

DINÂMICA E RECONFIGURAÇÃO ESPACIAL DAS QUEIMADAS EM MINAS GERAIS: a relação com o uso e cobertura da terra (2010-2023)

Bruna Aparecida Silva Dias

Doutora pelo Programa de Pós-graduação em Geografia (PPGEO-UFU) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Campus Santa Mônica, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil¹

brunadiasgeo@gmail.com

Jussara dos Santos Rosendo

Doutora em Geografia, professora do curso de Graduação em Geografia e do Programa de Pós-graduação em Geografia do Pontal (PPGEP), Instituto de Ciências Humanas do Pontal (ICHPO), Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Campus Pontal, Ituiutaba, Minas Gerais, Brasil¹

jussara.rosendo@ufu.br

RESUMO: As queimadas são um dos principais impulsionadores da degradação ambiental nos biomas brasileiros, impactando diretamente a biodiversidade, o uso da terra e o clima. Este estudo investigou a dinâmica espaço-temporal das áreas queimadas em Minas Gerais entre 2010 e 2023. O foco da análise foi a relação entre os focos de incêndio e as alterações nas classes de uso e cobertura do solo, utilizando dados do MapBiomas Fogo e do IBGE. Os resultados revelaram uma redução expressiva de 69,6% na área queimada total do estado. A área afetada diminuiu de 594.083,6 hectares em 2010 para 180.873,4 hectares em 2023. Essa retração veio acompanhada de uma reconfiguração espacial dos municípios mais atingidos. Além disso, notou-se um declínio na correlação entre a atividade agrícola e a ocorrência de fogo, com o coeficiente de Pearson passando de $r = 0,453$ em 2010 para $r = 0,320$ em 2023. A análise sugere que políticas públicas ambientais, como o Código Florestal, a modernização das práticas agropecuárias e condições climáticas menos extremas em 2023, contribuíram para esse cenário de diminuição das queimadas. Contudo, a persistência de focos de calor em nível municipal ressalta a importância de estratégias de gestão adaptativas e de um monitoramento contínuo.

Palavras-chave: Queimadas; Uso e cobertura da terra; Biomas; Geotecnologias.

DYNAMICS AND SPATIAL RECONFIGURATION OF BURNING IN MINAS GERAIS: the relationship with land use and land cover (2010-2023)

ABSTRACT: Wildfires are one of the main drivers of environmental degradation in Brazilian biomes, directly impacting biodiversity, land use, and climate. This study investigated the spatiotemporal dynamics of burned areas in Minas Gerais between 2010 and 2023. The analysis focused on the relationship between fire outbreaks and changes in land use and land cover classes, using data from MapBiomas Fire and IBGE. The results revealed a significant 69.6% reduction in the total burned area in the state. The affected area decreased from 594,083.6 hectares in 2010 to 180,873.4 hectares in 2023. This retraction was accompanied by a spatial reconfiguration of the most affected municipalities. Furthermore, a decline in the correlation between agricultural activity and fire occurrence was observed, with Pearson's coefficient decreasing from $r = 0.453$ in 2010 to $r = 0.320$ in 2023. The analysis suggests that environmental public policies, such as the Forest Code, combined with the modernization of agricultural practices and less extreme climatic conditions in 2023, contributed to this scenario of reduced wildfires. However, the persistence of municipal fire hotspots highlights the need for adaptive management strategies and continuous monitoring.

Keywords: Wildfires; Land use and land cover; Biomes; Geotechnologies.

DINÁMICA Y RECONFIGURACIÓN ESPACIAL DE LAS QUEMADAS EN MINAS GERAIS: relación con el uso y la cobertura del suelo (2010-2023)

RESUMEN: Los incendios forestales son uno de los principales impulsores de la degradación ambiental en los biomas brasileños, impactando directamente la biodiversidad, el uso de la tierra y el clima. Este estudio investigó la dinámica espacio-temporal de las áreas quemadas en Minas Gerais entre 2010 y 2023. El análisis se centró en la relación entre los focos de incendio y las alteraciones en las clases de

¹ Endereço para correspondência: Rua Vinte, 1600, B. Tupã, CEP: 38.304-402, Ituiutaba, Minas Gerais, Brasil.

uso y cobertura del suelo, utilizando datos de MapBiomass Fuego y del IBGE. Los resultados revelaron una reducción significativa del 69,6% en el área quemada total del estado. El área afectada disminuyó de 594.083,6 hectáreas en 2010 a 180.873,4 hectáreas en 2023. Esta retracción estuvo acompañada de una reconfiguración espacial de los municipios más afectados. Además, se observó una disminución en la correlación entre la actividad agrícola y la ocurrencia de fuego, con el coeficiente de Pearson pasando de $r = 0,453$ en 2010 a $r = 0,320$ en 2023. El análisis sugiere que las políticas públicas ambientales, como el Código Forestal, sumadas a la modernización de las prácticas agropecuarias y a condiciones climáticas menos extremas en 2023, contribuyeron a este escenario de disminución de los incendios. Sin embargo, la persistencia de focos de calor a nivel municipal evidencia la necesidad de estrategias de gestión adaptativas y de un monitoreo continuo

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

Introdução

O Brasil, reconhecido por sua megadiversidade e dimensões continentais, enfrenta desafios ambientais de elevada complexidade, entre os quais se destacam as alterações no uso e cobertura da terra, a recorrência de queimadas e os incêndios florestais. Entre os anos de 2010 e 2023, o país registrou uma redução significativa na área total queimada, passando de aproximadamente 28,3 milhões de hectares para cerca de 16 milhões de hectares (MapBiomass Fogo, 2025). Esses fenômenos significam uma retração em termos agregados, mas continuam afetando significativamente os serviços ecossistêmicos, comprometendo a biodiversidade e intensificando as emissões de gases de efeito estufa, com reflexos diretos sobre o equilíbrio climático regional e global (Andela et al., 2017; Aragão et al., 2018). O estado de Minas Gerais, devido à sua localização estratégica e à presença dos biomas Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga, constitui-se como um território particularmente sensível a essas dinâmicas.

Nas últimas décadas, o avanço da fronteira agrícola e a intensificação das atividades agropecuárias têm promovido profundas transformações na paisagem mineira, resultando em crescente pressão sobre os ecossistemas naturais. A conversão de áreas de vegetação nativa para pastagens e cultivos agrícolas, frequentemente associada ao uso do fogo como prática de manejo e limpeza do solo, é apontada como um dos principais vetores do aumento da frequência e da intensidade dos incêndios florestais (Campanharo et al., 2021; EPA, 2022). Essa prática, considerada historicamente comum, vem sendo cada vez mais contestada pela literatura científica, que a relaciona não apenas à degradação ambiental, mas também à amplificação de eventos extremos como secas prolongadas e ondas de calor (Silvério et al., 2019; Brando et al., 2020).

Estudos têm demonstrado correlações robustas entre o desmatamento para fins agropecuários e a ocorrência de incêndios em biomas tropicais (Alencar et al., 2024; Gonçalves, 2024; Lima, 2023) com ênfase na sinergia negativa entre uso antrópico do solo e variabilidade climática. Essa interação revela-se especialmente crítica nos biomas Cerrado e Mata Atlântica, cujas dinâmicas ecológicas não dependem do fogo como elemento estruturante. Nesses contextos, as queimadas observadas são majoritariamente de origem antrópica, associadas ao uso e ocupação do solo. (Schmidt et al., 2018). Dados da plataforma MapBiomass Fogo (2024) indicam que, em escala nacional, os biomas Cerrado e Amazônia concentram a maior parte das áreas queimadas, sendo a pecuária extensiva uma das atividades mais associadas a esses eventos. Entre 1985 e 2023, aproximadamente 44% da área de pastagem plantada no Brasil foi atingida por fogo ao menos uma vez, evidenciando a estreita relação entre a atividade pecuária e a dinâmica das queimadas.

No contexto mineiro, dados do Programa Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2025) indicam picos sazonais de focos de calor, concentrados nos meses secos, período que coincide com o preparo do solo para plantio, baixa umidade relativa do ar, ventos intensos e elevada incidência de queimadas intencionais ou acidentais. A intensificação do uso do fogo nesses meses, associada à expansão agropecuária, configura um cenário de vulnerabilidade ambiental e risco socioeconômico.

Nesse sentido, a expansão das atividades agropecuárias em Minas Gerais tem contribuído para uma sinergia negativa com a incidência de queimadas e incêndios florestais, acarretando perda de biodiversidade, degradação dos solos, emissão de gases de efeito estufa e comprometimento dos recursos hídricos e aumento da exposição de populações vulneráveis a problemas respiratórios e econômicos (Requia, 2024; Aragão et al., 2018). Apesar da relevância do tema, ainda são escassos os estudos que realizam uma análise espaço-temporal integrada, capaz de correlacionar diretamente a expansão de diferentes modalidades de uso agropecuário com a dinâmica do fogo nos biomas e municípios do estado. Essa lacuna compromete a formulação de políticas públicas e a definição de estratégias de fiscalização e gestão ambiental baseadas em evidências.

