



Análise multitemporal de incêndios florestais ocorridos no Estado de Minas Gerais entre 2001 e 2020

Spatialtemporal analysis of the forest fires in the Minas Gerais State between 2001 to 2020

Análisis multitemporal de los incendios forestales en el Estado de Minas Gerais entre 2001 y 2020

Marcelo de Oliveira Latuf  

Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL, Alfenas (MG), Brasil
marcelo.latuf@unifal-mg.edu.br

Guilherme da Silva Rios  

Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL, Alfenas (MG), Brasil
guilherme.rios@sou.unifal-mg.edu.br

Raiane Cristina Pereira  

Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL, Alfenas (MG), Brasil
raiane.pereira@sou.unifal-mg.edu.br

Resumo

Incêndios florestais têm causado impactos em diversas regiões do globo, ocorrendo de forma mais expressiva no período correspondente à estação seca. Além da sazonalidade do clima, a ação antrópica quase sempre está relacionada às ocorrências de incêndios em áreas de pastagens ou pela abertura de áreas para cultivos. Para subsidiar a prevenção e o combate aos incêndios, técnicas de sensoriamento remoto posicionam-se como ferramenta valiosa no monitoramento espaço-temporal do comportamento do fenômeno. No presente estudo, utilizou-se a plataforma *Google Earth Engine* e produtos da coleção *MODIS Burned Area Monthly Global*, para análise da dinâmica espaço-temporal de incêndios florestais no Estado de Minas Gerais ocorridos entre 2001 e 2020. Resultados apontam que 12.683.036ha foram consumidos ao menos uma vez pelo fogo no Estado, o que corresponde a 21,6% da área total. A mesorregião do Noroeste de Minas obteve 43,3% de seu território afetado ao menos uma vez pelo fogo, enquanto na análise por biomas, destaque para o Cerrado, com 31,2% impactado. Destaque entre as unidades de conservação, o Parque Nacional da Serra da Canastra, que posiciona-se como uma das áreas de maior recorrência. A partir dos resultados obtidos, espera-se subsidiar ações efetivas no combate e prevenção de incêndios no Estado de Minas Gerais.



Palavras-chave: MODIS. Google Earth Engine. Computação em nuvem. MCD64A1. Ecologia do fogo.

Abstract

Forest fires have caused impacts in several regions of the world, occurring more significantly in the period corresponding to the dry season. Besides the seasonality of the climate, the anthropic action is almost always related to the occurrence of fires in pasture areas or by the opening of areas for crops. To subsidize the prevention and the combat of fires, remote sensing techniques are positioned as a valuable tool in the spatial and temporal monitoring of the behavior of the phenomenon. In this study, we used the Google Earth Engine platform and products from the MODIS Burned Area Monthly Global collection to analyze the spatial-temporal dynamics of forest fires in the state of Minas Gerais that occurred between 2001 and 2020. Results indicate that about 12,683,036ha were consumed by fire in the state, which corresponds to 21.6% of the total area. The Northwestern region of Minas Gerais had 43.3% of its territory affected at least once by fire, while in the analysis by biomes, the Savannah biome stands out, with 31.2% impacted. Among the conservation units, Serra da Canastra National Park stands out as one of the areas with the highest recurrence. From the results obtained, it is hoped to subsidize effective actions to combat and prevent fires in the state of Minas Gerais.

Keywords: MODIS. Google Earth Engine. Cloud computing. MCD64A1. Fire ecology.

Resumen

Los incendios forestales han causado impactos en varias regiones del mundo, produciéndose de forma más significativa en el periodo correspondiente a la estación seca. Además de la estacionalidad climática, la acción antrópica está casi siempre relacionada con la ocurrencia de incendios en zonas de pastoreo o por la apertura de áreas para cultivos. Para subvencionar la prevención y la lucha contra los incendios, las técnicas de teledetección se posicionan como una valiosa herramienta de seguimiento del comportamiento espacial y temporal del fenómeno. En este estudio, utilizamos la plataforma Google Earth Engine y productos de la colección MODIS Burned Area Monthly Global para analizar la dinámica espaciotemporal de los incendios forestales en el Estado de Minas Gerais ocurridos entre 2001 y 2020. Los resultados indican que unas 12.683.036ha fueron consumidas por el fuego en el Estado, lo que corresponde al 21,6% de la superficie total. La región noroeste de Minas Gerais tuvo el 43,3% de su territorio afectado al menos una vez por el fuego, mientras que en el análisis por biomas se destaca el Cerrado, con 31,2% impactadas. Entre las áreas protegidas, el Parque Nacional de la Sierra de la Canastra se destaca como una de las zonas con mayor recurrencia. A partir de los resultados obtenidos, se espera apoyar acciones efectivas de combate y prevención de incendios en el estado de Minas Gerais.

Palabras-clave: MODIS. Google Earth Engine. Computación em la nube. MCD64A1. Ecología del fuego.

Introdução

Incêndios florestais são uma das principais fontes de desequilíbrios causados aos ecossistemas. Se, por um lado, sua importância é fundamental no que tange à sucessão ecológica e manutenção da biodiversidade em alguns biomas (MOREIRA et al., 2010; ROBINE et al., 2016), por outro, estão vinculados a desequilíbrios, que ocasionam

impactos diretos e indiretos sobre os sistemas naturais e antrópicos (BATISTA, 2004), criando condições de intensa fragilidade ambiental (ROSS, 2011; TROMBETA et al., 2014).

De modo geral, incêndios florestais têm causado impactos em diversas regiões do globo, ocorrendo de forma mais expressiva no período correspondente à estação seca (meses de julho, agosto e setembro em virtude da sazonalidade climática do clima Tropical) ou em sucessivos anos secos. Em tal contexto, a vegetação encontra-se num processo de substancial ressecamento, tornando-se combustível para o fogo (LEITE; BENTO-GONÇALVES; LOURENÇO, 2012).

Mundialmente, o estado da Califórnia nos Estados Unidos é reconhecido por seus severos incêndios florestais, onde os mais destrutivos em sua história registrada ocorreram no século XXI, apesar do aumento dos gastos com supressão de incêndios florestais (LIANG et al., 2008), sendo que dados mais recentes do período 2020/2021, apontam um orçamento de 492 milhões de dólares, no combate e prevenção de incêndios (GWRP, 2020). Na Austrália, assim como em Portugal, os incêndios florestais acontecem de forma recorrente. Em Portugal, Beighley e Hyde (2018) identificaram cerca de 2.651.852ha de áreas queimadas entre os anos de 2001 e 2017.

O contexto das queimadas no Brasil antecede à colonização, sendo prática utilizada para limpeza de área promovida pelos indígenas (CUSTÓDIO, 2006). Somente em 1965, foi criado o Código Florestal Brasileiro (Lei n.º 4.771/1965), que em seu artigo 27 proibia o uso do fogo nas florestas e disciplinava seu uso para fins de queima controlada. Em apoio, no ano de 1989, foi criado o Sistema Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais (PREVFOGO), que objetivava prevenir os incêndios florestais e gerar infraestrutura para combatê-los.

