

Análise espaço-temporal da evolução do uso e cobertura da terra com ocorrência de fogo no estado de Goiás

Spatio-temporal analysis of the evolution of land use and cover with the occurrence of fire in the state of Goiás

Análisis espacio-temporal de la evolución del uso y cobertura del suelo con la ocurrencia de incendios en el estado de Goiás

Talita Teles Assunção 

Doutora em Ciências Ambientais
Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil
telesassuncaotalita@gmail.com

Nilson Clementino Ferreira 

Doutor em Ciências Ambientais
Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil
nclferreira@gmail.com

Fausto Miziara 

Doutor em Sociologia
Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil
fausto@ufg.br

Wellington Nunes de Oliveira 

Doutor em Ciências Ambientais
Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil
wellington.wno@gmail.com

Resumo

O fogo exerce um papel ecológico complexo no bioma Cerrado, configurando-se, simultaneamente, como um processo natural e uma consequência das atividades antrópicas. Este estudo teve como objetivo analisar a dinâmica espaço-temporal das ocorrências de fogo no estado de Goiás entre 1985 e 2021, considerando as diferentes classes de uso e cobertura da terra, bem como a variação por mesorregiões. A metodologia baseou-se em técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, utilizando dados do MapBiomas e a plataforma Google Earth Engine para



<https://doi.org/10.28998/contegeo.11i.25.19749>

Artigo publicado sob a [Licença Creative Commons 4.0](#)

Submetido em: 05/06/2025

Aceito em: 08/06/2026

Publicado: 27/07/2026

e-Location: 19749

reclassificação dos dados e cálculo das áreas impactadas em hectares e percentuais. Os resultados evidenciaram que as formações naturais não florestais e as florestas naturais foram as classes mais afetadas pelo fogo, com picos de ocorrência nos anos de 1988, 2007 e 2010. Em contrapartida, os menores percentuais de área atingida foram observados em 2009, 2013 e 2018. A análise por mesorregiões indicou que as regiões Norte e Leste apresentaram as maiores médias de áreas queimadas sobre formações naturais. Entre 1985 e 2021, verificou-se um decréscimo geral das áreas impactadas, exceto na classe silvicultura, que demonstrou aumento relativo. Os resultados indicam uma relação direta entre o uso e ocupação da terra e a incidência de incêndios, evidenciando padrões espaciais associados às práticas antrópicas e à dinâmica da fronteira agropecuária. Conclui-se que a compreensão da dinâmica do fogo e de sua relação com as transformações territoriais no Cerrado goiano é essencial para subsidiar políticas públicas voltadas à prevenção, controle e mitigação dos impactos ambientais decorrentes dos incêndios florestais.

Palavras-chave: Cerrado; Incêndios Florestais; Uso e cobertura da terra; Geotecnologias; Sensoriamento remoto.

Abstract

Fire plays a complex ecological role in the Cerrado biome, acting simultaneously as a natural process and a consequence of human activities. The objective of this study was to analyze the spatiotemporal dynamics of fire occurrences in the state of Goiás between 1985 and 2021, taking into account different land-use and land-cover classes, as well as variations across mesoregions. The methodology was based on remote sensing and geoprocessing techniques, using data from MapBiomas and the Google Earth Engine platform to reclassify the data and calculate the impacted areas in hectares and percentages. The results showed that natural non-forest formations and natural forests were the classes most affected by fire, with peaks in occurrence in 1988, 2007, and 2010. In contrast, the lowest percentages of area affected were observed in 2009, 2013, and 2018. The analysis by mesoregions indicated that the North and East regions had the highest averages of burned areas on natural formations. Between 1985 and 2021, there was an overall decrease in the areas affected, except in the forestry category, which showed a relative increase. The results indicate a direct relationship between land use and land cover and the incidence of fires, revealing spatial patterns associated with human activities and the dynamics of the agricultural frontier. It is concluded that understanding fire dynamics and their relationship with territorial transformations in the Cerrado of Goiás is essential to inform public policies aimed at preventing, controlling, and mitigating the environmental impacts resulting from forest fires.

Keywords: Cerrado; Forest fires; Land use and cover; Geotechnologies; Remote sensing.

Resumen

El fuego desempeña un papel ecológico complejo en el bioma del Cerrado, constituyéndose simultáneamente como un proceso natural y una consecuencia de las actividades antropogénicas. El objetivo de este estudio fue analizar la dinámica espacio-temporal de los incendios en el estado de Goiás entre 1985 y 2021, teniendo

en cuenta las diferentes clases de uso y cobertura del suelo, así como las variaciones por mesorregiones. La metodología se basó en técnicas de teledetección y geoprocesamiento, utilizando datos de MapBiomas y la plataforma Google Earth Engine para reclasificar los datos y calcular las áreas afectadas en hectáreas y porcentajes. Los resultados evidenciaron que las formaciones naturales no forestales y los bosques naturales fueron las clases más afectadas por el fuego, con picos de ocurrencia en los años 1988, 2007 y 2010. Por el contrario, los porcentajes más bajos de superficie afectada se observaron en 2009, 2013 y 2018. El análisis por mesorregiones indicó que las regiones Norte y Este presentaron los mayores promedios de áreas quemadas sobre formaciones naturales. Entre 1985 y 2021 se observó una disminución general de las áreas afectadas, salvo en la categoría de silvicultura, que registró un aumento relativo. Los resultados indican una relación directa entre el uso y la ocupación del suelo y la incidencia de incendios, poniendo de manifiesto patrones espaciales asociados a las prácticas antropogénicas y a la dinámica de la frontera agropecuaria. Se concluye que comprender la dinámica del fuego y su relación con las transformaciones territoriales en el Cerrado de Goiás es esencial para respaldar políticas públicas orientadas a la prevención, el control y la mitigación de los impactos ambientales derivados de los incendios forestales.

Palabras clave: Cerrado; Incendios forestales; Uso y cobertura del suelo; Geotecnologías; Teledetección.

INTRODUÇÃO

A crescente demanda por commodities no mercado internacional tem reforçado o papel do Brasil como um dos principais exportadores globais de produtos agrícolas e minerais (Oliveira et al., 2025). Esse protagonismo consolidou uma economia fortemente baseada no agronegócio, com destaque para a produção de soja, carne bovina, minério de ferro, algodão, entre outras culturas que compõem a base das exportações brasileiras. Contudo, a expansão territorial voltada à produção de commodities tem gerado profundos impactos socioambientais, especialmente nas regiões onde se localizam os principais polos produtivos (Souza e Ribeiro, 2025).

Dentre os biomas mais afetados por essa lógica produtiva está o Cerrado, reconhecido como a savana mais biodiversa do planeta e o segundo maior bioma brasileiro em extensão territorial (Machado, Aguiar e Bustamante, 2024). Ocupando aproximadamente 22% do território nacional, o Cerrado exerce um papel estratégico na conservação da biodiversidade, na regulação do ciclo hidrológico e no abastecimento de aquíferos (Mendonça e Menezes Júnior, 2024). No entanto, a intensificação do uso da terra para atividades agropecuárias tem resultado na perda

acelerada de vegetação nativa, modificação dos ciclos naturais e aumento da incidência de incêndios florestais, muitas vezes associadas a práticas ilegais de manejo do solo (Gajendiran et al., 2023).

O uso do fogo é uma prática recorrente no processo de expansão agropecuária no Cerrado, sendo frequentemente empregado na limpeza de áreas desmatadas ou na renovação de pastagens (Matos, 2025). Quando utilizado de forma inadequada, sobretudo em períodos de estiagem, o fogo pode provocar incêndios de grandes proporções, com efeitos devastadores sobre os ecossistemas. Esses incêndios afetam diretamente a biodiversidade, comprometem a qualidade do solo e da água, alteram os ciclos biogeoquímicos e intensificam as mudanças climáticas em escalas local, regional e global (Gajendiran et al., 2023).

Embora o Cerrado possua adaptações ecológicas ao fogo, sua resiliência tem limites, especialmente diante da recorrência e da intensidade dos incêndios antrópicos (Souza Ribeiro, 2024). Incêndios frequentes podem acarretar a perda de nutrientes, a erosão e a compactação do solo, comprometendo a sustentabilidade dos sistemas ecológicos e produtivos.

Nesse contexto, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e o sensoriamento remoto se apresentam como ferramentas essenciais para o monitoramento e a análise das transformações na paisagem (Vasconcellos, 2024). A análise multitemporal de imagens obtidas por satélites orbitais permite identificar padrões de alteração no uso e cobertura da terra, bem como mapear as áreas impactadas pelo fogo (Sousa e Silva, 2020).

