,285	7,924
12	Formação Campestre	10,296	0,880
15	Pastagem	3,226	1,757
21	Mosaico de Usos	4,127	11,145
25	Outras áreas não vegetadas	1,210	0,595
33	Rio, Lago e oceano	0,064	1,782

	Outras Lavouras		
41	Temporárias	0,081	0,304
	Outras Lavouras		
48	Perenes	0,021	0,232

Fonte: Autor, 2025

Figura 13 - Mapa comparativo de uso e cobertura do solo na área do município de Cabrobó-PE



Fonte: Autor, 2025

Um dos aspectos mais significativos observados foi a expressiva expansão do corpo hídrico principal da região, cujo aumento ultrapassou 2.684% ao longo do período analisado. Esse crescimento não apenas reflete a influência hidrológica do Vale do São Francisco, reconhecido como o principal regulador da dinâmica fluvial local (Magalhães et al., 2021), mas também está diretamente associado à implantação e consolidação da Barragem Terra Nova, integrada ao Eixo Norte do Projeto de Integração do Rio São Francisco, como destacado na Figura 13 (MDR, 2020).

A chegada das águas transpostas favoreceu a estabilização do regime hídrico, permitindo a recomposição de nascentes, a recuperação das margens degradadas por ciclos repetidos de queimadas e a ampliação das áreas inundáveis. Esse novo aporte hídrico

contribuiu para transformar uma área historicamente marcada por processos de desertificação em um ambiente com maior disponibilidade de água superficial. Ademais, alterações climáticas regionais podem ter potencializado esse processo ao modificar padrões de vazão e redistribuição da umidade na bacia, reforçando a dinâmica de expansão do reservatório (Kayitesi, 2022; MDR, 2020; IPEA, 2021).

Dessa forma, observa-se que a dinâmica ambiental de Cabrobó ao longo das últimas décadas foi fortemente condicionada pela reorganização do regime hídrico regional, tanto pela influência natural do Vale do São Francisco quanto pela presença recente da Barragem Terra Nova. A maior disponibilidade de água no entorno promoveu condições microambientais mais favoráveis à recomposição da vegetação, reduzindo o estresse hídrico dos solos e aumentando a umidade relativa local. Esses fatores diminuem a suscetibilidade à reincidência de queimadas e fortalecem os processos de resiliência ecológica, permitindo que áreas anteriormente degradadas retomem gradualmente a cobertura vegetal, sobretudo nas zonas mais próximas à rede hídrica e às áreas de infiltração associadas ao reservatório (Alves Da Silva Rosa, *et al.*, 2021).

As transformações observadas também revelam uma mudança no uso do território, marcada pela expansão de áreas agrícolas e pela reorganização dos sistemas produtivos locais. Regiões antes destinadas predominantemente à pecuária extensiva passaram a ser ocupadas por cultivos e práticas agrícolas irrigadas, impulsionadas pela nova disponibilidade de água. Paralelamente, a regeneração das formações savânicas ocorreu, sobretudo, em setores periféricos aos cultivos, onde a pressão antrópica é menor, evidenciando processos naturais de recomposição da vegetação nativa e uma transição gradual para um mosaico de usos mais heterogêneo (Huang, 2021).

6. CONCLUSÃO

O estudo comparativo entre Triunfo (Sertão) e Cabrobó (São Francisco), municípios pertencentes ao mesmo bioma Caatinga, permitiu compreender como distintas pressões ambientais e padrões de uso do solo influenciam a dinâmica das queimadas no semiárido. A análise de frequência de fogo entre 2000 e 2022 evidenciou que Triunfo apresentou, nos primeiros anos, um aumento significativo nas classes 4 e 5, com ampliação expressiva das áreas queimadas entre 2000–2005 e 2005–2010. Entretanto, após 2010, observou-se uma redução consistente das queimadas recorrentes, indicando um declínio dos eventos mais severos, contudo o fogo continua ocorrendo em classes inferiores, o que resultou em uma redução de 64,46% de formação florestal.

Em contraste, Cabrobó demonstrou um comportamento ambiental mais dinâmico, marcado tanto por pressões antrópicas quanto por sinais de regeneração. Apesar da intensificação agropecuária no setor norte, o município apresentou recuperação progressiva da vegetação e, sobretudo, um aumento expressivo do corpo hídrico principal: o rio ampliou sua área de influência em aproximadamente 2684% ao longo do período analisado. Esse processo está diretamente relacionado à proximidade com o Vale do São Francisco e às intervenções hídricas regionais, incluindo a presença da Represa de Terra Nova, que contribui para a estabilidade da vazão, o suporte hídrico e a melhoria das condições para regeneração vegetal.