Além da sazonalidade do clima, a ação antrópica é outra variante importante dentre as possíveis causas dos incêndios, que quase sempre são ocasionados por queimadas feitas no manejo de pastagens (MEDEIROS, 2002), abertura de novas áreas para cultivos ou mesmo por motivos criminosos em áreas de proteção ambiental, como em unidades de conservação.

Jesus et al. (2020) analisaram a incidência temporal, espacial e de tendência de fogo nos biomas e unidades de conservação do Brasil e identificaram que os biomas Amazônia e Cerrado foram os que apresentaram a maior quantidade de focos de calor ao longo de toda a série temporal analisada (2003 a 2017), com destaque negativo para os anos de 2003 (218.714 focos) e 2007 (137.927 focos).

Mais recentemente, no ano de 2020, destacou-se o bioma Pantanal, em que, segundo dados do Programa Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), houve um incremento no número de focos de 121%, de 10.025 focos em 2019 para 22.116 focos em 2020, tendo as maiores representatividades os meses de agosto e setembro (INPE, 2021).

Para subsidiar a prevenção e o combate a este fenômeno, como apontado por Soares (1989), o conhecimento espacial, temporal e demais características, a exemplo do tipo de vegetação e da área atingida pelo incêndio, são necessários, a fim de gerar o arcabouço para a definição de áreas e estruturas prioritárias de atuação preventiva, perante os contextos singulares das características regionais de áreas afetadas.

Assim, o monitoramento contínuo dessas áreas torna-se fundamental e conta com a utilização e desenvolvimento de geotecnologias, como apontado por Pereira et al. (2012), como instrumento direcionador da compreensão de padrões de incêndios florestais em níveis multiescalares, que viabilizam aos profissionais capacitados a associação das interações culturais e socioambientais.

No Brasil, utilizando-se de técnicas de sensoriamento remoto e ferramentas como o Sistema de Informação Geográfica (SIG), o INPE monitora e disponibiliza dados sobre os focos de calor em território brasileiro em seu Programa Queimadas (INPE, 2021). Esses dados são obtidos via sensores orbitais e possuem alta probabilidade de serem indicadores da presença de incêndios florestais, pois detectam anomalias da temperatura na superfície (GONTIJO et al., 2011).

A metodologia de detecção utiliza-se de um satélite de referência, Aqua sensor MODIS, com resolução espacial de 1km e resolução temporal de 1 a 2 dias, permitindo que extensas áreas sejam monitoradas diariamente, assim como a recorrência de incêndios florestais em um determinado recorte territorial (INPE, 2021).

De acordo com INPE (2021), entre 2000 e 2020, cerca de 4.823.402 focos de calor foram detectados, sendo somente no ano de 2020, 222.797 focos (4,6% do total), tornando-se o maior índice registrado desde 2010. Já para o Estado de Minas Gerais, detectou-se no mesmo período 215.698 focos, apresentando o ano de 2020 também um valor significativo dentro da série (4% do total de registros).

Dado o contexto, projetos voltados ao monitoramento e prevenção de incêndios no Estado de Minas Gerais vêm sendo implantados e atualizados, dispondo de mecanismos legislativos - como a Lei Estadual n.º 10.312/1990, que designa ao Instituto Estadual de Florestas (IEF) a tarefa e responsabilização de ações no combate a incêndios, inclusive o monitoramento via satélite, tendo, entre outros produtos, mapas de risco de incêndios e calendários de queimada, voltados às atuações de manejo (LIMA, 2018; PEREIRA et al., 2007), inclusive em áreas susceptíveis a fragilidade ambiental, como em unidades de conservação.

Entretanto, o registro de foco de calor não necessariamente está vinculado à presença de incêndio (GONTIJO et al., 2011), assim como uma única cicatriz de incêndio florestal poderá ser detectada pelo mesmo satélite diversas vezes em função de sua duração, ou mesmo pela utilização de diversos satélites de monitoramento.

Dessa forma, com o intuito de mapeamento de cicatrizes de incêndios, foram desenvolvidos índices espectrais que podem ser utilizados para detectar a área queimada, como o Índice de Queimada por Razão Normalizada ou *Normalized Burn Ratio* (NBR), desenvolvido por Key e Benson (2006).

Esses índices permitem o mapeamento de áreas de cicatrizes pela diferenciação da resposta espectral da vegetação pré e pós fogo, onde a queima da biomassa, apresenta comportamento espectral marcado por uma baixa reflectância no infravermelho próximo e uma alta reflectância na região do infravermelho de ondas curtas (TEIXEIRA, 2020).

Os dados oriundos desse tipo de análise possibilitam múltiplos direcionamentos, como a estimativa de gases de efeito estufa (PEREIRA et al., 2009), consumo de biomassa pelo fogo (MOREIRA et al., 2010), impactos à biodiversidade (FRIZZO et al., 2011), além de auxiliarem em atuações estratégicas frente a impactos ocasionados à

saúde da população frente à redução da qualidade do ar (CONCEIÇÃO et al., 2020), dentre outros.

O processamento de imagens orbitais para a obtenção de cicatrizes de incêndios florestais, em extensas porções territoriais, a exemplo do Estado de Minas Gerais, necessita de grande conjunto de dados (*big data*), o que torna quase inviável seu mapeamento realizado de imagem a imagem.

Dessa forma, abre-se a perspectiva da utilização de plataformas de computação em nuvem, a exemplo do *Google Earth Engine* (GORELICK et al., 2017), que possibilita a automação do processamento em extensas bases de dados orbitais, com a diminuição do tempo gasto para a aquisição do produto, sem a necessidade de requisitos de hardware na máquina local, pois os processamentos são realizados em nível de servidor (LOTUFO et al., 2020).

Assim, no presente estudo, utilizando-se da plataforma *Google Earth Engine* (GEE) e de produtos da coleção MCD64A1.006 MODIS *Burned Area Monthly Global*, com resolução espacial de 500m. O objetivo foi analisar a dinâmica espaço-temporal de incêndios florestais no Estado de Minas Gerais entre 2001 e 2020, bem como a identificar áreas de recorrência.

Espera-se que os resultados obtidos ofereçam além de um complemento às informações já existentes representações cartográficas temáticas que auxiliem no monitoramento contínuo do território mineiro, bem como subsidiar demais estudos relacionadas à temática do fogo no Estado e contribuir para ações estratégicas dos órgãos públicos no que tange ao combate e manejo do fogo.

Localização e caracterização da área de estudo

Segundo dados estimados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020), o Estado de Minas Gerais (Figura 1) é o segundo mais populoso do país, com população aproximada em 2020 de 21.292.666 habitantes, sendo o quarto maior em extensão territorial (586.528km²).

O estado possui sazonalidade bem definida, sendo o verão a estação mais chuvosa e o inverno a mais seca, além de apresentar padrões espaciais, como no caso do setor centro-sul do estado, que é mais úmido, enquanto o setor extremo norte é mais seco. No verão, a precipitação no centro-sul do estado pode alcançar 900mm, o que representa cerca de 60% da precipitação total anual. Já no norte de Minas a precipitação nessa estação do ano é de cerca de 400mm. Esses valores no inverno são reduzidos para aproximadamente 50 e 25mm, respectivamente (REBOITA et al., 2015).