Parte-se da hipótese de que a expansão da fronteira agropecuária, notadamente pela substituição de vegetação nativa por pastagens e, em menor escala, por lavouras anuais, constitui o principal fator propulsor do aumento da área e da frequência das queimadas e incêndios nos biomas Cerrado e Mata Atlântica em Minas Gerais, entre os anos de 2010 e 2023. Espera-se que os municípios que apresentaram maior crescimento das atividades agropecuárias também figurem entre aqueles com as maiores áreas queimadas, refletindo padrões espaciais de vulnerabilidade ao fogo.

Dadas as premissas anteriores, o artigo tem como objetivo principal analisar as transformações na dinâmica espaço-temporal das queimadas e incêndios florestais em Minas Gerais, no período de 2010 a 2023. Além disso, busca-se mapear e quantificar a área queimada nos biomas de Minas Gerais entre 2010 e 2023; identificar e analisar a expansão das principais atividades agropecuárias, especialmente pastagens e culturas anuais, ao longo do mesmo período, e identificar os dez municípios com as maiores áreas queimadas no período em estudo e examinar a relação com as dinâmicas de uso e cobertura da terra em seus respectivos territórios.

A investigação foi conduzida com base em geotecnologias, utilizando dados de sensoriamento remoto provenientes, da plataforma MapBiomas Fogo (2010; 2023), e informações territoriais disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023). A metodologia adotada visa à construção de uma análise espacialmente explícita e metodologicamente robusta, capaz de subsidiar estratégias de gestão territorial e de prevenção a incêndios com base em evidências científicas.

Materiais e Métodos

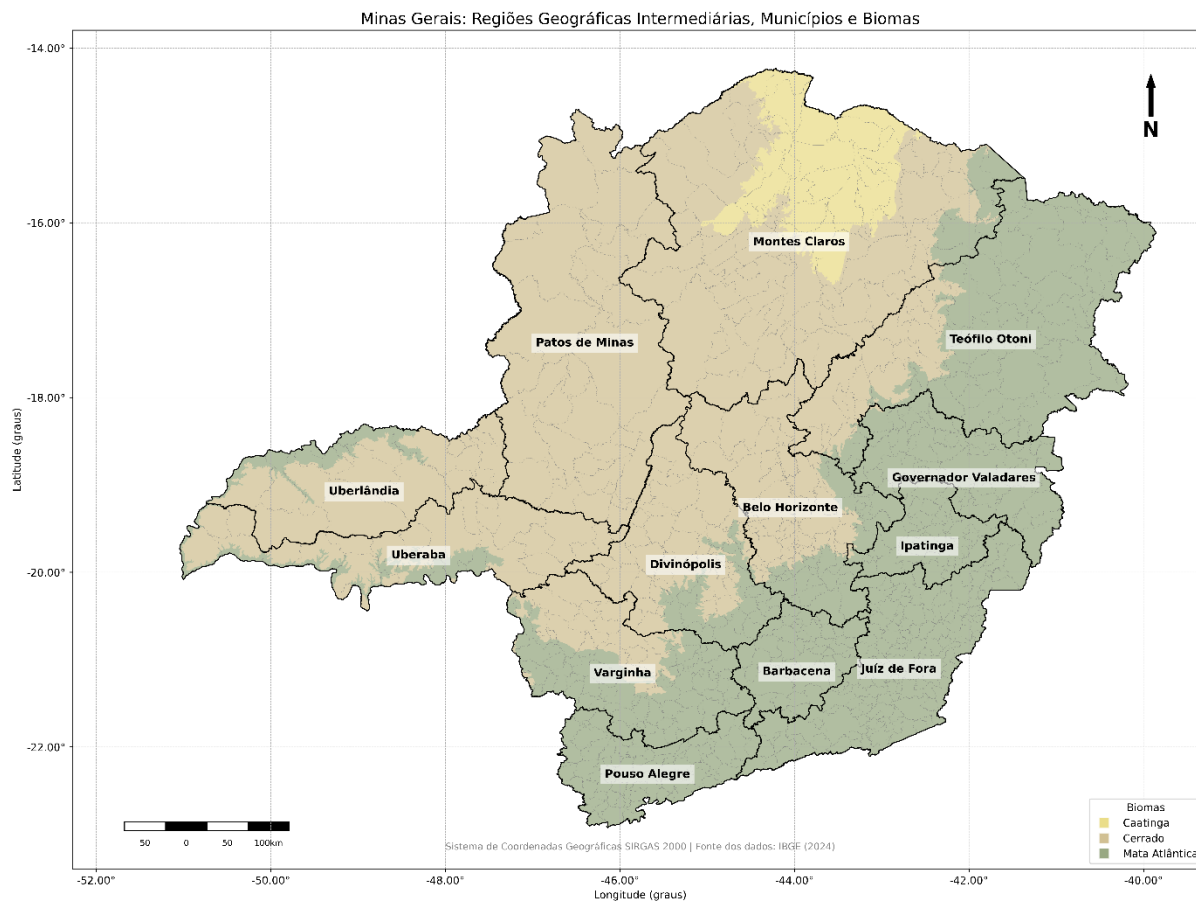
A área de estudo compreende o estado de Minas Gerais, localizado estrategicamente na Região Sudeste do Brasil, um território que se destaca tanto por sua relevância no cenário agropecuário nacional quanto por ser palco de intensas dinâmicas de uso e cobertura da terra. O estado abrange uma área de aproximadamente 58.651.398,4 hectares e é caracterizado por um complexo mosaico de biomas, abrigando extensas áreas de Cerrado, importantes remanescentes de Mata Atlântica e uma porção do bioma Caatinga (IBGE, 2022). Essa diversidade de paisagens, somada à pressão exercida pelas atividades agropecuárias, torna Minas Gerais um território ideal para a análise dos conflitos e sinergias entre a produção e a conservação ambiental, especialmente no que tange à ocorrência de queimadas e incêndios florestais. A localização do estado, com a delimitação de seus respectivos biomas, é apresentada na Figura 1.

O presente estudo fundamenta-se no emprego de técnicas de geoprocessamento para analisar a dinâmica das áreas queimadas no estado de Minas Gerais, correlacionando-as com o uso e cobertura da terra nos anos de 2010 e 2023. A metodologia foi baseada em quatro etapas principais: (1) Aquisição e preparação dos dados geoespaciais; (2) Processamento e extração de feições de áreas queimadas; (3) Integração de dados e enriquecimento de atributos; e (4) Análise quantitativa e comparativa por bioma e município. Todos os processamentos

foram realizados utilizando bibliotecas de código aberto em ambiente Python, como Geopandas, Rasterio e Matplotlib, garantindo a reprodutibilidade da análise.

A delimitação da área de estudo considerou os limites vetoriais dos 853 municípios do estado de Minas Gerais, obtidos a partir da malha oficial de 2024, juntamente com os contornos dos biomas Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga, conforme disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Figura 1: Mapa de localização do estado de Minas Gerais, seus biomas e municípios



Fonte: Elaboração própria com dados do IBGE (2019; 2025).

Os dados anuais de áreas queimadas foram extraídos da Coleção 3.0 do MapBiomas Fogo (2010; 2023), composta por imagens raster que representam a área queimada acumulada ao longo de cada ano, nas quais os valores dos pixels indicam o dia juliano de detecção da queimada. A seleção dos anos 2010 e 2023 para a análise comparativa foi estratégica: 2010 representa um período anterior à promulgação do Novo Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012), que alterou significativamente a legislação ambiental no país, enquanto 2023 corresponde aos dados mais recentes disponíveis, oferecendo uma visão atualizada da dinâmica do fogo no território mineiro.

Para caracterizar o uso e cobertura da terra foram utilizados dados da Coleção 9.0 do Projeto MapBiomas (2010 e 2023), referentes aos mesmos anos, permitindo a identificação da classe de uso sobre a qual incidiram as queimadas. A legenda de classificação seguiu o padrão adotado pelo MapBiomas. Visando garantir precisão nas análises, todas as camadas espaciais, sejam vetoriais ou raster, foram reprojetaadas para o sistema de coordenadas SIRGAS 2000 /

Brazil Polyconic (EPSG: 5880), adequado à extensão territorial do Brasil e, particularmente, para regiões como Minas Gerais, que abrangem dois fusos horários.

A etapa inicial de processamento envolveu a conversão dos dados de áreas queimadas do formato raster para o formato vetorial. Com o uso da biblioteca Rasterio, os pixels com valores superiores a zero (indicativos de ocorrência de fogo) foram vetorizados, resultando em feições poligonais que representaram cada cicatriz de queimada. Esse procedimento foi aplicado individualmente aos dois mosaicos que compõem a cobertura do estado para o ano de 2023, totalizando 12.821 feições poligonais. Em seguida, as feições vetorizadas de cada ano foram unificadas em arquivos únicos, e as áreas dos polígonos foram calculadas em hectares com base nas geometrias reprojetadas. Ao final desse processo, obteve-se a quantificação total da área queimada: 594.083,5 hectares em 2010 e 180.873,4 hectares em 2023. Os vetores gerados foram salvos no formato Shapefile (.shp).