A comparação entre os dois municípios mostrou que, embora compartilhem o mesmo bioma, suas trajetórias ambientais diferem substancialmente. Triunfo apresentou maior redução na recorrência de queimadas severas, enquanto Cabrobó demonstrou maior capacidade de reorganização ecológica, com destaque para o aumento de áreas florestais, a recuperação de cobertura savânica e a expansão hídrica.

De modo geral, os resultados confirmam que a dinâmica do fogo no semiárido é profundamente modulada pela interação entre fatores ambientais, disponibilidade hídrica e, principalmente, ações humanas. Esses achados reforçam a importância do monitoramento contínuo e do planejamento territorial integrado, especialmente em regiões onde a água, seja por rios, vales ou reservatórios, desempenha papel decisivo na resiliência da paisagem.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDELA, K. A. et al. Unravelling the Effects of Climate Extremes and Land Use on Greenhouse Gas Emissions in the Yangtze River Riparian: Soil Columns Experiments. **Ecohydrology**, v. 18, n. 3, 13 abr. 2025.

ADESSU, BAIXA VERDE - Associação de Desenvolvimento Rural Sustentável. Triunfo-PE, **Histórico institucional e missão organizacional**. 2011. Disponível em: <https://adessubv.webnode.com.br/>.

ALENCAR, A. A. C. et al. Long-Term Landsat-Based Monthly Burned Area Dataset for the Brazilian Biomes Using Deep Learning. **Remote Sensing**, v. 14, n. 11, p. 2510, 24 maio 2022.

ALVES DA SILVA ROSA, L.; MORAIS, M.; SAITO, C. Water Security and River Basin Revitalization of the São Francisco River Basin: A Symbiotic Relationship. **Water**, v. 13, n. 7, p. 907, 26 mar. 2021.

BARROS, M. R. G. Atributos Físicos Do Solo Como Indicadores Do Grau De Degradação Em Áreas Remanescentes Da Caatinga Em Triunfo-PE. **Universidade Federal Rural de Pernambuco**, p. 1-42, 2020.

BENFICA, N. S.; SILVA, D. P.; DELGADO, R. C. Dinâmica de áreas queimadas através de dados orbitais do sensor modis e influência climática no parque nacional da Chapada Diamantina. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, 2021.

BOWMAN, D. M. J. S. et al. Vegetation fires in the Anthropocene. **Nature Reviews Earth & Environment**, v. 1, n. 10, p. 500–515, 18 ago. 2020.

CARVALHO, R. DOS S. Análise Temporal Da Cobertura Vegetal Do Perímetro Urbano De Marabá De 2006 A 2016. In: **Anais do XVI Simpósio Nacional de Geografia Urbana - XVI SIMPURB**, v. 1, p. 3790-3809, 8 dez. 2019.

CARVALHO, W. S.; MAGALHÃES FILHO, F. J. C.; SANTOS, T. L. Uso e cobertura do solo utilizando a Plataforma Google Earth Engine (GEE): Estudo de caso em uma Unidade de Conservação. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 15280-15300, 2021.

CAVALCANTE, J. C.; ALMEIDA, C. A.; CASTELO, T. B. Análise de NDVI e Temperatura da Superfície Terrestre Utilizando a Plataforma do Google Earth Engine em Área de Savana Amazônica e Floresta Secundária, no Município de Vigia-PA. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 6, n. 1, p. 64-70, 2020.

CRUZ, C. L. Z.; CRUZ, C. B. M. Avaliação da Exatidão Temática da Cobertura e Uso da Terra Representada através do Mapbiomas no Rio de Janeiro. **GEOgraphia**, v. 23, n. 50, 2021.

DA SILVA JÚNIOR, I. B. et al. Space-Time Variability of Drought Characteristics in Pernambuco, Brazil. **Water**, v. 16, n. 11, p. 1490, 23 maio 2024.

DE OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F. et al. Spatiotemporal Analysis of Fire Foci and Environmental Degradation in the Biomes of Northeastern Brazil. **Sustainability**, v. 14, n. 11, p. 6935, 6 jun. 2022.

DUARTE, W. DE J. B. Educação Ambiental Na Amazônia Em Período De Pandemia. **Educação Ambiental em Ação**, v. XX, n. 75, 8 jun. 2021.

ELOY, L. et al. Manejo do fogo por povos indígenas e comunidades tradicionais no Brasil. **Hal Open Science**, 2021.

FERREIRA, A. I. G. et al. Spatial and temporal vegetation indices to identify priority areas for biodiversity conservation in the most threatened savanna of the world. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 197, n. 10, p. 1092, 8 set. 2025.

FRUEHAUF, A. L.; SILVA, P. V.; LOMBARDO, M. A. O uso da geotecnologia e análise estatística dos incêndios florestais na Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade, Rio Claro, São Paulo, Brasil. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, 2022.

GÁCITA, M. S. et al. Impact of mixing state and hygroscopicity on CCN activity of biomass burning aerosol in Amazonia. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v. 17, p. 2373-2392, 2017.