Entre as principais iniciativas voltadas à geração de dados geoespaciais, destaca-se o MapBiomias, projeto desenvolvido por uma rede colaborativa de universidades, ONGs e empresas de tecnologia. Essa iniciativa fornece dados públicos, abertos e anuais sobre o uso da terra, cicatrizes de fogo, áreas irrigadas, mineração, entre outros temas relevantes, abrangendo todo o território nacional desde 1985. As informações são produzidas a partir de imagens dos satélites Landsat (30 m de resolução) e Sentinel-2 (10 m de resolução), processadas com o uso de algoritmos de aprendizado de máquina, como redes neurais profundas (DNN), na plataforma Google Earth Engine (MapBiomias, 2024).

Considerando o estado de Goiás como recorte espacial, por se situar integralmente no bioma Cerrado e representar uma das áreas com intensa atividade

agropecuária, parte-se da hipótese da existência de correlação significativa entre a ocorrência de cicatrizes de fogo e as mudanças no uso e cobertura da terra ao longo do tempo.

Diante disso, o objetivo deste trabalho é analisar a dinâmica espaço-temporal das cicatrizes de fogo em relação às mudanças no uso e cobertura da terra no estado de Goiás, no período de 1985 a 2021, por meio de técnicas de sensoriamento remoto e análise espacial. Espera-se que os resultados contribuam para o entendimento das interações entre o uso da terra e os incêndios florestais, subsidiando estratégias de gestão ambiental mais eficazes.

MATERIAIS E MÉTODOS

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estado de Goiás está situado na região Centro-Oeste do Brasil, entre as latitudes 12°57'00" e 19°45'00" S e longitudes 46°20'00" e 52°45'00" O, abrangendo uma área territorial de aproximadamente 340.111 km² (IBGE, 2024). Sua localização no Planalto Central Brasileiro o insere integralmente no domínio do bioma Cerrado, conferindo-lhe características ecológicas e climáticas típicas dessa formação savânica.

Nesse contexto, o território goiano é adotado não apenas como delimitação administrativa, mas como uma unidade analítica estratégica no âmbito do Cerrado brasileiro. Inserido em uma das principais frentes de expansão da fronteira agropecuária, apresenta intensas transformações na dinâmica de uso e cobertura da terra, configurando-se como um espaço privilegiado para a análise das interações entre mudanças antrópicas, variabilidade ambiental e regimes de fogo (Santos et al., 2022). Ademais, a elevada recorrência de incêndios, frequentemente associada a práticas de manejo do solo, reforça sua relevância como área de investigação.

O Cerrado, bioma predominante no estado, é reconhecido como a savana mais biodiversa do mundo, abrigando elevada diversidade de espécies endêmicas de fauna e flora (Leonardo-Silva et al., 2022). Além disso, desempenha papel fundamental na conservação hídrica, ao concentrar nascentes de importantes bacias hidrográficas, como as dos rios Araguaia, Tocantins, São Francisco e Paraná. A vegetação

apresenta elevada heterogeneidade fisionômica, variando de campos limpos e cerrado sensu stricto a cerradões e matas ciliares, adaptadas ao regime climático sazonal e à recorrência do fogo.

O clima predominante é o tropical sazonal (Aw, segundo Köppen), caracterizado por duas estações bem definidas: uma chuvosa (outubro a abril) e outra seca (maio a setembro). Durante a estação seca, a redução da umidade relativa do ar, associada à ocorrência de ventos, favorece a propagação do fogo, frequentemente relacionada a práticas agropecuárias (Hofmann et al., 2021).

Figura 1 – Mapa de localização do estado de Goiás com a divisão por mesorregião.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Administrativamente, Goiás é subdividido em cinco mesorregiões: Noroeste, Norte, Centro, Leste e Sul Goiano as quais constituem um recorte analítico relevante para a compreensão das dinâmicas espaciais (Souza et al., 2023). Essa regionalização permite identificar diferentes padrões socioeconômicos e ambientais, resultantes das distintas formas de apropriação e uso do espaço (Suárez-Roldán et

al., 2024). Dessa forma, possibilita uma análise mais refinada das variações espaciais tanto no uso e cobertura da terra quanto na ocorrência de eventos de fogo.

A economia do estado apresenta forte dependência do agronegócio, com destaque para a produção de soja, milho, algodão e pecuária bovina. A expansão da fronteira agrícola, impulsionada por avanços tecnológicos e pela ampliação da infraestrutura logística, tem intensificado a conversão da vegetação nativa em áreas produtivas, contribuindo para o aumento da vulnerabilidade ambiental e da incidência de focos de calor (Silva, 2022).

Dados do MapBiomas (2024) indicam que Goiás apresenta, desde 1985, um padrão contínuo de redução da vegetação nativa, diretamente associado à expansão agropecuária e ao crescimento urbano. Paralelamente, observa-se elevada recorrência de cicatrizes de fogo, distribuídas de forma heterogênea entre as mesorregiões, evidenciando relações com os distintos padrões de uso e cobertura da terra.

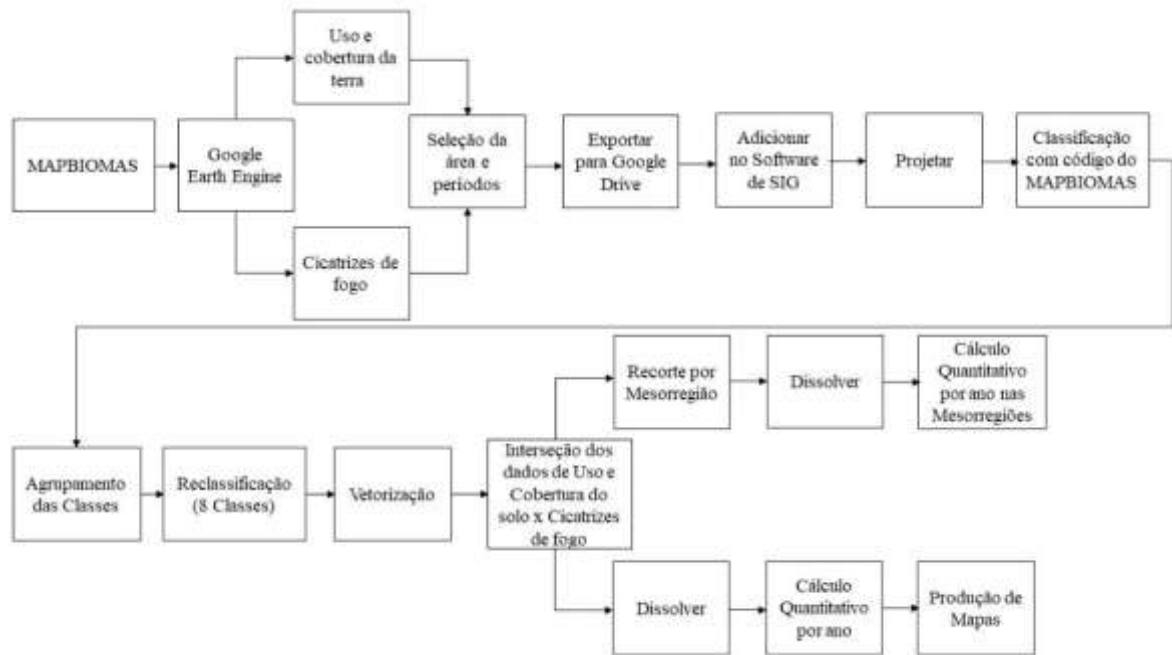
Nesse sentido, o território goiano não deve ser compreendido apenas como um recorte político-administrativo, mas como uma unidade territorial analítica representativa das transformações recentes no Cerrado. Sua inserção em uma das principais frentes de expansão agropecuária do Brasil, aliada à heterogeneidade ambiental e à recorrência de incêndios, permite interpretá-lo como um espaço-síntese das dinâmicas socioambientais que articulam uso da terra, mudanças climáticas e regimes de fogo em savanas tropicais.

Sob essa perspectiva, o território é entendido como resultado das relações de poder e das práticas sociais que se materializam no espaço, conforme proposto por Claude Raffestin, ao enfatizar o caráter relacional e político da produção territorial. De modo complementar, Milton Santos concebe o espaço geográfico como um conjunto indissociável de sistemas de objetos e ações, evidenciando que as transformações no uso da terra refletem a interação entre técnicas, normas e agentes sociais. Assim, a análise do estado de Goiás como unidade empírica e analítica permite apreender, de forma integrada, os processos históricos, econômicos e ambientais que condicionam a dinâmica do fogo no Cerrado.