Para espacializar as áreas queimadas, aos polígonos vetorizados foram inseridos atributos geográficos por meio de operações de interseção espacial com os limites municipais, garantindo o recorte adequado das geometrias às fronteiras administrativas. O centroide de cada polígono foi calculado e utilizado como ponto de referência para a extração dos atributos de município e bioma, através de uma junção espacial. Dessa forma, cada feição passou a conter os campos correspondentes ao nome do município e ao bioma ao qual pertence. Utilizando a ferramenta de estatísticas zonais no QGIS 3.28, foi obtido o valor que representa a classe de uso e cobertura da terra predominante (ou seja, correspondente à maioria dos pixels) em cada polígono das áreas queimadas, com base no cruzamento com o raster do MapBiomas. Dessa forma, foi possível associar cada polígono a uma classe temática, como 'Pastagem', 'Formação Savânica', entre outras.

Com os dados estruturados, foi realizada uma análise comparativa da evolução das áreas queimadas entre 2010 e 2023. Inicialmente, as áreas foram agregadas por classe de uso do solo dentro de cada bioma, e a variação absoluta e percentual foi calculada. Além disso, as áreas queimadas foram consolidadas por município, permitindo o ranqueamento dos dez municípios com maiores áreas queimadas em cada ano analisado. Os resultados consolidados foram organizados em planilhas no formato Excel (.xlsx), que serviram de base para a análise tabular e posterior elaboração dos gráficos. Para visualização e comunicação dos dados, gráficos comparativos foram gerados com a biblioteca Matplotlib, destacando os padrões de variação da área queimada por classe de uso e por bioma, bem como a distribuição espacial dos municípios mais impactados em cada período avaliado.

Resultados e Discussão

A dinâmica espaço-temporal das áreas queimadas em Minas Gerais, ao se comparar os anos de 2010 e 2023, revela uma redução expressiva de 69,6% na área total afetada, passando de 594.083,6 ha para 180.873,4 ha. A distribuição do fogo entre os biomas, contudo, mostra-se heterogênea (Gráfico 1). O Cerrado destaca-se como o ecossistema mais impactado em ambos os anos, concentrando 80,5% (478.163,4 ha) da área queimada estadual em 2010 e 70,4% (127.397,9 ha) em 2023. Considerando que o Cerrado ocupa aproximadamente 54% da área de Minas Gerais (31.671.755 ha), isso significa que 1,51% da área do bioma foi queimada em 2010, reduzindo-se para 0,40% em 2023 (Tabela 1).

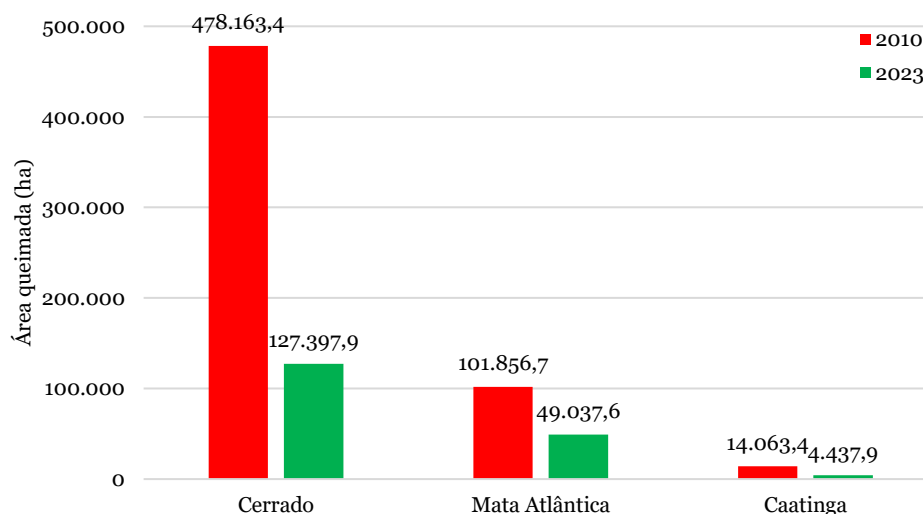
Na Mata Atlântica, que corresponde a 40% do território mineiro (23.460.559 ha), a área queimada caiu de 101.856,7 ha em 2010 (aproximadamente 0,43% da área do bioma) para 49.037,6 ha em 2023 (cerca de 0,21%). Já a Caatinga, com 6% de cobertura no estado (3.519.084 ha), registrou uma redução de queimadas de 14.063,4 ha (0,40% da área do bioma) em 2010 para 4.437,9 ha (0,13%) em 2023.

Tabela 1 - Área total queimada (em hectares) em relação a área do bioma em Minas Gerais nos anos de 2010 e 2023

Bioma	Área Total (ha)	Área Queimada 2010 (ha)	Queimada 2010 (%)	Área Queimada 2023 (ha)	Queimada 2023 (%)
Cerrado	31.671.755,1	478.163,4	1,5	127.397,9	0,4
Mata Atlântica	23.460.559,4	101.856,7	0,4	49.037,6	0,2
Caatinga	3.519.083,9	14.063,4	0,4	4.437,9	0,1

Fonte: Elaboração própria (2025).

Gráfico 1: Área total queimada (em hectares) por bioma em Minas Gerais nos anos de 2010 e 2023



Fonte: Elaboração própria (2025).

Essa análise proporcional evidencia que, embora a redução absoluta das áreas queimadas tenha ocorrido em todos os biomas, o Cerrado permanece como o mais pressionado pelo fogo em termos de volume absoluto e percentual, devido à sua maior extensão territorial e à interação entre vegetações savânicas altamente inflamáveis e atividades antrópicas. Esse padrão é consistente com estudos que identificam o Cerrado como a savana mais ameaçada do mundo, onde o fogo, apesar de ser um distúrbio ecológico natural, tem sua frequência e intensidade amplificadas pelas transformações no uso do solo (Strassburg et al., 2017). A Mata Atlântica e a Caatinga, ainda que com percentuais absolutos menores, mantêm focos de vulnerabilidade, sobretudo em áreas de pastagens e mosaicos de uso intensivo.

A expressiva redução da área queimada entre 2010 e 2023 pode estar relacionada, em parte, à maior regulamentação do uso do fogo e à consolidação de políticas públicas ambientais implementadas a partir da promulgação da Lei nº 12.651/2012 — o Novo Código Florestal. Esta legislação estabeleceu diretrizes mais claras para o uso sustentável do solo e para a proteção de áreas sensíveis, como as Áreas de Preservação Permanente (APPs) e as Reservas Legais (RLs), além de reforçar a obrigatoriedade do Cadastro Ambiental Rural (CAR), instrumento essencial para o monitoramento e responsabilização ambiental (BRASIL, 2012). A restrição ao uso do fogo, prevista no Art. 38 da referida lei, aliada à intensificação das ações de fiscalização e monitoramento por meio de tecnologias como sensoriamento remoto e sistemas de alerta precoce, tem contribuído para a redução de queimadas em diversas regiões do país.

Estudos recentes, como o de Andrade et al. (2021) apontam que a regularização ambiental favoreceu o planejamento territorial e reduziu a recorrência de incêndios em áreas de uso consolidado, especialmente em regiões onde o cumprimento das obrigações legais foi

acompanhado de incentivos e assistência técnica. Assim, a queda observada nas áreas queimadas em Minas Gerais pode ser compreendida não apenas como reflexo de condições climáticas variáveis, mas como resultado de um esforço institucional mais robusto em direção à governança ambiental. No entanto, é importante destacar que a legislação atual está longe de ser perfeita. A despeito dos avanços trazidos pelo Código Florestal, o relatório de área queimada do Mapbiomas (2025) evidencia que, em anos específicos dentro do período analisado (2010 - 2023), houve aumentos significativos nas áreas queimadas, sobretudo associados à flexibilização de políticas ambientais, à fragilidade na fiscalização e ao desmonte institucional de órgãos de controle.

No bioma Cerrado (Tabela 2 e Gráfico 2), as classes de uso e cobertura mais atingidas pelas queimadas em 2010 foram a Formação Savânica (199.473,5 ha) e o Afloramento Rochoso (99.593,4 ha), que juntas representaram 62,5% (299.006,9 ha) de toda a área queimada no bioma naquele ano. O Afloramento Rochoso, apresentou uma redução de aproximadamente 74,9% na área queimada, passando de 99.593,4 ha em 2010 para 24.944,6 ha em 2023, mantendo uma extensão considerável de ocorrência de incêndios naquele ano. Esse dado evidencia a persistência das queimadas em ambientes naturalmente suscetíveis ao fogo, como os afloramentos rochosos. De acordo com estudos realizados em áreas rupestres no Cerrado, tais formações, apesar de apresentarem estruturas adaptadas ao fogo (como ritidoma espesso e caules protegidos) e certa capacidade de isolamento térmico, são fortemente impactadas quando ocorrem acúmulos de biomassa secas, especialmente devido à expansão de gramíneas invasoras como *Melinis minutiflora* (Alves e Silva, 2011; Aximoff et al., 2016). Além disso, o manejo inadequado do fogo, associado à presença crescente de gado e fertilização do solo por esterco, amplia a frequência e intensidade das chamas, dificultando a regeneração da vegetação nativa (Ribeiro et al., 2011).