No que se refere à base geológica-geomorfológica do estado de Minas Gerais, segundo Machado e Silva (2010), caracteriza-se por idades arqueana a fanerozóica, constituídas em eventos tectônicos e metamórficos diversos que resultaram em compartimentos de relevo como planícies fluviolacustres, terraços fluviais, terrenos planos elevados, tabuleiros, vertentes recobertas por depósitos de encosta, superfícies aplainadas, terrenos colinosos e relevos residuais.

Tais características propiciam uma expressiva diversidade pedológica. O mapeamento de solos do Estado, elaborado pela Embrapa (2017), reconhece doze classes de solos, sendo estes: Argissolos, Cambissolos, Chernossolos, Espodossolos, Gleissolos, Latossolos, Neossolos, Nitossolos, Planossolos, Plintossolos, Vertissolos e Afloramentos Rochosos.

Já a biodiversidade do Estado, como apontado pelo Instituto Estadual de Florestas (2020), contempla em seus limites três biomas: Cerrado, que predomina em cerca de 54% do estado, e ocorre especialmente nas bacias dos rios São Francisco e Jequitinhonha; Mata Atlântica, que ocupa 40% de Minas Gerais e apresenta índices pluviométricos mais expressivos quando comparado ao restante do estado; e Caatinga, que localiza-se mais ao Norte do Estado e ocupa 6% do território mineiro, no qual destaca-se pelo expressivo grau de endemismo. Diversos fatores tais como geologia, relevo, solos e clima são predominantes na constituição das variadas características dos biomas e das atividades desenvolvidas no território.

Quanto às características econômicas, Minas Gerais apresentou seu Produto Interno Bruto (PIB) para o ano de 2018 no valor de R\$ 614.876.000 (IBGE, 2020), tendo como principal *commoditie* agrícola a exportação de café arábica (cerca de 10%

do PIB), tornando-se o principal produtor de café arábica no Brasil (BARBOSA; AGUILAR; MACIEL, 2021).

A fim de se identificar, criar e implantar áreas protegidas frente às diversificadas formas de impactos, o Estado conta com 293 Unidades de Conservação, destas, 123 de Proteção Integral e 170 de Uso Sustentável, que se dividem em dez categorias: de proteção integral (estação ecológica, reserva biológica, parque estadual, monumento natural e refúgio de vida silvestre), de uso sustentável (área de proteção ambiental, florestas estaduais, reserva de desenvolvimento sustentável e reservas particulares do patrimônio natural) e, ainda, de proteção especial (criadas para proteção de mananciais) (IEF, 2021).

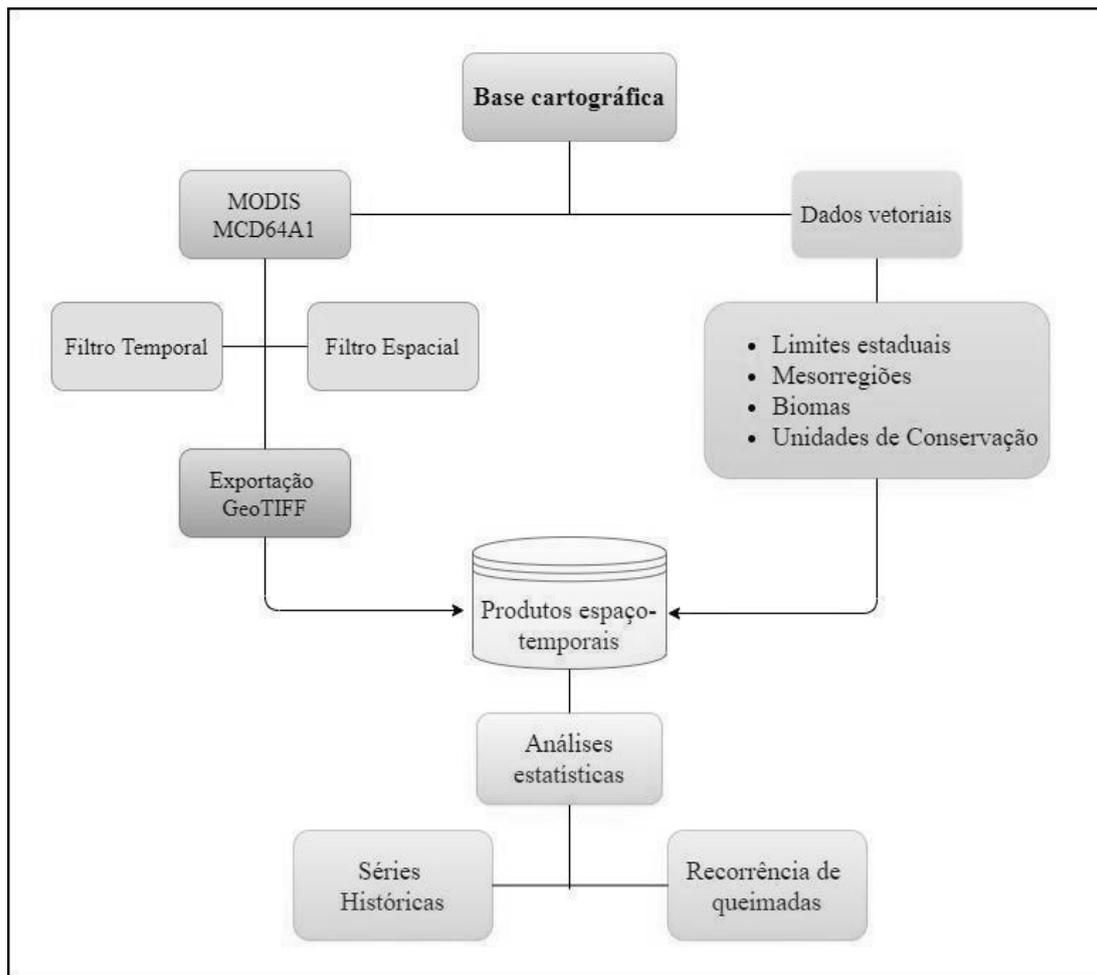
Procedimentos metodológicos

A Figura 2 demonstra a estruturação dos procedimentos metodológicos, desde a aquisição, processamento e análises dos dados.

A base cartográfica foi elaborada a partir da obtenção de dados vetoriais no formato *shapefile* das unidades da federação, mesorregiões do estado de Minas Gerais, das unidades de conservação e biomas disponíveis nas plataformas digitais de dados espaciais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio>) e do Instituto Estadual de Florestas do Estado de Minas Gerais (<http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>).

Os dados de cicatrizes de incêndios florestais foram obtidos por meio do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS), utilizando-se do produto MCD64A1.006, de estimativa da área queimada mensal com resolução espacial de 500m. Este produto foi escolhido por disponibilizar uma série histórica de dados mensais a partir de novembro de 2000, bem como por estar disponível na plataforma gratuita de processamento de imagens de sensoriamento remoto em nuvem *Google Earth Engine*, https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/MODIS_006_MCD64A1.

Figura 2: Fluxograma dos procedimentos metodológicos



Fonte: Autores, 2022.