BASE DE DADOS E SOFTWARES

A metodologia adotada para o desenvolvimento deste estudo envolveu uma combinação de procedimentos organizados em etapas sucessivas, conforme representado no fluxograma da Figura 2. Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os temas centrais da pesquisa, seguida pela aquisição e processamento dos dados geográficos.

Figura 2 – Fluxograma da Metodologia



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A obtenção dos mosaicos de imagens de satélite (dados matriciais) foi realizada por meio da plataforma *Google Earth Engine* (GEE), acessada via interface do projeto MapBiomias. Foram selecionadas, por meio de filtros na tabela de atributos, as camadas de Uso e Cobertura da Terra (Coleção 7) e Cicatrizes de Fogo (Coleção 2) referentes ao estado de Goiás, abrangendo o período de 1985 a 2021. O recorte temporal adotado foi definido com base na disponibilidade dos dados no período de execução da pesquisa (MapBiomias, 2022). Após a seleção, os dados foram exportados em formato *raster* (.tif) para o *Google Drive*.

O processamento dos dados foi realizado no software de Sistema de Informação Geográfica QGIS, versão 3.32. As imagens *raster* foram inicialmente reprojetadas do sistema de coordenadas geográficas SIRGAS 2000 para o sistema UTM, com o objetivo de viabilizar os cálculos de área. Em seguida, aplicou-se a simbologia padronizada da

Coleção 7 do MapBiomas, baseada nos valores dos pixels, para a categorização do uso e cobertura da terra (Santos, Bento-Gonçalves, Vieira, 2021).

Foi necessário realizar um agrupamento de classes, devido à existência de níveis hierárquicos distintos nas categorias originais. Assim, os dados foram reclassificados em oito novas classes temáticas: Floresta Natural, Formação Natural não Florestal, Pastagem, Agricultura, Silvicultura, Mosaico de Usos, Área Não Vegetada e Corpo d'Água. Após a reclassificação, os dados foram vetorizados, ou seja, convertidos da estrutura matricial para vetorial.

A etapa seguinte consistiu na interseção topológica entre os polígonos de uso e cobertura da terra e as cicatrizes de fogo, com o objetivo de identificar e isolar as áreas com ocorrência de fogo. Em seguida, foi realizado o agrupamento dos polígonos por classe, possibilitando o cálculo das áreas (em hectares) para cada categoria de uso e cobertura da terra. Esse procedimento foi repetido para todos os anos da série histórica, totalizando 37 anos de dados processados.

Para a análise por mesorregiões, foi utilizado o *shapefile* da divisão político-administrativa do estado de Goiás, disponível no portal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A partir disso, os resultados das interseções topológicas (uso e cobertura da terra versus cicatrizes de fogo) foram espacialmente recortados segundo os limites das cinco mesorregiões goianas: Noroeste Goiano, Norte Goiano, Centro Goiano, Leste Goiano e Sul Goiano (Souza *et. al.*, 2023). Esse recorte permitiu a geração de uma nova série temporal vetorial por mesorregião.

Posteriormente, os polígonos foram agrupados por classe temática e por mesorregião, possibilitando o cálculo das áreas impactadas em hectares nos anos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2021. Com os dados organizados, foram produzidos mapas temáticos ilustrativos representando a distribuição espacial dos eventos de fogo e seu cruzamento com as diferentes formas de uso da terra.

A análise quantitativa foi realizada por meio de planilhas eletrônicas, nas quais foram calculados os percentuais de área impactada por classe e por mesorregião em cada ano da série. Por fim, foram elaboradas tabelas e gráficos estatísticos, com o intuito de sintetizar e visualizar os resultados da análise temporal e espacial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Evolução temporal das ocorrências de fogo em classes de uso e cobertura da terra no estado de Goiás.

A partir da reclassificação da série temporal de dados geoespaciais matriciais, foi gerado um gráfico estatístico (gráfico 1), o qual apresenta a evolução percentual das áreas com ocorrência de fogo em cada classe de uso e cobertura da terra, no período de 1985 a 2021, além da média correspondente ao intervalo analisado.

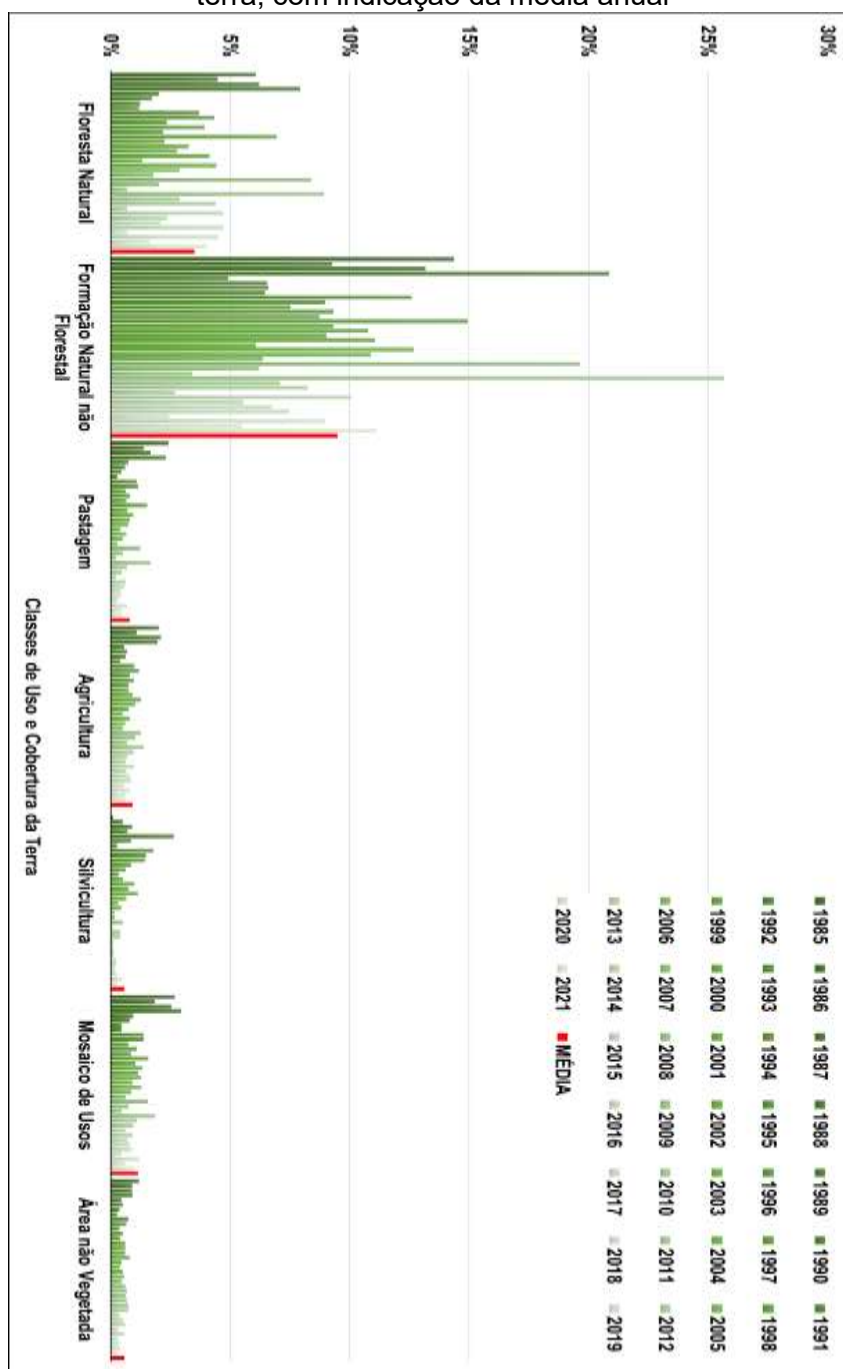
Com base nos resultados da reclassificação e da análise temporal, foram elaborados mapas, gráficos e tabelas contendo os valores das áreas impactadas, expressos em hectares, percentuais e médias anuais, discriminados por categoria de uso e cobertura da terra. Além do cálculo realizado para a totalidade do território goiano, a análise também foi desagregada por mesorregiões do estado, permitindo uma avaliação mais detalhada das dinâmicas espaciais do fogo.