A Pastagem, com expressivos 78.664,6 ha queimados em 2010, também figurou entre as mais impactadas, apresentando uma redução significativa para 9.132,8 ha em 2023, uma queda de aproximadamente 88,4%, evidenciando mudanças no padrão de uso do solo e, possivelmente, no manejo agropecuário da região. Ainda assim, a persistência da classe entre as mais afetadas reforça a relevância das atividades agropecuárias, especialmente o uso do fogo para renovação de pastagens, como um dos principais vetores das queimadas no Cerrado.

Observa-se uma redução expressiva também na Formação Campestre, que passou de 51.034,5 ha queimados em 2010 para 19.476,5 ha em 2023 (redução de 61,8%), e na Formação Savânica, que teve sua área queimada reduzida em 82%, caindo para 35.866,6 ha em 2023.

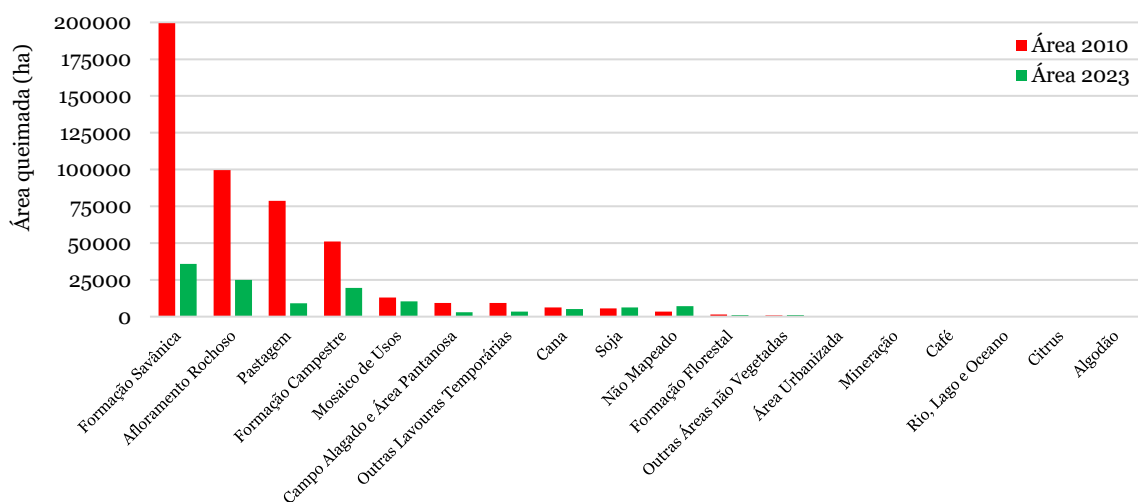
Essas tendências revelam que, apesar da redução geral nas áreas queimadas em grande parte das classes, o fogo continua atuando de maneira seletiva em determinadas formações vegetais e usos antrópicos, especialmente aqueles relacionados à agropecuária. A literatura científica corrobora que a expansão da fronteira agrícola e o uso recorrente do fogo como técnica de manejo são os principais impulsionadores da ignição e propagação de incêndios no bioma (Alencar et al., 2024; Pivello et al., 2021). Além disso, a alta inflamabilidade das formações savânicas e campestres contribui para manter essas paisagens entre as mais vulneráveis ao fogo, mesmo diante de políticas de controle e monitoramento.

Tabela 2 - Área queimada por uso do solo no bioma Cerrado (2010 - 2023)

Uso do Solo	Área (2010)	Área (2023)	Diferença (ha)	Diferença (%)
Formação Savânica	199.473,50	35.866,60	-163.606,90	-82,0
Afloramento Rochoso	99.593,40	24.944,60	-74.648,80	-75,0
Pastagem	78.664,60	9.132,80	-69.531,90	-88,4
Formação Campestre	51.034,50	19.476,50	-31.558,00	-61,8
Mosaico de Usos	13.037,60	10.297,00	-2.740,60	-21,0
Campo Alagado e Área Pantanosa	9.230,90	3.049,70	-6.181,20	-67,0
Outras Lavouras Temporárias	9.226,10	3.521,60	-5.704,60	-61,8
Cana	6.278,60	5.151,40	-1.127,20	-18,0
Soja	5.563,50	6.330,80	767,3	13,8
Não Mapeado	3.389,10	7.109,70	3.720,70	109,8
Formação Florestal	1.507,00	972,8	-534,3	-35,5
Outras Áreas não Vegetadas	793,8	1080,4	286,6	36,1
Área Urbanizada	147,3	165,2	17,9	12,2
Mineração	114,2	115,7	1,5	1,3
Café	98,3	83,6	-14,8	-15,1
Rio, Lago e Oceano	9,5	69,9	60,4	635,8
Citrus	1,4	26,9	25,6	1828,6
Algodão	0	2,7	2,7	0

Fonte: Elaboração própria (2025).

Gráfico 2 - Área queimada por uso do solo no bioma Cerrado (2010 - 2023)



Fonte: Elaboração própria (2025).

Na Mata Atlântica (Tabela 3 e Gráfico 3), a classe Pastagem destacou-se como a mais afetada pelas queimadas nos dois períodos analisados, somando 48.014,9 ha em 2010 e 13.495,2 ha em 2023, uma redução expressiva de aproximadamente 71,9%. Essa tendência revela não apenas a centralidade da atividade agropecuária como vetor de transformação da paisagem, mas também o papel persistente do fogo em áreas onde o bioma encontra-se altamente fragmentado. Ao contrário do Cerrado, onde o fogo pode assumir papéis ecológicos em algumas formações, na Mata Atlântica ele está fortemente associado à ação antrópica, especialmente ao avanço da fronteira agropecuária, à conversão de áreas florestais em pastagens e ao manejo intensivo do solo.

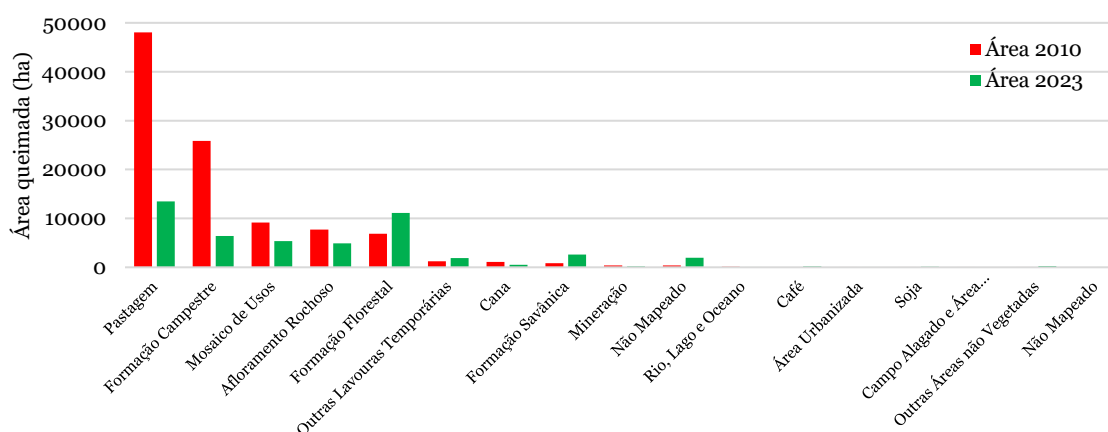
Tabela 3 - Área queimada por uso do solo no bioma Mata Atlântica (2010 - 2023)

Uso do Solo	Área (2010)	Área (2023)	Diferença (ha)
Pastagem	48.014,9	13.495,2	-34.519,7
Formação Campestre	25.836,2	6.416,8	-19.419,4
Mosaico de Usos	9.155,1	5.358,1	-3.797,0
Afloramento Rochoso	7.688,6	4.918,8	-2.769,8
Formação Florestal	6.876,5	11.091,8	4.215,2
Outras Lavouras Temporárias	1.235,1	1.859,9	624,8
Cana	1.069,2	498,8	-570,4
Formação Savânica	867,7	2.625,9	1.758,2
Mineração	413,0	193,0	-219,9
Não Mapeado	401,1	1.944,8	1.543,7
Rio, Lago e Oceano	108,5	19,5	-88,9
Café	77,2	194,1	116,8
Área Urbanizada	46,1	15,9	-30,2
Soja	45,5	147,1	101,6
Campo Alagado e Área Pantanosa	13,4	0,0	-13,4
Outras Áreas não Vegetadas	8,6	255,1	246,4
Não Mapeado	0,0	2,9	2,9

Fonte: Elaboração própria (2025).

Além da pastagem, a Formação Campestre, que ocupava 25.836,2 ha queimados em 2010, apresentou um recuo drástico para 6.416,8 ha em 2023 (redução de 75,2%). A classe de Formação Florestal, por sua vez, teve um comportamento inverso: os valores queimados passaram de 6.876,5 ha em 2010 para 11.091,8 ha em 2023, um aumento de mais de 60%, indicando que áreas de vegetação nativa remanescente continuam vulneráveis e cada vez mais expostas a incêndios. Isso acende um alerta, já que fragmentos florestais que restam no bioma são cruciais para a manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos.