O processamento dos dados do produto MCD64A1.006 contou com a utilização de filtros espacial (*filterBounds e Clip*) e temporal (*filterDate*), desenvolvidos por meio da linguagem de programação Javascript e executados no *code editor* do *Google Earth Engine* (GEE), com o intuito de delimitar o acesso aos dados apenas para o recorte territorial do Estado de Minas Gerais, bem como configurar a obtenção de dados anuais no período de 2001 a 2020, respectivamente.

Logo após a execução dos filtros, exportou-se os dados anuais de cicatrizes de incêndios florestais para o formato GeoTIFF, para posterior tratamento em ambiente SIG. O script elaborado para este estudo pode ser acessado em <https://code.earthengine.google.com/4f2c6b0f08d2c154f57180ccc7af643a>.

Após o processamento dos dados no GEE, estes foram importados e processados no SIG ArcMAP™ 10.6.1, nos quais as imagens anuais foram recortadas nos polígonos de interesse (biomas, mesorregiões e unidades de conservação). Com os dados adquiridos em cada uma dessas extrações, foram aplicados descritores da estatística descritiva às planilhas eletrônicas para a geração de tabelas e gráficos.

Para a elaboração do mapa de recorrência no período de 2001 a 2020, converteu-se os rasters de cicatrizes anuais em formato GeoTIFF para o formato vetorial, que posteriormente foram removidos do polígono de Minas Gerais pela ferramenta *Erase*. Ao final da exclusão ano a ano, as feições de áreas não queimadas (designadas pelo valor 0) e queimadas (atribuídas o valor 1) foram unidas pelo comando *Union*, com o intuito de oferecer a tabela de atributos valores 0 e 1.

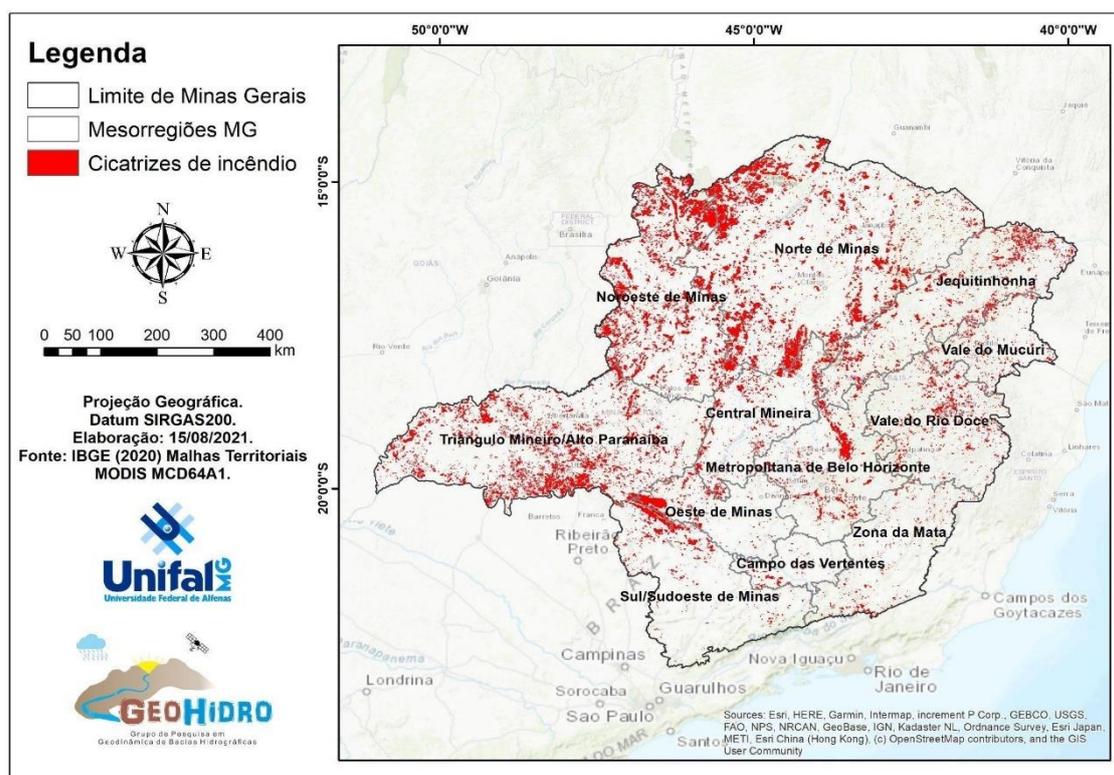
Ao fim desse processamento ano a ano, todas as feições foram transformadas em raster (*polygon to raster*) e somadas pelo *raster calculator*. O mapa de recorrência, nesse sentido, corresponderá ao número de vezes em que um mesmo pixel foi queimado, dentro da série estipulada (20 anos).

Resultados e discussão

Após o processamento de dados oriundos do sensor MODIS produto MCD64A1, entre 1 de janeiro de 2001 a 31 de dezembro de 2020, chegou-se aos resultados, que apontam que cerca de 12.683.036ha já foram consumidos pelo fogo no Estado de Minas Gerais (Figura 3), correspondendo a 21,6% da área total do território do Estado, estimada em 58.652.484,22ha.

A distribuição espacial dos incêndios florestais se dá sob determinadas características, além de fatores condicionantes ligados à regionalidade, que dependem não somente de aspectos ambientais mas também de ações antrópicas. Fatores ambientais como relevo e clima determinam as características dos combustíveis (vegetação apta ao fogo), responsáveis pela suscetibilidade aos incêndios (NUNES, 2014).

Figura 3: Integração de cicatrizes de incêndio entre 2001 e 2020



Fonte: Autores, 2022.

Tendo por base a divisão por mesorregiões (IBGE, 2020), observam-se as maiores extensões de cicatrizes de incêndios nas mesorregiões Norte de Minas (3.128.141,9ha), Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (2.833.066,0ha) e Noroeste de Minas (2.701.987,9ha), como sendo as mais expressivas e, por outro lado, a Zona da Mata apresentou o menor registro no período analisado (Tabela 1).

Observa-se na Tabela 1 que a mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba obteve no período de análise 31,3% de seu território afetado ao menos uma vez pelo fogo, sendo a segunda mesorregião mais afetada por incêndios florestais no Estado de Minas Gerais, só atrás da mesorregião Noroeste de Minas, que registrou o maior percentual queimado em relação à sua área territorial, com 43,3%. Destaca-se no Estado, como a maior extensão de áreas de cicatrizes de incêndios com 3.128.141,9ha, a mesorregião Norte de Minas, que teve 24,4% de seu território afetado pela ação do fogo, no período de 2001 a 2020.