De acordo com os dados apresentados (gráfico 1), os anos com maiores proporções de área atingida por fogo na classe “Floresta Natural” foram 2010 (8,9%), 2007 (8,4%) e 1988 (7,9%). Por outro lado, os anos com as menores ocorrências nessa classe foram 2009, 2013 e 2018, todos com 0,7%, além dos anos de 1991 e 1992, com 1,2%. Conforme observado por Ferraz (2022), o uso do fogo tem sido historicamente empregado como ferramenta para a conversão de áreas de vegetação nativa em terras agrícolas e para a renovação de pastagens destinadas à atividade pecuária.

Na classe Formação Natural não Florestal, os anos mais críticos em termos de área atingida por fogo foram 2010 (25,7%), 1988 (20,9%) e 2007 (19,6%). Estudos indicam que, nesses períodos, a frequência de incêndios foi elevada em várias regiões do estado, afetando significativamente a vegetação nativa e contribuindo para o aumento da concentração de material particulado na atmosfera (Vieira *et. al.*, 2025). Em contrapartida, os anos com menor percentual de áreas atingidas por fogo nessa classe foram 2018 (2,5%), 2013 (2,7%) e 2009 (3,4%).

Em relação às pastagens, os anos de 1985 e 1988 registraram os maiores percentuais de áreas impactadas pelo fogo, com 2,4% e 2,3% da área total do estado, respectivamente. Considerando a extensão das áreas atingidas por fogo, os anos de 1989, 1994, 1998, 2011, 2015 e 2018 destacam-se por apresentarem valores mais expressivos, superando, em termos absolutos, os impactos observados nas formações naturais não florestais.

Gráfico 1 – Variação anual das áreas atingidas por fogo por classe de uso e cobertura da terra, com indicação da média anual



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Estudos de séries temporais confirmam que os anos de 1989, 1994, 1998, 2011, 2015 e 2018 coincidiram com secas severas ou eventos extremos de El Niño/La Niña, que eliminaram a disponibilidade de material seco e favoreceram grandes áreas atingidas por fogo, especialmente em pastagens (Alencar *et. al.*; Filho *et. al.*, 2022; Li

et. al., 2021; Burton, *et. al.*, 2020). Contudo, a seca prolongada nesses anos prejudicou a produtividade agropecuária, levando produtores a intensificar o uso do fogo para manejo de pastagens, o que resultou em maiores áreas incendiadas em relação às formações naturais não florestais (Alencar *et. al.*; Filho *et. al.*, 2022; Berenguer *et. al.*, 2021; Burton, *et. al.*, 2020).

Na classe Agricultura, os anos com maior impacto do fogo foram 1987 (2,1%), seguidos de 1985 e 1988, ambos com 2,0% de área atingida por fogo. Segundo Kumar *et. al.*, (2022), o fogo pode alterar significativamente as propriedades físico-químicas do solo, afetando a estabilidade dos agregados e a disponibilidade de nutrientes, o que pode comprometer a produtividade agrícola. Por outro lado, os anos com menores índices de impacto foram 1992 (0,4%) e os anos de 2003 e 2006, com 0,5%.

Na classe Silvicultura, os maiores percentuais de áreas atingidas por fogo foram registrados em 1990 (2,6%) e 1993 (1,8%). Conforme Neri *et al.*, (2023), o fogo exerce efeitos consideráveis sobre a estrutura das florestas tropicais semidecíduas no Cerrado, promovendo a redução da densidade arbórea e o aumento da mortalidade, sobretudo em indivíduos com menor diâmetro. Em contrapartida, o ano de 1985 apresentou o menor impacto, com apenas 1.440 hectares queimados, o que representa 0% da área total da classe. Outros anos com impactos mínimos (0,1%) foram 1986, 2009, 2012, 2013, 2014 e 2015.

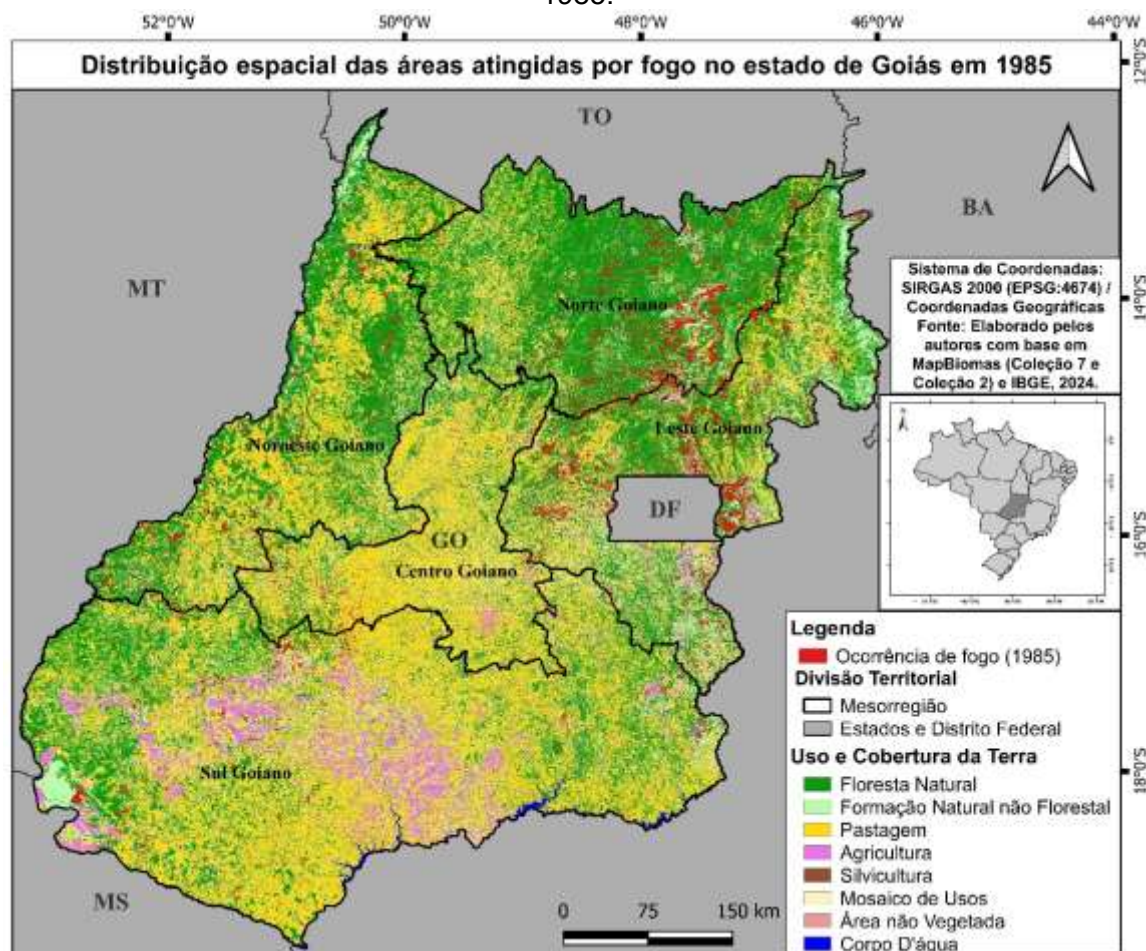
Para a classe Mosaico de Usos, os maiores percentuais de área atingida por fogo foram observados nos anos de 1988 (3,0%), 1985 (2,7%) e 1987 (2,5%). Já os anos com menor impacto foram 2018 (0,4%) e os anos de 1991, 1992 e 2009, todos com 0,5%.

As áreas classificadas como Não Vegetadas apresentaram maiores percentuais de área atingida por fogo em 1985 (1,2%) e nos anos de 1986, 1987 e 1988 (0,9%). Os menores percentuais foram registrados em 1992, 2016, 2018 e 2021, com apenas 0,3% de área atingida por fogo. As maiores médias atingida por fogo no período analisado ocorreram nas classes de Formação Natural não Florestal (9,5%) e Floresta Natural (3,5%).

O mapa de uso e cobertura da terra com as ocorrências de fogo em 1985 (Figura 3) evidencia uma maior concentração de focos nas regiões noroeste, leste e central do estado de Goiás, áreas com predominância de Floresta Natural e Formação Natural não Florestal. Nesse ano, os percentuais de ocorrência de fogo por classe de uso e cobertura da terra foram: Floresta Natural (6,1%), Formação Natural não

Florestal (14,4%), Pastagem (2,4%), Agricultura (2,0%), Mosaico de Usos (2,7%) e Área Não Vegetada (1,2%).