Gráfico 3: Área queimada por uso do solo no bioma Mata Atlântica (2010 - 2023)



Fonte: Elaboração própria (2025).

Estudos apontam que os incêndios na Mata Atlântica estão frequentemente relacionados à pressão fundiária, ao parcelamento informal do solo e à substituição da vegetação nativa por pastagens (ESALQ/USP, 2021). Entre as principais ameaças à integridade desse bioma estão a agropecuária extensiva, a extração seletiva de madeira, a caça ilegal, a expansão urbana e a industrialização, além do turismo desordenado. Esses fatores não apenas

reduzem a cobertura vegetal, mas também fragmentam os habitats e comprometem a resiliência ecológica do território, tornando-o mais suscetível a incêndios, sejam acidentais, criminosos ou vinculados ao manejo do uso da terra. A combinação entre degradação antrópica e alta vulnerabilidade estrutural faz da Mata Atlântica um dos *hotspots* de biodiversidade mais ameaçados do planeta, onde o fogo representa um agente de distúrbio cada vez mais relevante.

Na Caatinga (Tabela 4 e Gráfico 4), bioma que historicamente apresenta a menor incidência de fogo no estado, observou-se em 2010 um total de 9.891,0 ha queimados na classe Formação Savânica, seguido por 3.328,2 ha de Pastagem. Em 2023, essas áreas caíram para 2.478,0 ha e 1.167,4 ha, respectivamente, correspondendo a reduções de 74,9% e 64,9%. Ainda que esses números indiquem uma diminuição expressiva nas áreas afetadas, a persistência dessas duas classes entre as mais atingidas reforça a vulnerabilidade de áreas de uso agropecuário consolidado e formações vegetais abertas típicas da Caatinga semiárida.

Os dados da pesquisa demonstraram que algumas classes tenham apresentado redução na área queimada, como a Formação Florestal, que passou de 289,8 há, em 2010 para apenas 22,7 há, em 2023, essa diminuição pode refletir tanto a perda dessas formações quanto sua substituição por usos antrópicos. Em contrapartida, destaca-se o crescimento expressivo da área queimada na classe Mosaico de Usos, que saltou de 117,8 ha para 686,0 ha no mesmo período, um aumento de aproximadamente 482%. Esse avanço sugere a intensificação de atividades agrícolas e pecuárias em áreas heterogêneas e fragmentadas, contribuindo para tornar o bioma ainda mais vulnerável à propagação do fogo.

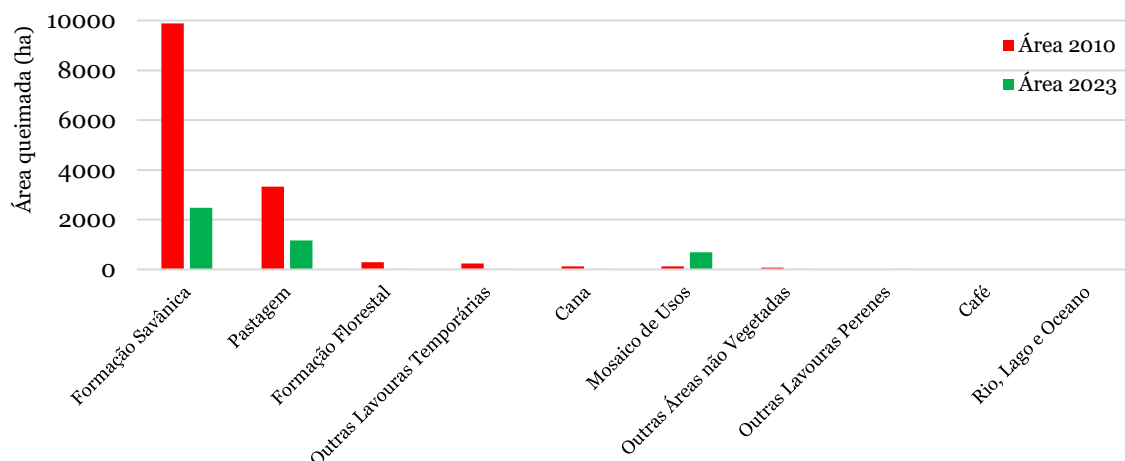
Estudos recentes indicam que a vulnerabilidade da Caatinga aos incêndios florestais vem crescendo, impulsionada por múltiplos fatores: a intensificação de eventos extremos de seca, a expansão da agricultura irrigada, o avanço do desmatamento e a substituição da vegetação nativa por pastagens e monoculturas (FRANÇA et al., 2024). Tais pressões antrópicas, somadas às mudanças climáticas que elevam a frequência e a duração das secas, criam um cenário de fragilidade ecológica. A combinação entre combustíveis secos, a fragmentação da cobertura vegetal e o uso inadequado do solo configura um ambiente altamente propenso à propagação do fogo, mesmo em um ecossistema estruturalmente menos adaptado ao fogo, como é o caso da Caatinga.

Tabela 4 - Área queimada por uso do solo no bioma Caatinga (2010 - 2023)

Uso do Solo	Área (2010)	Área (2023)	Diferença (ha)
Formação Savânica	9.891,0	2.478,0	-7.413,1
Pastagem	3.328,2	1.167,4	-2.160,8
Formação Florestal	289,8	22,7	-267,1
Outras Lavouras Temporárias	233,7	14,0	-219,7
Cana	125,5	24,7	-100,8
Mosaico de Usos	117,8	686,0	568,3
Outras Áreas não Vegetadas	74,0	25,6	-48,4
Outras Lavouras Perenes	1,8	16,3	14,6
Café	1,8	0,0	-1,8
Rio, Lago e Oceano	0,0	3,2	3,2

Fonte: Elaboração própria (2025).

Gráfico 4 - Área queimada por uso do solo no bioma Caatinga (2010 - 2023)

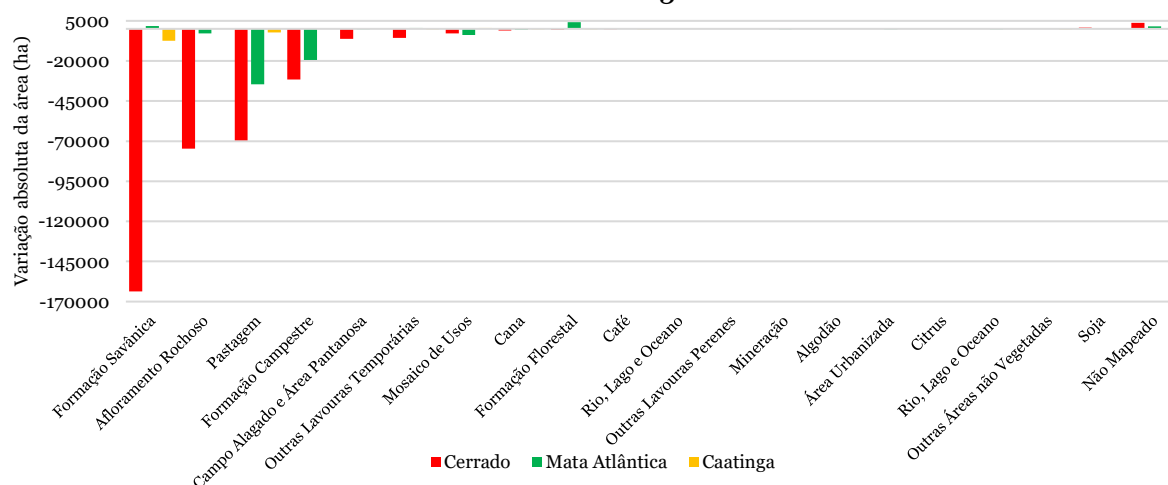


Fonte: Elaboração própria (2025).

A análise da variação absoluta da área queimada em Minas Gerais, no período de 2010 a 2023 (Gráfico 5), revela importantes vetores de transformação no uso e cobertura do solo. A análise quantitativa demonstra que as reduções mais significativas ocorreram em classes de vegetação nativa e pastagens. A Formação Savânica registrou a maior redução em área absoluta, com um declínio líquido de 169.261,8 ha. Esta variação foi predominantemente concentrada no bioma Cerrado, que correspondeu a 96,6% do total (−163.606,9 ha). Subsequentemente, a classe Pastagem apresentou uma retração de 106.212,4 ha nos três biomas analisados, com as perdas mais expressivas localizadas no Cerrado (−69.531,9 ha) e na Mata Atlântica (−34.519,7 ha). Adicionalmente, uma redução substancial de 77.4186 ha foi observada na classe Afloramento Rochoso, predominantemente no bioma Cerrado (74.648,8 ha). A Formação Campestre também exibiu um decréscimo significativo de 50.977,4 ha, distribuído entre os biomas Cerrado (−31.558,0 ha) e Mata Atlântica (−19.419,4 ha).