Tabela 1: Área queimada nas mesorregiões mineiras no período entre 2001 e 2020

| Mesorregião | Área territorial (ha) | Área de cicatriz (ha) | Percentual queimado (%) |
|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba | 9.054.234,2 | 2.833.066,0 | 31,3 |
| Noroeste de Minas | 6.241.313,1 | 2.701.987,9 | 43,3 |
| Norte de Minas | 12.839.083,7 | 3.128.141,9 | 24,4 |
| Jequitinhonha | 5.014.788,4 | 766.254,1 | 15,3 |
| Vale do Mucuri | 2.009.326,9 | 212.243,0 | 10,6 |
| Vale do Rio Doce | 4.171.403,2 | 408.282,7 | 9,8 |
| Zona da Mata | 3.570.782,7 | 136.610,8 | 3,8 |
| Sul de Minas | 4.957.650,8 | 778.052,9 | 15,7 |
| Campo das Vertentes | 1.258.060,5 | 62.160,3 | 4,9 |
| Oeste de Minas | 2.403.850,6 | 553.764,4 | 23,0 |
| Metropolitana de BH | 3.957.340,8 | 538.636,1 | 13,6 |
| Central Mineira | 3.174.649,5 | 563.836,3 | 17,8 |
| Total | 58.652.484,2 | 12.683.036,4 | 21,6 |
| Média | 4.887.707,0 | 1.056.919,7 | - |

Fonte: IBGE, 2020; Autores, 2022.

As mesorregiões citadas no parágrafo anterior, respondem por 68,3% da área queimada no Estado de Minas Gerais no período analisado e, foram as únicas, que obtiveram registros superiores à média de longo termo (1.056.919,7ha). Historicamente, o Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba sempre esteve associado a problemas ambientais e sociais ligados ao agronegócio, onde destacam-se o cultivo e processamento de grãos (soja, milho e café) e cana-de-açúcar, além da pecuária voltada para corte e leite (SANTOS, 2017). Já o Norte de Minas, caracteriza-se pela expansão do agronegócio a partir de distintos conflitos fundiários, havendo constante pressão sobre as terras camponesas e, conseqüentemente, aumento dos latifúndios (FERREIRA et al., 2021).

Mataveli e Chaves (2014), em investigações sobre os focos de calor em Minas Gerais no período de 2009 a 2012, diagnosticaram que as mesorregiões Norte de Minas, Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e Central Mineira apresentavam registros mais frequentes de focos. Cardozo et al. (2018) especulam que os maiores índices de focos de calor nestas regiões poderiam estar associados ao elevado desmatamento, aos períodos de estiagem e a atividades econômicas diversas, principalmente as relacionadas à substituição de florestas nativas por áreas agrícolas.

Por outro lado, a menor extensão afetada por incêndios florestais foi registrada na mesorregião da Zona da Mata (136.610,8ha), com percentual de 3,8% de sua área territorial. Destaca-se neste ponto que essa mesorregião possui relevo que não propicia o estabelecimento de grandes propriedades rurais, além de possuir como atividade principal a pecuária extensiva de leite (SILVA et al., 2013) e de receber maior volume de chuvas devido à proximidade oceânica (MATAVELI; CHAVES, 2014).

Durante o período entre 2001 e 2020, em média, 634.151,8ha foram queimados anualmente no Estado de Minas Gerais (Tabela 2), sendo registrados nos anos de 2007, 2003 e 2010 os maiores quantitativos de área com ocorrência de cicatrizes de incêndios registrados.

Tabela 2: Detecção anual de área queimada no Estado de Minas Gerais (2001 a 2020)

| Ano | Área de cicatriz (ha) | Polígono de cicatriz (un) | Média de área por cicatriz (ha) |
|--------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------------|
| 2001 | 359.362,7 | 1.187 | 302,7 |
| 2002 | 629.009,9 | 2.536 | 248,0 |
| 2003 | 976.257,5 | 3.628 | 269,1 |
| 2004 | 621.230,5 | 2.125 | 292,3 |
| 2005 | 650.717,1 | 2.570 | 253,2 |
| 2006 | 321.784,5 | 1.478 | 217,7 |
| 2007 | 1.526.855,9 | 4.099 | 372,5 |
| 2008 | 585.027,3 | 2.325 | 251,6 |
| 2009 | 184.685,2 | 1.077 | 171,5 |
| 2010 | 963.482,6 | 2.953 | 326,3 |
| 2011 | 852.316,1 | 2.498 | 341,2 |
| 2012 | 759.604,1 | 2.055 | 369,6 |
| 2013 | 229.876,0 | 1.145 | 200,8 |
| 2014 | 870.000,2 | 2.370 | 367,1 |
| 2015 | 666.774,4 | 2.314 | 288,1 |
| 2016 | 445.681,1 | 1.814 | 245,7 |
| 2017 | 521.551,7 | 2.238 | 233,0 |
| 2018 | 255.241,3 | 1.306 | 195,4 |
| 2019 | 577.578,5 | 2.014 | 286,8 |
| 2020 | 685.999,6 | 1.760 | 389,8 |
| Total | 12.683.036,4 | 43.492 | - |
| Média | 634.151,8 | 2.174,6 | 281,1 |

Fonte: Autores, 2022.

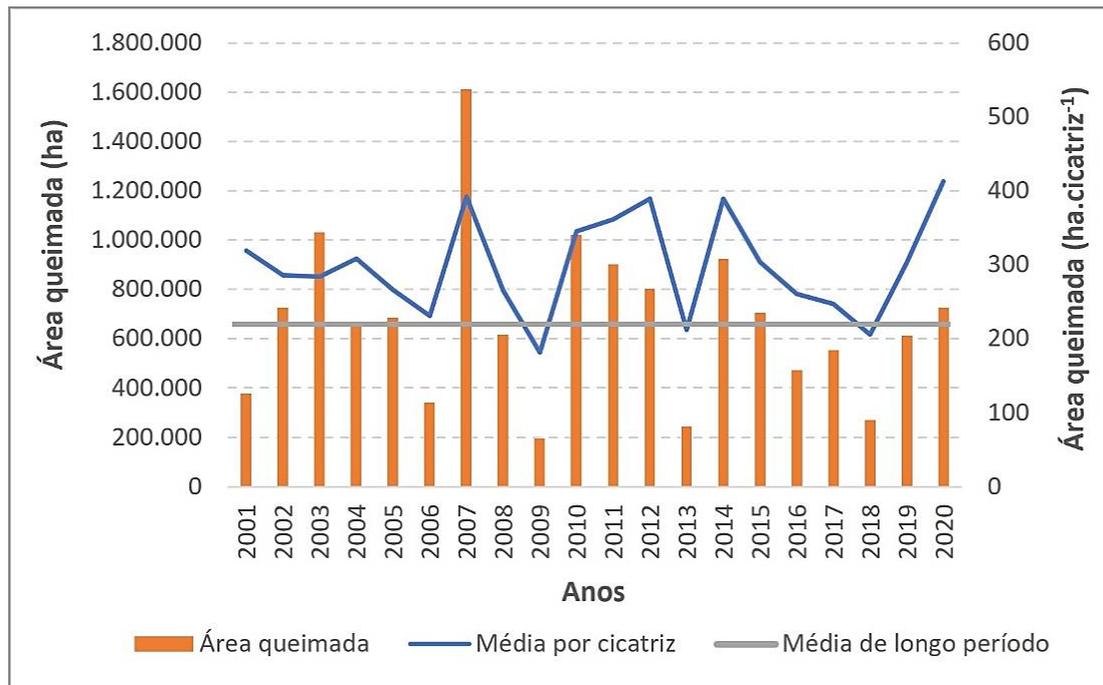
No que se refere à distribuição temporal dos incêndios, um total de 43.492 cicatrizes foram detectadas no Estado durante toda a série histórica, conforme apresentado na Tabela 2, com a estimativa da área média por cicatriz de incêndio de 281,1ha.