GOUVEIA, J. R. F. et al. Caracterização de Cicatrizes de Queimadas nas Mesorregiões do Sertão e São Francisco Pernambucano a partir de dados do Sensor MODIS. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 2, p. 881-996, 2021.

GOUVEIA, J. R. F.; NASCIMENTO, C. R. Uso e cobertura do solo após eventos de queimadas no município de Floresta em Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, 2022.

HUANG, H. et al. Land Use Transition and Driving Forces in Chinese Loess Plateau: A Case Study from Pu County, Shanxi Province. **Land**, v. 10, n. 1, p. 67, 13 jan. 2021.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades e Estados do Brasil. Rio de Janeiro: **IBGE**, 2022.

IPEA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. *Transposição do Rio São Francisco: Relatório Técnico do Eixo Norte*. Brasília, **IPEA**, 2021.

JARDIM, A. M. DA R. F. et al. Using Remote Sensing to Quantify the Joint Effects of Climate and Land Use/Land Cover Changes on the Caatinga Biome of Northeast Brazilian. **Remote Sensing**, v. 14, n. 8, p. 1911, 15 abr. 2022.

KAYITESI, N. M.; GUZHA, A. C.; MARIETHOZ, G. Impacts of land use land cover change and climate change on river hydro-morphology- a review of research studies in tropical regions. **Journal of Hydrology**, v. 615, p. 128702, dez. 2022.

LIMA, A. S.; VIEIRA JUNIOR, B. C. Estudo sobre as queimadas no município de Codó (MA), Brasil. **Boletim Paulista de Geografia**, v. 1, 2022.

LIMA, C. E. S. et al. Anthropic Changes in Land Use and Land Cover and Their Impacts on the Hydrological Variables of the São Francisco River Basin, Brazil. **Sustainability**, v. 14, n. 19, p. 12176, 26 set. 2022.

LIMA, E. G. S. et al. Uso de sistemas alternativos e a redução das queimadas: uma análise temporal de focos de calor nos municípios de Igarapé-Açu e Marapanim, Pará. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, 2021.

LOHBECK, M. et al. Drivers of farmer-managed natural regeneration in the Sahel. Lessons for restoration. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 15038, 14 set. 2020.

LOTUFO, J. B. S. et al. Índices Espectrais e Temperatura de Superfície em Áreas Queimadas no Parque Estadual do Araguaia em Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 2, p. 648-663, 2020.

MACHADO NETO, A. de P. et al. Mapas de risco de incêndios florestais para o Parque Natural Municipal Florestal de Sinop, Mato Grosso, Brasil. **Scientific Electronic Archives**, v. 16, n. 1, 2023.

MACHADO-SILVA, F. et al. Drought and fires influence the respiratory diseases hospitalizations in the Amazon. **Ecological Indicators**, v. 109, 105817, 2020.

- MAGALHÃES, A. R.; MARTINS, E. S. P. R. The São Francisco River Basin. In: **Sustainability of Engineered Rivers In Arid Lands**. [s.l.] Cambridge University Press, 2021. p. 132–151.
- MAPBIOMAS, Projeto MapBiomass, Coleção 6 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil, **MapBiomass**, 2021.
- MARQUES, É. T.; GUNKEL, G.; SOBRAL, M. C. Management of Tropical River Basins and Reservoirs under Water Stress: Experiences from Northeast Brazil. **Environments**, v. 6, n. 6, p. 62, 4 jun. 2019.
- MDR, Ministério do Desenvolvimento Regional. *Relatórios de Operação do Projeto de Integração do Rio São Francisco*. Brasília, **MDR**, 2020.
- MESCOLOTTI, P. C. et al. Fluvial aggradation and incision in the Brazilian tropical semi-arid: Climate-controlled landscape evolution of the São Francisco River. **Quaternary Science Reviews**, v. 263, p. 106977, jul. 2021.
- MOLENA, C. et al. Análise das Mudanças do Uso e Cobertura do Solo entre 1985 e 2018 da Bacia Hidrográfica do Rio Jundiá-Mirim-Jundiá/São Paulo. **Geografia**, v. 46, n. 1, p. 1-22, 2021.
- MONTEIRO, J. B.; ROCHA, A. B.; ZANELLA, M. E. Técnica dos quantis para caracterização de anos secos e chuvosos (1980-2009). **Revista do Departamento de Geografia**, v. 23, p. 232-249, 2012.
- NOGUEIRA, J. et al. Spatial Pattern of the Seasonal Drought/Burned Area Relationship across Brazilian Biomes: Sensitivity to Drought Metrics and Global Remote-Sensing Fire Products. **Climate**, v. 5, n. 2, p. 42, 16 jun. 2017.
- NOGUEIRA, S. et al. Análise da Eficiência de Índices Espectrais no Domínio Fitogeográfico Caatinga, no Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 18, n. 4, p. 3065–3085, 5 maio 2025.
- PACHECO, A. P.; SILVA JUNIOR, J. A. Análise Espaço-Temporal de Áreas de Queimadas no Estado do Maranhão a partir de Imagens MODIS e Classificação Random Forest. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 44, 2021.
- QIU, J. et al. Quantifying Forest Fire and Post-Fire Vegetation Recovery in the Daxin'anling Area of Northeastern China Using Landsat Time-Series Data and Machine Learning. **Remote Sensing**, v. 13, n. 4, p. 792, 2021.
- ROCHA, K. da S.; DUETI, L. de S. M. Qgis: Um Sistema de Informação Geográfica Livre e Aberto. v. 1. **Laboratório de Geoprocessamento - LAGEOP/UFAC**, 2023.
- ROGEAU, M.-P.; ARMSTRONG, G. W. Quantifying the effect of elevation and aspect on fire return intervals in the Canadian Rocky Mountains. **Forest Ecology and Management**, v. 384, p. 248-261, jan. 2017.