Figura 3 – Distribuição espacial das áreas atingidas por fogo no estado de Goiás no ano de 1985.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

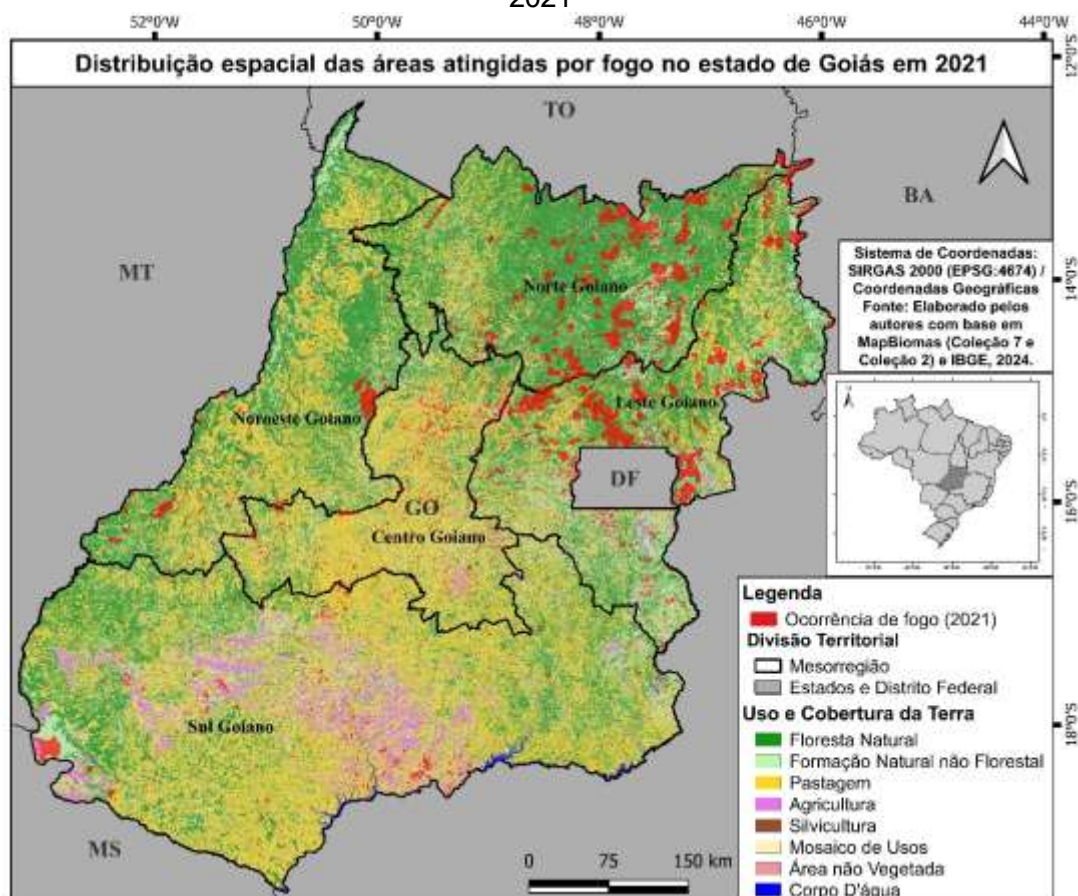
Já o mapa de 2021 (Figura 4) indica que os focos de fogo se concentraram principalmente na região noroeste do estado, com predominância das classes Floresta Natural e Formação Natural não Florestal. Os percentuais de ocorrência de fogo nesse ano foram: Floresta Natural (4,0%), Formação Natural não Florestal (11,1%), Pastagem (0,5%), Agricultura (0,6%), Silvicultura (0,3%), Mosaico de Usos (1,0%) e Área Não Vegetada (0,3%).

Ao comparar os dados de 1985 com os de 2021, observa-se uma redução nos percentuais de áreas atingidas por fogo em praticamente todas as classes de uso e cobertura da terra, com exceção da Silvicultura, que apresentou um leve aumento,

passando a representar 0,3% da área impactada pelo fogo em 2021. As classes que apresentaram decréscimo nos impactos do fogo em relação a 1985 foram: Floresta Natural (redução de 2,1 pontos percentuais), Formação Natural não Florestal (3,2%), Pastagem (2,0%), Agricultura (1,4%), Mosaico de Usos (1,7%) e Áreas Não Vegetadas (0,9%).

Ao longo dos 37 anos analisados, os incêndios florestais demonstraram impacto expressivo sobre diferentes tipos de cobertura vegetal. Dentre todas as classes, as Florestas Naturais foram as mais afetadas, totalizando aproximadamente 13,5 milhões de hectares queimados. Segundo Posavec et al., (2023), os incêndios em florestas naturais resultam em elevada mortalidade de árvores, comprometimento da estrutura florestal e redução significativa dos estoques de carbono.

Figura 4 – Distribuição espacial das áreas atingidas por fogo no estado de Goiás no ano de 2021



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A Formação Natural não Florestal acumulou cerca de 4,8 milhões de hectares queimados no período. Conforme apontado por Machida et al., (2021), a recorrência de incêndios em ambientes savânicos pode modificar a composição estrutural da

vegetação, favorecendo gramíneas e espécies herbáceas, em detrimento de arbustos e árvores, cujas taxas de recuperação são mais lentas.

As Pastagens foram a terceira classe mais afetada, com um total aproximado de 4 milhões de hectares queimados. Parreira et al., (2021) ressaltam que a utilização do fogo como prática de manejo em pastagens degradadas (especialmente para controle de plantas invasoras) pode intensificar o risco de propagação de incêndios para áreas de vegetação nativa adjacente, causando danos ambientais extensivos.

Os anos que registraram os maiores percentuais de área atingida por fogo em Goiás foram 2010 (40,6%), 1988 (37,8%) e 2007 (32,9%), refletindo picos críticos. Em contrapartida, os anos com menores registros de fogo foram 2018 (5,0%), 2013 (5,3%) e 2009 (6,2%).

De acordo com Tomas et al., (2024), a dinâmica do fogo no estado de Goiás, assim como em outras regiões, é fortemente influenciada por múltiplos fatores, incluindo as mudanças no uso e cobertura da terra, as condições climáticas sazonais e as práticas de manejo adotadas. Estudos indicam que a adoção de mosaicos agroflorestais pode reduzir significativamente a área afetada por incêndios, ao promover maior heterogeneidade na paisagem, o que dificulta a propagação do fogo. Além disso, o uso de sensoriamento remoto aliado a algoritmos de aprendizado de máquina tem se mostrado essencial para o mapeamento de áreas atingidas por fogo e para a compreensão da frequência e extensão dos incêndios ao longo do tempo (Alencar et al., 2022).

Análise da evolução temporal por mesorregiões do estado de Goiás

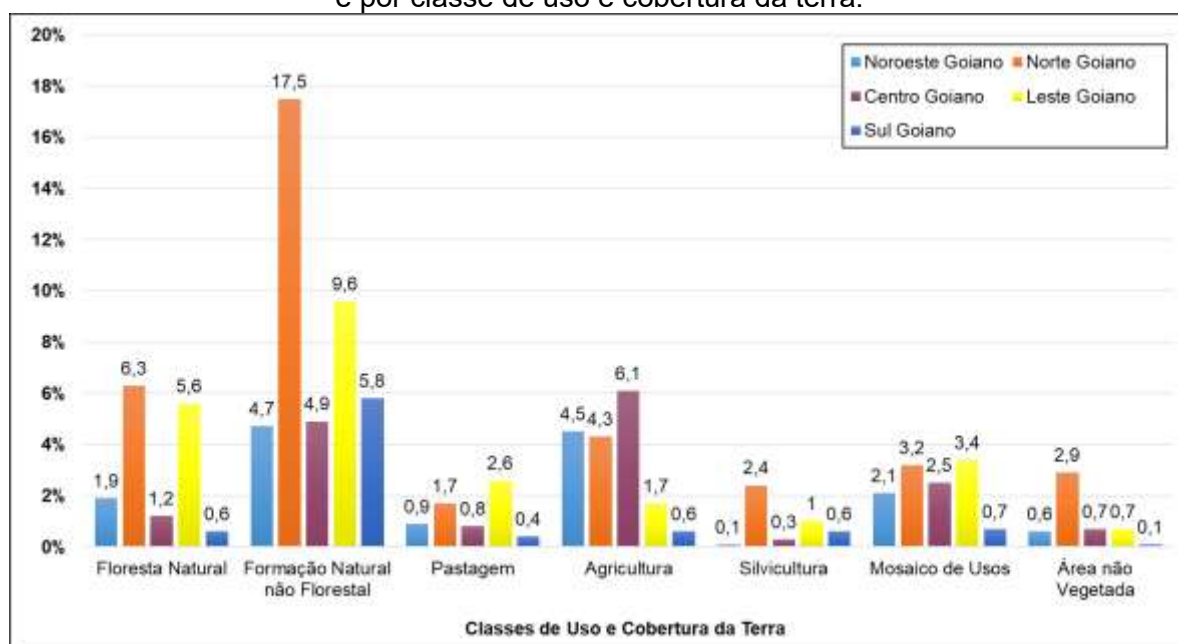
A partir da reclassificação das áreas atingidas por fogo por mesorregiões (gráfico 2), foi possível gerar um gráfico contendo a média das áreas impactadas pelo fogo nos anos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2021, organizadas conforme as classes de uso e cobertura da terra.