Tais reduções substanciais sugerem uma tendência acentuada de regressão da área afetada por incêndios sobre formações vegetais nativas e áreas de pecuária, o que pode indicar transformações estruturais nos sistemas de produção e na gestão territorial de Minas Gerais. A notável diminuição na área queimada de pastagens é potencialmente atribuível a alterações nas práticas de manejo, como a gradual substituição do uso do fogo por tecnologias alternativas, associada ao fortalecimento da fiscalização ambiental, notadamente após a implementação do Código Florestal (Lei nº 12.651/2012). A consolidação de instrumentos de política ambiental, como o Cadastro Ambiental Rural (CAR), pode, igualmente, ter contribuído para a coibição do uso indiscriminado do fogo (Luiz, 2022). Em paralelo, estudos sugerem que a atenuação da pressão antrópica no Cerrado, particularmente sobre as formações savânicas, pode estar correlacionada a uma desaceleração na conversão de vegetação nativa para fins agropecuários (Segura-Garcia, 2024).

Gráfico 5: Variação absoluta da área queimada (ha) por classe de uso do solo e Bioma entre 2010 e 2023

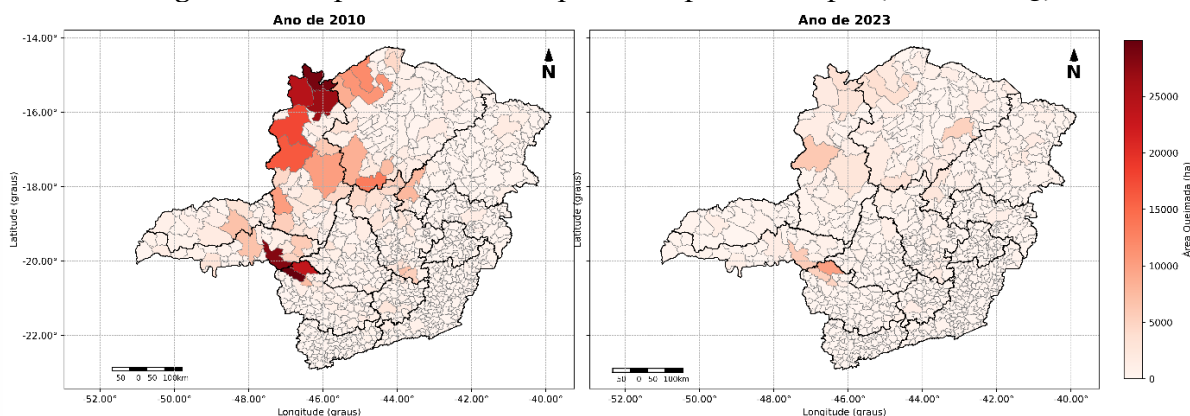


Fonte: Elaboração própria (2025).

Não obstante, a tendência geral de declínio, observam-se dinâmicas de expansão em classes específicas que indicam focos de pressão antrópica. O contraponto mais notório a essa tendência ocorreu na Formação Florestal inserida na Mata Atlântica, que experimentou uma expansão da área queimada em 4.215,2 ha. De forma similar, a Formação Savânica, apesar de sua acentuada redução no Cerrado, apresentou um incremento de 1.758,2 ha na Mata Atlântica. Com menor magnitude, certas culturas agrícolas também registraram aumento na área afetada pelo fogo, como a Soja no Cerrado (767,3 ha) e as Outras Lavouras Temporárias na Mata Atlântica (624,8 ha). O crescimento das queimadas em áreas de vegetação nativa, especialmente na Mata Atlântica, constitui um indicador relevante que aponta para a persistência e, em certos casos, intensificação da ocorrência de fogo em ecossistemas de elevada importância para a conservação da biodiversidade.

As análises espaciais dos mapas de Minas Gerais para 2010 e 2023 revelam uma drástica redução das áreas queimadas ao longo da década (Figura 2). Em 2010, as maiores concentrações de queimadas se localizavam no Noroeste e Centro-Oeste do estado, com municípios como Delfinópolis e Formoso registrando extensas áreas. Já em 2023, o padrão espacial de queimadas mostra-se significativamente menos intenso e disperso, com pouquíssimas manchas escuras, indicando uma diminuição generalizada na extensão e frequência dos eventos, confirmada pela queda expressiva nos hectares queimados dos municípios do ranking.

Figura 2: Comparativo de área queimada por município (2010 - 2023)



Fonte: Elaboração própria (2025).

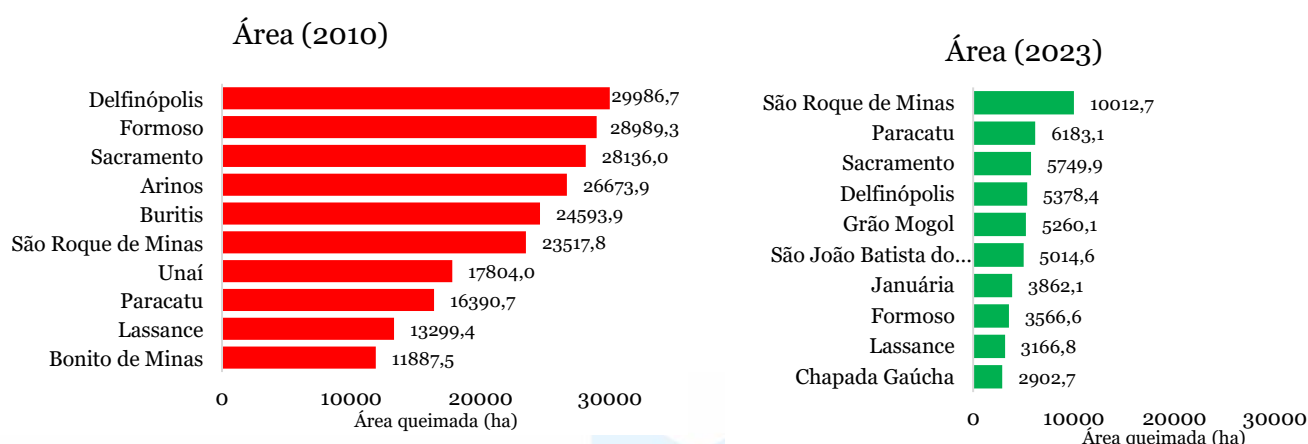
Ao aprofundarmos a análise comparando os dez municípios com maiores áreas queimadas revela uma notável alteração no padrão dos incêndios (Tabela 5 e Gráfico 6). Observa-se uma drástica redução na magnitude dos eventos: em 2010, o líder do *ranking* (Delfinópolis) registrou cerca de 30.000 ha queimados; em 2023, o primeiro colocado (São Roque de Minas) não ultrapassou 11.000 ha. Tal disparidade sugere que 2010 foi um ano de severidade climática excepcional, marcado por precipitação significativamente abaixo da média (Tasker e Arima, 2016). Dados do INMET (2011) apontam que o ano hidrológico de 2010/2011 em Minas Gerais registrou um “veranico” prolongado, com forte escassez de chuva no Centro-Norte e Leste mineiros durante janeiro e fevereiro. Este déficit pluviométrico coincide com o fenômeno El Niño de 2009–2010, que agravou a seca no Sudeste do Brasil, comprometendo a segurança em água, energia e a agricultura de subsistência (Santos, 2016). Em contraste, em 2023 as iniciativas de manejo e combate ao fogo, combinadas com condições climáticas menos extremas nesse ciclo anual, podem ter contribuído para o cenário de menor impacto observado.

Tabela 5 - *Ranking* dos 10 municípios com maiores áreas queimadas (em hectares) em Minas Gerais, comparativo entre 2010 e 2023

Município	Área (2010)	Município	Área (2023)
Delfinópolis	29.986,7	São Roque de Minas	10.012,7
Formoso	28.989,3	Paracatu	6.183,1
Sacramento	28.136,0	Sacramento	5.749,9
Arinos	26.673,9	Delfinópolis	5.378,4
Buritit	24.593,9	Grão Mogol	5.260,1
São Roque de Minas	23.517,8	São João Batista do Glória	5.014,6
Unaí	17.804,0	Januária	3.862,1
Paracatu	16.390,7	Formoso	3.566,6
Lassance	13.299,4	Lassance	3.166,8
Bonito de Minas	11.887,5	Chapada Gaúcha	2.902,7

Fonte: Elaboração própria (2025).

Gráfico 6: *Ranking* dos 10 municípios com maiores áreas queimadas (em hectares) em Minas Gerais, comparativo entre 2010 e 2023



Fonte: Elaboração própria (2025).

A reorganização espacial dos municípios com maior ocorrência de fogo é outro aspecto notável. São Roque de Minas ascendeu da sexta para a primeira posição, Paracatu subiu do oitavo para o segundo lugar, e quatro novos municípios entraram no ranking de 2023: Grão

Mogol, São João Batista do Glória, Januária e Chapada Gaúcha. Em muitos desses casos, a intensificação da produção agrícola é um fator correlato à pressão sobre o território. Por exemplo, a área destinada à produção agropecuária em Paracatu cresceu de 99.459 ha em 2010 para 236.992 ha em 2023, e em Chapada Gaúcha, de 20.443 ha para 48.402 ha. Já em Formoso, a área saltou de 33.963 ha para 52.010 ha no mesmo período (IBGE, 2024). Esse avanço do uso agrícola em biomas suscetíveis ao fogo, como o Cerrado, pode ter aumentado a vulnerabilidade desses territórios à ignição, especialmente quando associada a práticas de manejo que envolvem o uso do fogo.