Evidencia-se o ano de 2007, que apresentou os maiores registros de área queimada (1.526.855,9ha) e de polígonos de cicatrizes (4.099), com 372,5ha em média de área queimada por cicatriz (Tabela 2). Por outro lado, o menor registro de área queimada (184.685,2ha) foi estimado em 2009, apresentando também a menor quantidade de polígonos de cicatrizes (1.077) e a menor média de área por polígono de cicatriz (171,5ha). Na Figura 4, os dados de estimativa anual de área queimada no Estado são dispostos graficamente, com o intuito de avaliar comportamentos e tendências no período de 2001 a 2020.

Observa-se a ocorrência de declínio entre os anos de 2014 e 2018, que é acompanhado pela redução da média de área queimada por cicatriz, contudo, nota-se uma inflexão a partir de 2019. Entretanto, a estimativa dos últimos anos da série temporal (2019 e 2020), comparados aos dados de 2014 a 2018, não indica ainda mudança de tendência, pois necessita-se de dados de anos posteriores para termos um indicativo estatístico confiável, porém esse comportamento pode ser uma ação combinada de múltiplos fatores, tais como efeitos meteorológicos e antrópicos, como volumes precipitados abaixo da média histórica (ANA, 2021), bem como as inadequadas ações de combate e prevenção de incêndios por parte de órgãos gestores, em especial com o início da pandemia do COVID-19 (BRONZ; ZHOURI; CASTRO, 2020).

Um fator preocupante detectado na série histórica apresentada pela Figura 4 é a média de área queimada por cicatriz em 2020, tendo sido estimada a média de $389,8\text{ha.cicatriz}^{-1}$, o que representa o maior registro ao longo dos 20 anos de monitoramento. Esse dado representa um incremento de 99,5% quando comparado a 2018 e 35,9% quando relacionado a 2019.

Figura 4: Estimativa de área queimada no Estado de Minas Gerais (2001 a 2020)



Fonte: Autores, 2022.

Estudos como Pereira et al. (2014), Santos et al. (2019) e Martins et al. (2020), realizados sob diferentes metodologias no processamento de imagens orbitais, já estimavam elevada proporção de área queimada no Estado de Minas Gerais, reforçando que a análise espaço-temporal dessas incidências é de suma importância para a gestão do território. Segundo os autores supramencionados, essas são medidas necessárias para que possíveis tomadas de decisão por parte dos órgãos responsáveis se concretizem na atuação da prevenção e combate ao fogo.

Ampliando-se a discussão dos resultados, os dados foram analisados sob os domínios dos biomas presentes no Estado (IBGE, 2019), no qual constata-se a presença de três principais: Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga. Os resultados da área queimada para cada bioma estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 3: Área queimada por bioma no Estado de Minas Gerais (2001 a 2020)

| Ano | Cerrado | Mata Atlântica | Caatinga | Ano | Cerrado | Mata Atlântica | Caatinga |
|------|--------------------|----------------|----------|------|--------------------|----------------|----------|
| | Área queimada (ha) | | | | Área queimada (ha) | | |
| 2001 | 326.651,8 | 23.095,0 | 8.273,2 | 2011 | 649.065,1 | 168.074,3 | 31.187,7 |
| 2002 | 556.654,9 | 88.265,0 | 39.515,4 | 2012 | 649.927,3 | 71.631,0 | 34.961,0 |
| 2003 | 589.040,6 | 354.259,1 | 27.390,6 | 2013 | 185.273,9 | 31.814,0 | 11.779,9 |
| 2004 | 544.459,9 | 64.993,7 | 9.322,8 | 2014 | 651.391,7 | 203.711,1 | 10.737,2 |
| 2005 | 487.789,7 | 130.645,0 | 29.190,5 | 2015 | 464.610,6 | 186.543,3 | 12.210,0 |
| 2006 | 259.338,6 | 57.557,2 | 3.467,1 | 2016 | 388.764,6 | 53.734,4 | 1.403,5 |
| 2007 | 1.155.691,7 | 337.085,5 | 26.867,3 | 2017 | 408.983,1 | 108.372,0 | 1.818,8 |
| 2008 | 449.972,3 | 93.255,3 | 39.110,0 | 2018 | 201.482,2 | 42.956,4 | 9.653,9 |
| 2009 | 141.925,2 | 37.975,0 | 3.926,0 | 2019 | 400.315,8 | 159.548,4 | 14.759,4 |
| 2010 | 826.575,7 | 112.929,6 | 20.059,0 | 2020 | 561.162,6 | 93.550,5 | 28.330,2 |

Fonte: Autores, 2022.

Com base nos dados da Tabela 3, verifica-se que o bioma com maiores áreas atingidas na série histórica analisada foi o Cerrado, com 9.899.077,3ha queimados, seguido da Mata Atlântica e da Caatinga, com 2.419.955,8 e 363.963,5 hectares, respectivamente. Em 2020, último ano da série histórica, o domínio do Cerrado foi o mais atingido por incêndios com 561.162,6ha. A média de longo período de áreas atingidas por incêndios florestais nos biomas Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga foi de 494.953,9, 120.999,8 e 18.197,7 hectares, respectivamente.

Já a Tabela 4 apresenta a porcentagem atingida pelo fogo nos biomas no período entre 2001 e 2020, onde indica que cerca de 31,2% do domínio do Cerrado em Minas Gerais sofreu em algum momento, nos 20 anos da série histórica de dados, com os efeitos das queimadas e os demais domínios cerca de 11% e 10%, relativos aos biomas Caatinga e Mata Atlântica, respectivamente.

Tabela 4: Porcentagem da área consumida pelo fogo em cada bioma (2001 a 2020)

| Biomias | Área territorial (ha) | Área de cicatriz (ha) | Percentual queimado (%) |
|----------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| Cerrado | 31.714.166,6 | 9.899.077,3 | 31,2 |
| Caatinga | 3.260.983,0 | 363.963,5 | 11,2 |
| Mata Atlântica | 23.677.334,7 | 2.419.995,8 | 10,2 |
| Total | 58.652.484,3 | 12.683.036,6 | 21,6 |

Fonte: Autores, 2022.

O Cerrado mineiro, como apontam Genaro et al. (2013), sofre com a expansão das áreas de pastagem e de produções agrícolas voltadas ao agronegócio, desde o fim da década de 1970, incentivado por benefícios fiscais do governo (Programa PRODECER). Este cenário infere, dentre outras problemáticas, na perda da biodiversidade em prol de monoculturas e no uso intensivo, em grande parte das vezes inadequado, dos recursos naturais dispostos no território.