- SALES, G. M. et al. Emprego dos focos de calor na avaliação das queimadas e em incêndios florestais em Paragominas, Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais**, v. 14, n. 1, 2019.
- SANTIAGO, A. S. M. et al. Proposta de Áreas Prioritárias para Implantação de Brigadas de Incêndio Florestal do IBAMA No Piauí. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 6, p. 3042–3058, 29 dez. 2023.
- SANTOS, B. A. et al. Distribuição Espaço-Temporal dos Focos de Calor no Estado de Minas Gerais. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 42, 2020.
- SANTOS, E. L. et al. Assessment of Land Use, Cover Changes, and Fire Hotspots in a Conservation Unit: A 20-Year Analysis. **Floresta e Ambiente**, v. 30, n. 3, 2023.
- SANTOS, F. et al. Biomass burning emission disturbances of isoprene oxidation in a tropical forest. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v. 18, n. 17, p. 12715-12734, 4 set. 2018.
- SANTOS, F. L. M. et al. Prescribed Burning Reduces Large, High-Intensity Wildfires and Emissions in the Brazilian Savanna. **Fire**, v. 4, n. 3, p. 56, 2 set. 2021.
- SILVA, A. C. DA; JUVANHOL, R. S.; MIRANDA, J. DA R. Variabilidade espaço-temporal de ocorrência e recorrência de fogo no Bioma Caatinga usando dados do sensor MODIS. **Ciência Florestal**, v. 33, n. 1, p. e70195, 10 abr. 2023.
- SILVA, E. A. et al. Influência da qualidade do ar dentro das Políticas Públicas de Saúde. **Cadernos UniFOA**, v. 5, n. 1, p. 56, 2018.
- SILVA JUNIOR, J. A.; PACHECO, A. D. P. Avaliação de incêndio em ambiente de Caatinga a partir de imagens Landsat-8, índice de vegetação realçado e análise por componentes principais. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 1, p. 417–439, 15 mar. 2021.
- SILVA JUVANHOL, R. et al. Análise Espaço-Temporal da Regeneração da Vegetação Pós-Fogo no Bioma Caatinga – Brasil, no Período de 2002-2021. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 18, n. 05, p. 3790–3805, 6 ago. 2025.
- SMITH, P. et al. Global change pressures on soils from land use and management. **Global Change Biology**, v. 22, n. 3, p. 1008–1028, 26 mar. 2016.
- SOUZA JR, C. M. et al. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in brazilian biomes with landsat archive and earth engine. **Remote Sensing**, v. 12, n. 17, p. 2735, 2020.
- TEIXEIRA, A. L. S. Correlação entre índices espectrais de verdor, umidade e senescência e ocorrências de queimadas no Parque Nacional de Brasília. **Universidade de Brasília**, 2020.
- TERZANO, R. et al. Fire effects on the distribution and bioavailability of potentially toxic elements (PTEs) in agricultural soils. **Chemosphere**, v. 281, p. 130752, out. 2021.
- WEATHER SPARK**. The weather year round anywhere on earth, Dados climáticos históricos e previsões, 2025. Disponível em: <http://weatherspark.com>.

WEISE, D. R.; WRIGHT, C. S. Wildland fire emissions, carbon and climate: Characterizing wildland fuels. **Forest Ecology and Management**, v. 317, p. 26-40, abr. 2014.

YANG, L. et al. Google Earth Engine and Artificial Intelligence (AI): A Comprehensive Review. **Remote Sensing**, v. 14, n. 14, 2022.

ZHOU, L. et al. Contrasting Post-Fire Dynamics between Africa and South America based on MODIS Observations. **Remote Sensing**, v. 11, n. 9, p. 1074, 2019.