Por outro lado, municípios como Grão Mogol e Januária apresentaram retração da área agrícola entre 2010 e 2023, o que aponta para a complexidade da relação entre uso da terra e ocorrência de queimadas, sugerindo a influência de outros fatores, como vegetação nativa remanescente, topografia, infraestrutura de fiscalização e dinâmica fundiária local. Em São Roque de Minas, por exemplo, mesmo com um crescimento agrícola moderado (de 7.219 ha para 13.858 ha), o município passou a liderar o ranking de área queimada em 2023, reforçando a necessidade de considerar múltiplas variáveis (IBGE, 2024).

Seis municípios se repetiram nos dois períodos analisados: São Roque de Minas, Paracatu, Sacramento, Delfinópolis, Formoso e Lassance, configurando-se como zonas críticas de ignição e propagação do fogo, que apresentam alta recorrência e persistência de queimadas ao longo dos anos, independentemente de variações climáticas. Essas áreas se caracterizam pela combinação de fatores estruturais, como o predomínio de vegetações altamente inflamáveis, uso intensivo do solo, pressão agropecuária, déficit de fiscalização e uso recorrente do fogo como prática de manejo que mantém o território em estado permanente de suscetibilidade à ignição e à propagação do fogo (Jones et al., 2022).

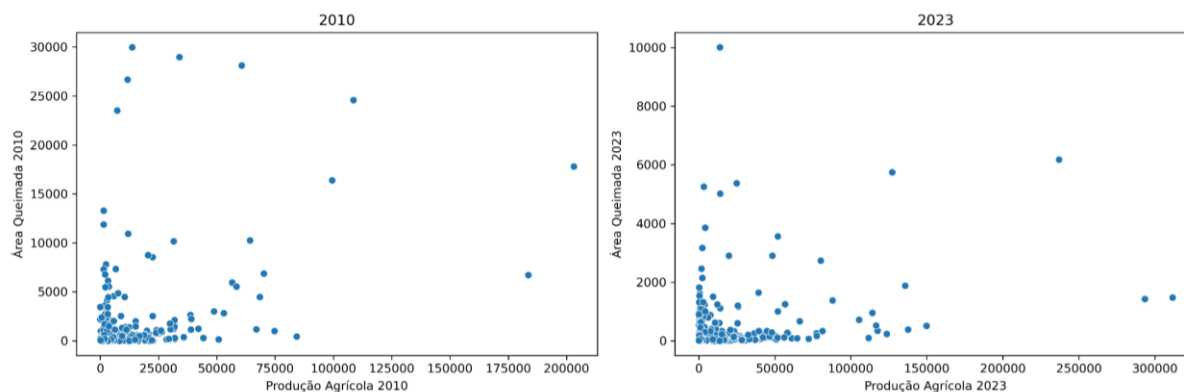
O caso de Sacramento é emblemático: manteve-se na terceira posição em ambos os anos, mesmo dobrando sua área agrícola no intervalo analisado (de 60.618 ha em 2010 para 127.152 ha em 2023), sugerindo a permanência de vetores estruturais de risco, como uso intensivo do solo, pressão fundiária e deficiências na prevenção (IBGE, 2024).

Os dados revelam uma transição de um cenário de impacto extensivo para um desafio territorial de gestão de riscos ambientais locais. A redução expressiva das áreas queimadas entre 2010 e 2023 representa um avanço importante, impulsionado por fatores climáticos e institucionais, como a modernização das práticas produtivas e a aplicação do Código Florestal (Lei n.º 12.651/2012). No entanto, a recorrência de incêndios em municípios com alta atividade agropecuária destaca a necessidade de estratégias adaptativas, descentralizadas e sensíveis às especificidades territoriais, integrando ações de fiscalização, educação ambiental e planejamento do uso da terra.

Com base na análise de correlação entre a área queimada e a produção agrícola municipal em Minas Gerais, observa-se uma relação estatisticamente significativa em ambos os anos analisados (Gráfico 7). Em 2010, o coeficiente de correlação de Pearson foi de 0,453 ($p < 0,001$), indicando uma correlação positiva moderada entre o aumento da área agrícola e a maior incidência de queimadas. Este resultado sugere que, naquele ano, municípios com maior extensão de produção agrícola tenderam a apresentar áreas mais amplas afetadas pelo fogo, o que pode estar associado a práticas agropecuárias que fazem uso do fogo para manejo de pastagens ou limpeza de áreas, além de contextos climáticos extremos, como a seca registrada em 2010.

Já em 2023, a correlação, apesar de positiva e estatisticamente significativa ($r = 0,320$; $p < 0,001$), foi menos intensa, o que pode indicar um enfraquecimento da associação direta entre expansão agrícola e incêndios. Esse padrão pode estar relacionado à adoção de tecnologias mais sustentáveis, à ampliação da fiscalização ambiental e ao aprimoramento das práticas de manejo agrícola, além da atuação de políticas públicas como o Código Florestal (Lei n.º 12.651/2012), que passou a exigir Cadastro Ambiental Rural e restrições ao uso do fogo em propriedades rurais.

Gráfico 7: Correlação entre produção agrícola (IBGE) e área queimada (MapBiomass)



Fonte: Elaboração própria (2025).

Em síntese, embora a correlação positiva entre produção agrícola e área queimada permaneça, a redução da sua intensidade ao longo do período analisado reforça a hipótese de que mudanças estruturais e institucionais vêm contribuindo para mitigar os impactos do uso do solo sobre o regime de fogo em Minas Gerais.

Ainda que a metodologia adotada neste estudo tenha se baseado em dados de alta confiabilidade, e ampla cobertura temporal, como os da plataforma MapBiomass Fogo, é importante reconhecer algumas limitações inerentes à detecção de áreas queimadas por sensoriamento remoto. A classificação das cicatrizes de fogo baseia-se em imagens de satélite ópticas (Landsat) e em algoritmos de diferenciação espectral, o que pode resultar em omissões, especialmente em áreas sob cobertura de nuvens, fumaça densa ou vegetação muito densa. Além disso, pequenos eventos de queimada de curta duração podem não ser detectados, o que implica uma subestimação pontual da área total queimada (Mapbiomas, 2025). A resolução espacial de 30 metros utilizada na série histórica também pode limitar a identificação de focos de menor escala, particularmente em paisagens fragmentadas. Apesar dessas limitações, a série anual do MapBiomass Fogo representa atualmente uma das bases mais consistentes e comparáveis para análises espaço-temporais de longo prazo sobre a dinâmica do fogo no Brasil.

Considerações finais

Este estudo evidenciou uma expressiva redução de 69,6% na área total queimada em Minas Gerais entre os anos de 2010 e 2023, destacando-se a retração especialmente acentuada no bioma Cerrado, responsável por mais de 70% da diminuição observada. As classes de uso da terra mais afetadas pelas queimadas foram, de forma recorrente, aquelas associadas à atividade agropecuária, como Pastagem, Formação Savânica, Formação Campestre e o Afloramento Rochoso, cuja redução nas áreas queimadas indica possíveis avanços na fiscalização ambiental, mudanças nas práticas de manejo e efeitos da implementação do Código Florestal (Lei n.º 12.651/2012).

A redução da correlação entre área agrícola e áreas queimadas ao longo do período (de $r = 0,453$ em 2010 para $r = 0,320$ em 2023) reforça essa hipótese, indicando uma inflexão na relação direta entre expansão agropecuária e incêndios, o que pode ser atribuído à adoção de tecnologias mais sustentáveis, ao acesso a assistência técnica e ao cumprimento de exigências legais como o Cadastro Ambiental Rural (CAR). No entanto, a persistência de incêndios em formações nativas ecologicamente sensíveis, como as florestas da Mata Atlântica, alerta para a fragilidade de determinados ecossistemas frente às pressões fundiárias, ao uso indevido do fogo e à fragmentação ambiental, processos agravados por secas mais intensas e eventos climáticos extremos.

A análise dos municípios mais afetados ao longo do período revelou uma reconfiguração espacial da vulnerabilidade ao fogo, com a emergência de novos focos em áreas anteriormente menos críticas, ao passo que outros territórios se mantiveram persistentemente entre os mais impactados. Essa constatação reforça a necessidade de ações descentralizadas, voltadas às especificidades socioambientais de cada região, combinando estratégias de mitigação, monitoramento por geotecnologias, educação ambiental e suporte técnico às práticas agropecuárias sustentáveis.