A mesorregião Noroeste Goiano, que representa aproximadamente 16,4% da área total do estado, apresentou uma média de 14,7% de sua superfície impactada por incêndios ao longo dos anos estudados. As classes mais afetadas nessa região foram Floresta Natural não Florestal (4,7%) e Agricultura (4,5%). Segundo Lin, Gu e

Shi, (2024), o desenvolvimento agrícola nessa região foi impulsionado por políticas públicas, oferta de crédito rural e uso de tecnologias modernas, que favoreceram o avanço da produção e da produtividade.

A classe Floresta Natural não Florestal, presente em todos os biomas brasileiros em diferentes categorias (como campos alagados, áreas pantanosas, formações campestres e afloramentos rochosos), registrou médias elevadas em todas as mesorregiões. Apesar de historicamente pouco valorizada, essa formação abriga elevada diversidade biológica e desempenha importantes serviços ecossistêmicos (MapBiomas, 2023).

Gráfico 2 – Médias das áreas impactadas pelo fogo no período analisado, por mesorregião e por classe de uso e cobertura da terra.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A mesorregião Norte de Goiás, que cobre cerca de 16,6% do território estadual, destacou-se por apresentar a maior média de áreas atingidas por fogo (38,2%). As classes mais impactadas foram a Floresta Natural não Florestal (17,5%) e a Formação Natural (6,3%). Parte significativa dessa ocorrência está localizada na região do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, onde, segundo Matos, Aguiar e Martins (2020), 76% dos focos de calor ocorreram na área ampliada do parque, que apresentou os maiores índices de incêndios em 10 dos 11 anos avaliados. Santos et al., (2022) destaca a importância do monitoramento dos regimes de fogo, sobretudo

em ecossistemas savânicos, que, embora resilientes, não estão imunes a impactos de incêndios frequentes e intensos.

A mesorregião do Centro Goiano, menor em extensão (representando 12% do estado), registrou uma média de 16,5% de área impactada. As classes mais afetadas foram Agricultura (6,1%) e Floresta Natural não Florestal (4,9%). Estudos indicam que a elevada incidência de fogo nesta mesorregião está relacionada à ocorrência de secas severas, muitas vezes associadas ao fenômeno El Niño, à fragmentação florestal e à expansão de atividades agrícolas (Silva et al., 2018; Reis et al., 2021; Santos et al., 2022).

No Leste Goiano, que representa cerca de 16,3% da área do estado, as classes mais atingidas foram a Floresta Natural não Florestal (9,6%) e a Floresta Natural (5,6%), totalizando uma média geral de 24,6%, a segunda maior entre as mesorregiões. Conforme Edwards et al., (2020), em muitas regiões tropicais, o uso tradicional do fogo para limpeza de áreas agrícolas pode sair do controle e resultar em incêndios florestais de grandes proporções.

A mesorregião Sul Goiano, a maior em extensão territorial (38,7% do estado), apresentou, proporcionalmente, uma das menores médias de área atingida por fogo: 8,9%. As classes mais atingidas foram Floresta Natural não Florestal (5,8%) e Mosaico de Usos (0,7%). Embora a região possua extensas áreas agrícolas e de pastagens, a incidência de fogo foi relativamente menor em comparação às demais. Melo et al., (2023) destacam que pastagens, agricultura em mosaico, florestas e formações naturais são os tipos de uso mais associados a focos de calor, refletindo o papel significativo das atividades antrópicas na origem dos incêndios.

A análise evolutiva das ocorrências de fogo por classe e mesorregião evidencia que as regiões Norte e Leste concentram os maiores impactos, principalmente nas classes de Floresta Natural e Formação Natural não Florestal. Em 2021, os percentuais de áreas atingidas por fogo nestas classes foram, respectivamente, de 5,8% e 13,8% na região Norte e de 6,5% e 9,9% na região Leste. Em comparação com os dados de 1985, observou-se uma redução de 2,1% e 10,3% (Norte) e de 3,3% e 6,7% (Leste), respectivamente, para Floresta Natural e Formação Natural não Florestal.

Por fim, destaca-se que tanto o estado de Goiás quanto outras regiões com vegetação savânica, como Moçambique, compartilham zonas bioclimáticas propícias

à ocorrência de incêndios, especialmente devido à estacionalidade das chuvas, presença de vegetação altamente combustível e períodos prolongados de seca (Santos et al., 2022).

Limitações e incertezas do uso do MAPBIOMAS

Apesar da robustez metodológica e da relevância científica dos produtos do MapBiomas, é fundamental reconhecer as incertezas e limitações inerentes ao uso dessa base para análises de séries temporais longas. A acurácia das classificações pode variar entre biomas e classes de uso, uma vez que a heterogeneidade estrutural e a sazonalidade da vegetação savânica dificultam a identificação de áreas atingidas por fogo de menor extensão ou de rápida regeneração (Alencar et al., 2022; MapBiomas, 2023).

Em ambientes campestres e de cerrado sensu stricto, a regeneração acelerada da biomassa e a predominância de vegetação herbácea podem reduzir a resposta espectral das cicatrizes de fogo, ocasionando subestimações das áreas afetadas, principalmente quando se utilizam sensores de resolução espacial média (30 m), como os da série Landsat. Além disso, variações atmosféricas, presença de nuvens, diferenças radiométricas entre sensores (Landsat e Sentinel-2) e eventuais inconsistências de treinamento dos algoritmos de aprendizado de máquina podem introduzir pequenas flutuações na consistência temporal dos dados (Campagnolo et al.; Gajendiran et al., 2023).

Essas limitações, no entanto, não invalidam as tendências observadas ao longo da série histórica, mas reforçam a necessidade de interpretações cautelosas e da integração de produtos complementares (como dados MODIS e VIIRS ou imagens de alta resolução espacial) e de validações em campo, sobretudo em estudos que demandem estimativas precisas da extensão das áreas queimadas. Ressalta-se que o aperfeiçoamento contínuo das coleções do MapBiomas e o avanço dos algoritmos de classificação baseados em aprendizado profundo têm contribuído para reduzir gradualmente essas incertezas, aumentando a confiabilidade das análises espaço-temporais e o potencial de aplicação no monitoramento do fogo no Cerrado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da dinâmica do fogo no Cerrado goiano entre os anos de 1985 e 2021 evidenciou transformações significativas nas áreas impactadas por incêndios, associadas às mudanças no uso e cobertura da terra. Observou-se, ao longo do período analisado, uma redução na área total afetada pelo fogo em diversas classes de uso, especialmente nas formações naturais e áreas agrícolas, o que pode estar relacionado à intensificação de políticas de manejo, avanços tecnológicos e mudanças nas práticas de uso da terra. Em contrapartida, a classe de silvicultura apresentou um leve crescimento na área impactada, indicando novos desafios no monitoramento e controle do fogo em áreas plantadas.

As florestas naturais foram as mais afetadas ao longo dos 37 anos, acumulando cerca de 13,5 milhões de hectares queimados, seguidas pelas formações naturais não florestais e pastagens. Essa recorrência de incêndios em áreas de vegetação nativa evidencia a vulnerabilidade dos ecossistemas savânicos frente à intensificação do uso do fogo, muitas vezes associado a práticas antrópicas como o manejo de pastagens e a expansão agropecuária. O impacto ecológico desse cenário é substancial, uma vez que o fogo altera a estrutura da vegetação, reduz a biodiversidade e compromete os estoques de carbono.