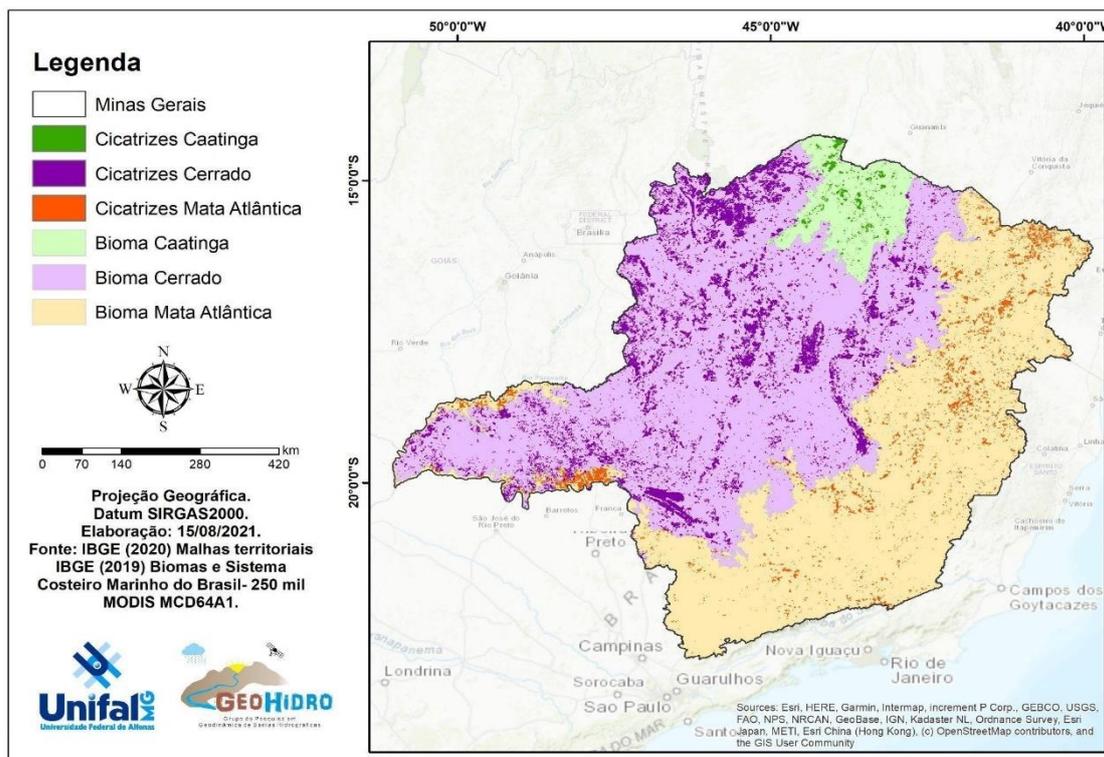
Chaves et al. (2019), em estudo referente aos impactos de queimada no Cerrado e Caatinga em Minas Gerais, já apontavam maiores incidências de focos de calor no bioma Cerrado no período entre 2005 e 2015, enquanto para o bioma Caatinga, essa distribuição já se apresentava com irregularidades, principalmente em áreas próximas a unidades de conservação, o que fomenta a investigação e monitoramento de queimadas nessas paisagens.

A espacialização dos dados de cicatrizes de queimadas com o recorte territorial dos biomas (Figura 5) demonstra como os mesmos foram atingidos, em especial o Cerrado, tendo este expressivas concentrações de cicatrizes nas porções noroeste, central e sul.

Coincidentemente, localizam-se próximos a algumas Unidades de Conservação (UCs), correspondendo, por exemplo, a regiões nos arredores dos municípios de São Roque de Minas, Desemboque, Delfinópolis e São João Batista da Glória (no Sul/Sudoeste de Minas); áreas próximas a Joaquim Felício, Augusto de Lima e Lassance (limite entre Norte e Central Mineira); localidades próximas a Formoso, Chapada Gaúcha e Januária (Norte de Minas) e em proximidades da Serra do Espinhaço, em especial nos municípios de Jabuticatuba e Santana do Riacho.

O Estado de Minas Gerais possui 293 Unidades de Conservação, destas 23,77% sendo Unidades de Proteção Integral, com área de 1.418.509ha, e 75,67% sendo Unidades de Uso Sustentável, com área aproximada de 4.411.413ha (IEF, 2021; IDE-SISEMA, 2017). Incluídas na série histórica do presente estudo, as áreas de cicatrizes anuais foram dispostas na Figura 06 para melhor visualização.

Figura 5: Cicatrizes de incêndio nos biomas mineiros entre 2001 e 2020

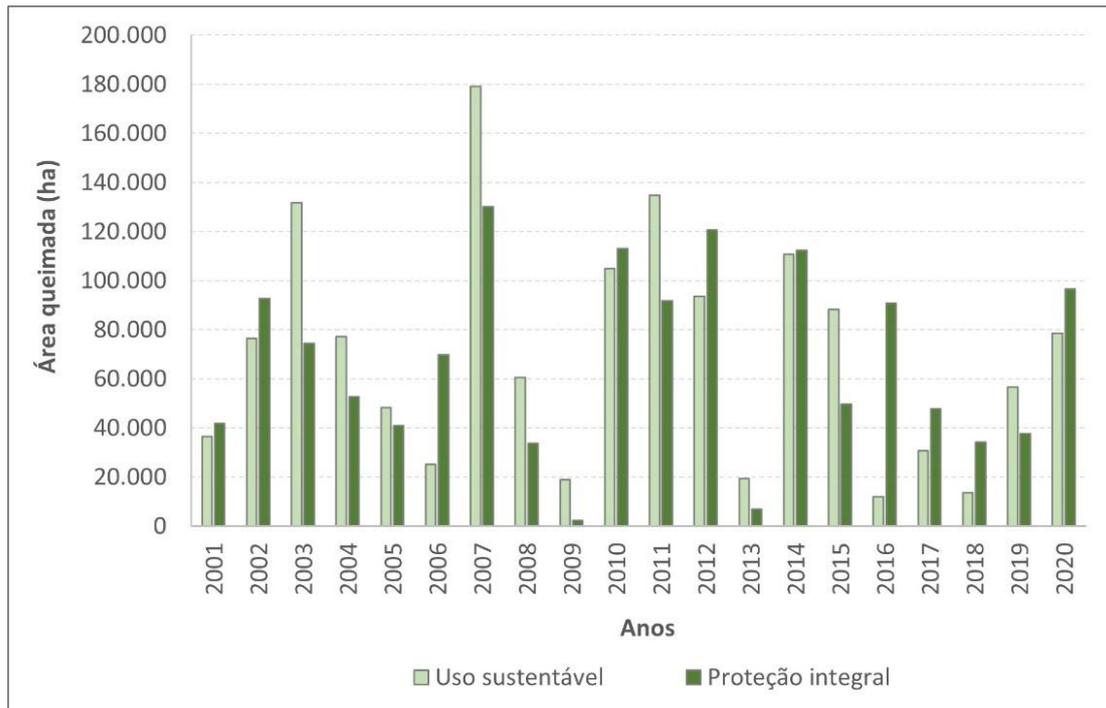


Fonte: Autores, 2022.

A partir dos dados do gráfico da Figura 6 e, dos mapas de cicatrizes já apresentados, os anos de maior incidência de incêndios correspondem aos maiores números de cicatrizes nas Unidades de Uso Sustentável no Estado, o que poderia justificar a expressiva porcentagem entre as queimadas das duas categorias.