Apesar das limitações inerentes ao sensoriamento remoto, como a resolução espacial e a omissão de focos de pequena escala, a base MapBiomas Fogo, associada aos dados do IBGE, mostrou-se robusta e adequada para análises espaço-temporais. Ressalta-se, no entanto, a importância de integrar essas ferramentas com dados meteorológicos de alta resolução e modelos preditivos, que incorporem variáveis climáticas e uso da terra para antecipar riscos de queimadas.

Em suma, esta pesquisa contribui para o entendimento da dinâmica do fogo em Minas Gerais, revelando avanços na gestão do território frente aos incêndios, mas também demonstrando a necessidade de vigilância contínua, apoio técnico às práticas sustentáveis, educação ambiental e monitoramento territorial por geotecnologias. Em um cenário de crescente complexidade ambiental e social, o combate às queimadas demanda políticas intersetoriais, sensíveis às especificidades locais e orientadas pela ciência.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento do projeto de pesquisa na Demanda Universal (APQ-01102-22) e à Universidade Federal de Uberlândia, pelos recursos à realização do projeto.

Referências

- ALENCAR, A. et al. **Amazônia em chamas**: Entendendo a relação entre o fogo e desmatamento em 2023. Nota Técnica, n. 12, 2024. https://portalamazonia.com/wp-content/uploads/2024/07/Amazonia-em-Chamas-12_v01.pdf. Acessado em 14 jun. 2025.
- ALENCAR, A. et al. Fogo no Brasil em 2024: o retrato fundiário da área queimada nos biomas. Nota técnica. **IPAM** (Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia), rede MapBiomas, 2024. Disponível em: <https://ipam.org.br/bibliotecas/fogo-no-brasil-em-2024-o-retrato-fundiario-da-area--queimada-nos-biomas>. Acessado em 14 jun. 2025.
- ANDELA, N. et al. (2017). A human-driven decline in global burned area. **Science**, 356(6345), 1356–1362. <https://doi.org/10.1126/science.aal4108>.
- ANDRADE, A. S. R.; Ramos, R. M.; Sano, E. E.; Libonati, R.; Santos, F.L.M.; Rodrigues, J.A.; Giongo, M.; da Franca, R.R.; de Paula Laranja, R.E. Implementation of Fire Policies in Brazil: An Assessment of Fire Dynamics in Brazilian Savanna. **Sustainability** 2021, 13, 11532. <https://doi.org/10.3390/su132011532>.
- ARAGÃO, L. E. O. C. et al. (2018). 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. **Nature Communications**, 9, 536. DOI: 10.1038/s41467-017-02771-y.
- ALVES, R. J. V., & N. G. Silva. 2011. O Fogo é Sempre um Vilão nos Campos Rupestres? **Biodiversidade Brasileira** 1:120–127.

ANDRADE, L. A. Z., W. N. Neto, & H. S. Miranda. 2002. Effects of fire on the soil seed bank in a Cerrado sensu stricto in central Brazil. *Forest Fire Research & Wildland Fire Safety* 1–7.

AXIMOFF, I. A.; Bovini, M. G.; Fraga, C. N. 2016. Vegetação em afloramentos rochosos litorâneos perturbados por incêndios na Região Metropolitana Fluminense, estado do Rio de Janeiro. **Biodiversidade Brasileira** 6: 149-172.

BRANDO, P. M. et al. (2020). The gathering firestorm in southern Amazonia. **Science Advances**, 6(2), eaay1632. DOI: 10.1126/sciadv.aay1632.

BRASIL. **Lei nº 12.651**, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 102, p. 1, 28 mai. 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 9 mai. 2025.

CAMPANHARO, W. A. et al. Padrões e impactos dos incêndios florestais nos biomas brasileiros. In: SETZER, A. W.; FERREIRA, N. J. **Queimadas e incêndios florestais: mediante monitoramento orbital**. São Paulo: Oficina de Textos, 2021. ISBN 978-85-7975-318-3.

EPA. United States Environmental Protection Agency. Climate Change Indicators: Wildfires. 2022. Disponível em: <https://www.epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-wildfires>. Acesso em: 24 abr. 2023.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ” – ESALQ/USP. **The Atlantic Forest of Brazil: A Briefing Book**. Org.: Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal – LERF. [S. l.]: ESALQ/USP, 2021. Disponível em: <https://lerf.eco.br/img/publicacoes/final.atlanticforest.brazil.briefingbook.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2025.

FRANÇA, B. M. et al. Mapping Burned Area in the Caatinga Biome: Employing Deep Learning Techniques. *Fire* 2024, 7, 437. <https://doi.org/10.3390/fire7120437>.

GONÇALVES, Andréa Rocha. **Ecologia do fogo: estado da arte dos aspectos da relação entre o fogo e o Cerrado**. 2024. 16 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação (Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Goiás, Porangatu-GO. https://repositorio.ueg.br/jspui/bitstream/riueg/6464/2/Andr%c3%a9a%20Rocha%20Gon%c3%a7alves_TCC.pdf. Acesso em: 9 jul. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Biomas**. 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/15842-biomas.html?t=downloads>. Acesso em: 10 jun. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção Agrícola Municipal**: área plantada ou destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias e permanentes. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acesso em: 9 jul. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. Nota Técnica: **Estação chuvosa 2010/2011 em Minas Gerais**. Belo Horizonte, MG, 2011. Disponível em:

https://portal.inmet.gov.br/uploads/notastecnicas/Nota_tecnica_CEDEC_04_17.pdf.

Acesso em: 16 jun. 2025.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Programa Queimadas. Banco de Dados de Queimadas. 2025. Disponível em:

<https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/portal/faq/index.html>. Acesso em: 15 mai. 2025.

JONES, M. W., Abatzoglou, J. T., Veraverbeke, S., Andela, N., Lasslop, G., Forkel, M., et al. (2022). Global and regional trends and drivers of fire under climate change. **Reviews of Geophysics**, 60, e2020RG000726. <https://doi.org/10.1029/2020RG000726>.

LIMA, Rafael Rodrigo Ferreira de. Mata atlântica: uso, proteção e conservação. **Trilhas-Revista de Extensão do IF Baiano**, v. 3, n. 1, 2023.

<https://periodicos.ifbaiano.edu.br/index.php/trilhas/article/view/125/50>.

LUIZ, C. H. P, Steinke VA. Recent Environmental Legislation in Brazil and the Impact on Cerrado Deforestation Rates. **Sustainability**. 2022; 14(13):8096.

<https://doi.org/10.3390/su14138096>.

PIVELLO, V. R. et al. Understanding Brazil's catastrophic fires: Causes, consequences and policy needed to prevent future tragedies. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 19, n. 3, p. 233–255, jul. 2021.

PROJETO MAPBIOMAS. Mapeamento das áreas queimadas no Brasil entre 1985 a 2023 - Coleção 3. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2024/06/Fact_MapBiomias_Fogo_Colecao3_28.06-1.pdf. Acesso em 14 mai. 2025.

PROJETO MAPBIOMAS FOGO. Coleção 3 da série anual de Mapas de Cicatriz de Fogo do Brasil. Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/monitor-do-fogo>. Acesso em 14 mai. 2025.

PROJETO MAPBIOMAS. Coleção 9 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em 14 mai. 2025.

PROJETO MAPBIOMAS. Nota Técnica. Panorama do Fogo em Pastagens plantadas no Brasil. 2024. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2025/01/Nota_Tecnica_Fogo-e-Pastagem_2024-1.pdf. Acesso em 18 mai. 2025.

RIBEIRO, K.T.; França, H.; Miranda, H.S.; Berlinck, C.N. 2011. Editorial – número temático: Manejo do fogo em áreas protegidas. **Biodiversidade Brasileira**, 1(2): 1-3.

REQUIA W. J. Fires in Brazil: health crises and the failure of government action. **The Lancet Regional Health - Americas**. 2024 Oct 16, 39, 100913. doi: 10.1016/j.lana.2024.100913.

SANTOS, S. R., Sansigolo, C. A., Santos, A. P. P. Dinâmica temporal em múltiplas escalas de tempo dos eventos secos e chuvosos no Sudeste do Brasil. 2016. **Revista Brasileira de Geografia Física** 9, 1292-1300. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v9.5.p1292-1300>.

SCHMIDT I. B., Moura L. C., Ferreira M. C., et al. Fire management in the Brazilian savanna: First steps and the way forward. **Journal of Applied Ecology**. 2018; 55: 2094–2101. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13118>.

SEGURA-GARCIA, C. Alencar A, S. Arruda VL, Bauman D, Silva W, Conciani DE, Oliveras Menor I. 2025 The fire regimes of the Cerrado and their changes through time. *Phil. Trans. R. Soc. B* 380: 20230460. <https://doi.org/10.1098/rstb.2023.0460>.

SILVERIO, D. V. et al. (2019). Fire, fragmentation, and windstorms: A recipe for tropical forest degradation. **Journal of Ecology**, 107(2), 656–667. DOI: 10.1111/1365-2745.13076.

TASKER, K., Arima, E. Fire regimes in Amazonia: the relative roles of policy and precipitation. **Anthropocene** 14:46–57. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2016.06.001>.

Recebido em: 30/05/2025.
Aprovado para publicação em: 27/10/2025.