A análise espacial por mesorregiões revelou padrões importantes de distribuição das ocorrências de fogo. As mesorregiões Norte e Leste de Goiás apresentaram os maiores percentuais médios de área atingida, destacando-se pela elevada presença de vegetação nativa e, em alguns casos, de unidades de conservação vulneráveis ao fogo, como o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros. Por outro lado, a mesorregião Sul Goiano, apesar de sua maior extensão territorial, apresentou os menores índices de ocorrência, o que pode estar relacionado à predominância de uso agrícola tecnificado e práticas mais controladas de manejo do solo.

Os resultados apontam para a necessidade de políticas públicas mais eficazes de prevenção e controle do fogo, com ênfase em ações regionais adaptadas às especificidades socioambientais de cada mesorregião. A utilização de ferramentas de sensoriamento remoto e aprendizado de máquina mostrou-se fundamental para o mapeamento histórico e a compreensão da evolução das áreas atingidas por fogo, contribuindo para a formulação de estratégias de gestão territorial e ambiental mais precisas.

Por fim, este estudo destaca a importância da integração entre ciência, tecnologia e gestão ambiental no enfrentamento dos impactos do fogo no Cerrado. A manutenção da biodiversidade, dos serviços ecossistêmicos e da resiliência dos ecossistemas savânicos depende de ações coordenadas que considerem os múltiplos fatores que influenciam a ocorrência de incêndios, incluindo o uso e cobertura da terra, as condições climáticas e o comportamento humano.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, Ane A. C.; ARRUDA, Vera L. S.; SILVA, Wallace Vieira da; CONCIANI, Dhemerson E.; COSTA, Diego Pereira; CRUSCO, Natalia; DUVERGER, Soltan Galano; FERREIRA, Nilson Clementino; FRANCA-ROCHA, Washington; HASENACK, Heinrich; MARTENEXEN, Luiz Felipe Moraes; PIONTEKOWSKI, Valderli J.; RIBEIRO, Noely Vicente; ROSA, Eduardo Reis; ROSA, Marcos Reis; SANTOS, Sarah Moura B. dos; SHIMBO, Julia Z.; VELEZ-MARTIN, Eduardo. Long-Term Landsat-Based Monthly Burned Area Dataset for the Brazilian Biomes Using Deep Learning. **Remote Sensing**, v. 14, p. 2510, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs14112510>.

BERENGUER, Erika; LENNOX, Gareth D.; FERREIRA, Joice; MALHI, Yadvinder; ARAGÃO, Luiz E. O. C.; BARRETO, Julia Rodrigues; DEL BON ESPÍRITO-SANTO, Fernando; FIGUEIREDO, Axa Emanuelle S.; FRANÇA, Filipe; GARDNER, Toby Alan; JOLY, Carlos A.; PALMEIRA, Alessandro F.; QUESADA, Carlos Alberto; ROSSI, Liana Chesini; SEIXAS, Marina Maria Moraes de; SMITH, Charlotte C.; WITHEY, Kieran; BARLOW, Jos. Rastreado os impactos da seca e dos incêndios do El Niño nas florestas amazônicas modificadas pelo homem. **Anais da Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos da América**, 118, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.2019377118>.

BURTON, Chantelle; BETTS, Richard A.; JONES, Chris D.; FELDPAUSCH, Ted R.; CARDOSO, Manoel; ANDERSON, Liana. Mudanças causadas pelo *El Niño* nos incêndios globais de 2015/16. **Frontiers in Earth Science**, v. 8, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3389/feart.2020.00199>.

CAMPAGNOLO, M. L.; LIBONATI, R.; RODRIGUES, J. A.; PEREIRA, J. M. C. A comprehensive characterization of MODIS daily burned area mapping accuracy across fire sizes in tropical savannas. **Remote Sensing Of Environment**, v. 252, p. 112115, 2021. DOI: [10.1016/j.rse.2020.112115](https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.112115).

EDWARDS, Ryan B.; NAYLOR, Rosamond L.; HIGGINS, Matthew M.; FALCON, Walter P. Causes of Indonesia's forest fires. **World Development**, v. 127, 104717, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.104717>.

FERRAZ, Ana Maria Meneses. **Avaliação das temperaturas de superfície e do ar a partir da intensificação do agronegócio no Território Quilombola de Morro de São João, Tocantins. 2022. 203 f.** 2023. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente), Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2022. Disponível em: <https://repositorio.uft.edu.br/handle/11612/5198>

FILHO, Helvécio de Oliveira; OLIVEIRA-JÚNIOR, José Francisco de; SILVA, Marcos Vinícius da; JARDIM, Alexandre Maniçoba da Rosa Ferraz; SHAH, Munawar; GOBO, João Paulo Assis; BLANCO, Claudio José Cavalcante; PIMENTEL, Luiz Claudio Gomes; SILVA, Corbiniano da; SILVA, Elania Barros da; MACHADO, Thelma de Barros; PEREIRA, Carlos Rodrigues; VALAPPIL, Ninu Krishnan Modon; HAMZA, Vijith; HAQ, Mohd Anul; KHAN, Ilyas; MOHAMED, Abdullah; ATTIA, El-Awady. "Dynamics of Fire Foci in the Amazon Rainforest and Their Consequences on Environmental Degradation" **Sustainability**. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14159419>.

GAJENDIRAN, Kandasamy; KANDASAMY, Sabariswaran; NARAYANAN, Mathiyazhagan. Influences of wildfire on the forest ecosystem and climate change: a comprehensive study. **Environmental Research**, p. 117537, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117537>.

HOFMANN, Gabriel S.; CARDOSO, Manoel F.; ALVES, Ruy J.V.; WEBER, Eliseu J.; BARBOSA, Alexandre A.; TOLEDO, Peter M. de; PONTUAL, Francisco B.; OLIVEIRA SALLES, Leandro de; HASENACK, Heinrich; CORDEIRO, José L. P.; AQUINO, Francisco E.; OLIVEIRA, Luiz F. B. de. The Brazilian Cerrado is becoming hotter and drier. **Global Change Biology**, v. 27, p. 4060-4073, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.15712>.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de biomas e Sistema Costeiro-Marinho do Brasil**. 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/15842-biomas.html>. Acesso em: 5 out. 2024.

KUMAR, Abhishek, BHATTACHARYA, Tanushree, MUKHERJEE, Santanu; SARKAR, Binoy. A perspective on biochar for repairing damages in the soil–plant system caused by climate change-driven extreme weather events. **Biochar**, v. 4, n. 1, p. 22, 2022.

LEONARDO-SILVA, L.; PEREIRA-SILVA, G.; MOREIRA, I.; SILVEIRA-SILVA, R.; XAVIER-SANTOS, S. Wood-inhabiting corticioid and poroid fungi (Basidiomycota) from Reserva Ecológica da Universidade Estadual de Goiás, a remnant of the Brazilian Cerrado. **Biota Neotropica**, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1676-0611-bn-2022-1359>.

LI, Sihan; SPARROW, Sarah N.; OTTO, Friederike E L.; RIFAI, Sami W.; OLIVERAS, Imma; KRIKKEN, Folmer; ANDERSON, Liana O.; MALHI, Yadvinder; WALLOM, David. Anthropogenic climate change contribution to wildfire-prone weather conditions in the Cerrado and Arc of deforestation. **Environmental Research Letters**, 16, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac1e3a>.

LIN, Li; GU, Tianyu; SHI, Yi. The influence of new quality productive forces on high-quality agricultural development in China: Mechanisms and empirical testing. **Agriculture**, v. 14, n. 7, p. 1022, 2024.

MACHADO, Ricardo B.; AGUIAR, Ludmilla MS.; BUSTAMANTE, Mercedes MC. Why is it so easy to undergo devegetation in the Brazilian Cerrado?. **Perspectives in Ecology and Conservation**. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2024.08.003>.

MACHIDA, Waira S.; GOMES, Letícia; MOSER, Pamela; CASTRO, Isabela B.; MIRANDA, Sabrina C.; SILVA-JUNIOR, Manoel C. da; BUSTAMANTE, Mercedes M.C. Recuperação de

plantas lenhosas pós-fogo a longo prazo em savanas do Brasil central. **Forest Ecology and Management**, v. 493, 119255, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119255>.

MAPBIOMAS BRASIL. Brasil além das florestas: a vegetação herbácea e arbustiva nos biomas. 2023. Disponível em: <<https://brasil.mapbiomas.org/2023/11/24/brasil-perdeu-16-de-sua-vegetacao-nao-florestal-nos-ultimos-38-anos>>. Acesso em: 2 jan. 2023.

MAPBIOMAS BRASIL. **Projeto MapBiomas – Quem somos**. Disponível em: <<https://brasil.mapbiomas.org/quem-somos/>>. Acesso em: 6 nov. 2024.

MAPBIOMAS. **Projeto MapBiomas – Coleção 7 da série anual de mapas de cobertura e uso da terra do Brasil**. Disponível em: <<https://plataforma.brasil.mapbiomas.org>>. Acesso em: 10 nov. 2022.

MAPBIOMAS. **Projeto MapBiomas – Coleção 2 da série anual de mapas de cicatrizes de fogo do Brasil**. Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org>. Acesso em: 10 nov. 2022.

MATOS, Alejandro de Freitas Paulino. **Google Earth como ferramenta no processo de ensino dos aspectos físico-naturais do Cerrado**. 2025. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Goiás (Brazil).

MATOS, Renata Mariana Póvoa; AGUIAR, Livia Lima Leite; MARTINS, P. T. D. A. Ocorrência de fogo no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás, Brasil: Histórico recente no contexto da sua ampliação. **GeoTextos**, v. 16, 2020.

MELO, Sesley Paulino; GIONGO, Pedro Rogerio; GOMES, Auriane Risia Marques Garcia; LARA, Glenda Silva Santos; GIONGO, Angelina Maria Marcomini; COSTA, Adriana Rodolfo da; TAVEIRA, José Henrique da Silva; VINHAL, Cristiana Paula. Remote sensing in the detection of hotspot occurrences in the southern region of Goiás. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, [S. l.], v. 15, n. 12, p. 17077–17094, 2023. DOI: 10.55905/cuadv15n12-105. Disponível em: <https://ojs.cuadernoseducacion.com/ojs/index.php/ced/article/view/2249>.

MENDONÇA, Lidiane Lopes Arriel; MENEZES JÚNIOR, Eumar Evangelista de. Brazilian Cerrado and conservation units. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, 2024. DOI: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n10-022>.

NERI, Sarah Cristine Martins; BOMFIM, Barbara; PEREIRA, Reginaldo Sérgio; SANTOS, Pâmela Virgilio dos; TETTO, Alexandre França. “Decadal fire effects on the structure, composition, diversity, and aboveground carbon stocks of a neotropical savana”. **Forests**, v. 14, n. 12, p. 2294, 2023.

OLIVEIRA, Cristiane Sousa de; SILVA, Gerson Ferreira da, SOUZA, Érika Márcia Assis de, SOUSA, Jacqueline de Lemos Coelho, MELO RESENDE, Sara Isabel de; DINIZ, Hélio Augusto Goulart. Volatilidade dos preços das commodities minerais: minério de ferro. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 16, n. 2, p. e4694-e4694, 2025.

PARREIRA, Ivonete Maria; BUZIN, Estevão Julio Walburga Keglevich de; NASCIMENTO, Chrisley Arruda do; SOUZA, Cássio Tavares de; TAVARES, Giselly Avelar Parreira. Impactos antrópicos no clima. **Agrarian Academy**, v. 8, n. 15, 2021. Disponível em: <<https://conhecer.org.br/ojs/index.php/agrarian/article/view/5283>>. Acesso em: 4 jun. 2025.

POSAVEC, Stjepan; BARCIC, Damir; VULETIC, Dijana; VUCETIC, Višnjica; TOMASEVIC, Ivana Čavlina; MALOVRH, Špela Pezdevšek. "Forest Fires, Stakeholders' Activities, and Economic Impact on State-Level Sustainable Forest Management" **Sustainability**. 2023, 15, no. 22: 16080.

DOI: <https://doi.org/10.3390/su152216080>.

RAFFESTIN, Claude. **Por uma geografia do poder**. São Paulo: Ática, 1993.

REIS, Mateus dos; GRAÇA, Paulo Maurício Lima de Alencastro; YANAI, Aurora Miho; RAMOS, Camila Julia Pacheco; FEARNESIDE, Philip Martin. Forest fires and deforestation in the central Amazon: Effects of landscape and climate on spatial and temporal dynamics. **Journal of Environmental Management**, v. 288, 112310, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112310>.

SANTOS, Milton. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: Edusp, 2006.

SANTOS, Sarah Moura Batista dos; BENTO-GONÇALVES, Antônio; VIEIRA, Antônio. "Research on Wildfires and Remote Sensing in the Last Three Decades: A Bibliometric Analysis" **Forests**, v. 12, p. 604, 2021.

DOI: <https://doi.org/10.3390/f12050604>.

SANTOS, Sara Alves dos; OLIVEIRA, Wellington Nunes de; RIBEIRO, Noely Vicente; FERREIRA, Nilson Clementino. Fire regime in Goiás - Brazil and Mozambique between 2010 and 2019: frequency, recurrence, and most affected cover classes. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, Rio de Janeiro, v. 57, n. 3, p. 375–385, 2022.

DOI: <https://doi.org/10.5327/Z2176-94781303>

. Disponível em: https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes_RBciAMB/article/view/1303

. Acesso em: 30 out. 2023.

SILVA, Sonaira Souza da; FEARNESIDE, Philip Martin; GRAÇA, Paulo Mauricio Lima de Alencastro; BROWN, Irving Foster; ALENCAR, Ane; MELO, Antonio Willian Flores de. Dynamics of forest fires in the southwestern Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 424, p. 294–301, 2018.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.04.041>.

SILVA, Valdivino Veloso da. **Expansão agrícola e as transformações ambientais no município de Pedro Afonso – Tocantins**. 2022. 180f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Nacional, 2022.

SOUSA, Samio Costa; SILVA, Félix Lélis da. Mapas de uso e cobertura da terra para subsidiar políticas públicas no assentamento rural paragonorte. **HOLOS**, v. 8, p. 1-17, 2020.

SOUZA, Francilane Eulália de; BIBIANO, Gisele Leite; JESUS-ABE, Tainara Alves de; ROCHA, Daniela Lopes. Os camponeses no movimento de negação do direito à educação escolar na mesorregião do Norte e do Sul Goiano. **Científica Digital**, n. 100, 2023.

SOUZA RIBEIRO, Florestal Miriana Araújo de. **Mudanças climáticas como preditores da fitogeografia na serra do espinhaço**. 2024.

SOUZA, Ricardo Menezes de; RIBEIRO, Juliana Costa. The impact of Brazil's agricultural export boom on domestic food security. **Law and Economy**, 2025. DOI: <https://doi.org/10.56397/le.2025.01.05>.

SUÁREZ-ROLDÁN, Carolina; HERNÁNDEZ-ATENCIA, Yelena; MÉNDEZ-GIRALDO, Germán. Method of selection of rural territory in the development of a territorial diagnosis. **Journal of Engineering**, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1155/2024/8795216>.

TOMAS, Walfrido Moraes; BAGGIO, Rodrigo; BERLINCK, Christian Niel; CAMILO, André Restel; CUNHA, Cátia Nunes da; DAMASCENO-JUNIOR, Geraldo; DURIGAN, Giselda; DUTRA-SILVA, Rodrigo; FIDÉLIS, Alessandra; GARCIA, Letícia Couto; HERRERA, Heitor Miraglia; LIBONATI, Renata; MARENGO, José Antonio; OLIVEIRA, Maxwell da Rosa; OVERBECK, Gerhard Ernst; PEREIRA, Alexandre de Matos Martins; PILLAR, Valério De Patta; PIVELLO, Vânia Regina; RIBEIRO, Danilo Bandini; RIBEIRO, José Felipe; SAMPAIO, Alexandre Bonesso; SANTOS JÚNIOR, Antonio dos; SCHMIDT, Isabel Belloni; SORIANO, Balbina Maria Araújo; TIEPOLO, Liliani Marília; TIMO, Thiago Philipe de Camargo e; URBANETZ, Cátia; VIEIRA, Daniel Luis Mascia; WALTER, Bruno Machado Teles. Challenges in the conservation and management of legal reserve areas in Brazilian grassland and savanna ecosystems in the face of global climate change. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 59, p. e03491, 2024.

VASCONCELLOS, Bruna Nascimento de. Sensoriamento Remoto como Ferramenta para Análise e Monitoramento de Unidades de Conservação No Brasil. In: **Desenvolvimento Rural Sustentável: Novas Perspectivas**. Editora Científica Digital, 2024. p. 145-154.

VIEIRA, Leticia Murta; FELICIANO, Manuel; WILKEN, Adriana Alves Pereira; VICENTE, Estela Alexandra Domingos. **Variação sazonal das concentrações e distribuições por tamanho de partículas em suspensão na atmosfera na cidade de Mirandela-Portugal**. 2025.