Em quesitos de UCs mais atingidas, pelas especializações apresentadas nos mapas de cicatrizes, pode-se levantar dentre as Unidades de Uso Sustentável o complexo de Unidade de Conservação na Serra do Cabral, a APA Federal Morro da Pedreira, a APA Estadual do rio Pandeiros, APA Estadual Cocha e Gibão e a APA Federal Cavernas do Peruaçu como as mais atingidas. Dentro da categoria Proteção Integral, o Parque Nacional da Serra da Canastra, Parque Nacional da Serra do Cipó e Parque Nacional das Sempre Vivas foram as áreas protegidas mais atingidas por incêndios na série histórica de dados.

Figura 6: Cicatrizes de incêndio nas Unidades de Conservação mineiras entre 2001 e 2020

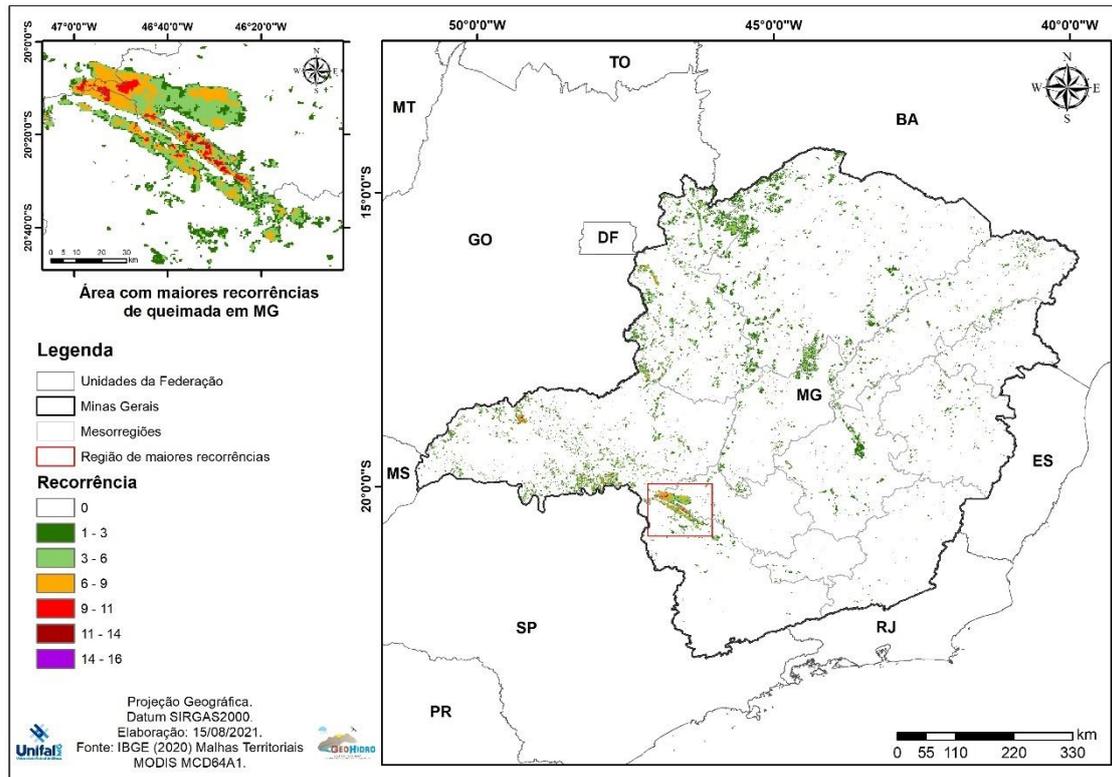


Fonte: Autores, 2022.

Oliveira-Soares, Resende e Pereira (2016), em análise sobre os focos de incêndio em unidades de conservação mineiras no período entre 2007 e 2012, confirmam os dados relativos para o maior número de incidências no ano de 2007, tal como o presente estudo levantou essa proporção para todo o território. Torres et al. (2017) reforçam a necessidade de investigação contínua dessas áreas protegidas para o estabelecimento de padrões, uma vez que Minas Gerais lidera o ranking de incêndios próximos ou nos limites dessas regiões.

Por fim, no intuito de compilar os dados espaço-temporais analisados por este estudo, foi elaborada a análise de recorrência dos incêndios do Estado de Minas Gerais (Figura 7). A interpretação segue a lógica do número de vezes em que um mesmo pixel foi queimado no período de 2001 a 2020, variando de nenhum registro (0) a 16 registros.

Figura 7: Recorrência de cicatrizes de queimadas no Estado de Minas Gerais (2001 a 2020)



Fonte: Autores, 2022.

Observa-se que a recorrência de cicatrizes no Estado apresenta poucas feições com mais de 8 incidências de incêndio, estando as áreas com maiores recorrências nas porções próximas ao Norte do Estado, nas proximidades da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Estadual Veredas do Acari, no Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, nos arredores do Refúgio de Vida Silvestre Estadual dos rios Tijuco e da Prata e, na mesorregião Sul/Sudoeste, próximas ao Parque Nacional da Serra da Canastra, configurando-se esta última, como o recorte espacial de maior pressão pela dinâmica do fogo no Estado de Minas Gerais.

Em análises espaço-temporais realizadas por Messias et al. (2019), evidenciou-se que a recorrência de incêndios florestais na Serra da Canastra é comum em toda área do parque durante a série histórica de 1984 a 2017. Além disso, constatou-se que o fenômeno, mesmo recorrente, varia de local, intensidade e extensão da área envolvida. Os autores afirmam ainda que a regularização fundiária do parque é de suma

importância para que haja redução das queimadas, visto que expressiva parte dos incêndios são de origens conflitantes.

Pesquisas como as de Gonçalves et al. (2011), na Chapada Diamantina, Belchior et al. (2019), no Parque Nacional do Itatiaia e Leite et al. (2010), na Serra da Cabreira em Portugal, todos envolvendo mapeamento de recorrência de incêndios, apontam, principalmente em áreas protegidas, que o mapeamento envolto na temática permite de maneira eficaz acompanhar a dinâmica espaço-temporal da ação do fogo sobre a vegetação, de forma a possibilitar investigações referentes ao regime de queima e, desta maneira, fomentar planos de manejo efetivos às características da área de estudo.

Fearnside, Barbosa e Pereira (2013), Pereira et al. (2009), Pereira et al. (2007) e Cardozo et al. (2012) levantam dados sobre a estimativa de emissões de gases de efeitos estufa provindos de queimadas no território brasileiro. Os resultados apontam, além de possibilidades de aplicação dos dados de cicatrizes, assim como dos impactos dessas emissões para o ambiente analisado, consequências que circundam não somente a perda da qualidade ambiental, mas também se tornam um potencial risco à saúde pública, vista a deterioração da qualidade do ar.

Considerações finais

Os resultados obtidos possibilitaram melhor compreensão, tanto espacial quanto temporal, do fenômeno do fogo em Minas Gerais. O Estado sofre constantemente com incêndios florestais, uma vez que 21,6% de todo seu território queimou pelo menos uma vez ao longo da série histórica de 20 anos analisada. A divisão por mesorregiões e biomas evidenciou que o fenômeno acontece sob diferentes formas, e que ações voltadas à contenção ou prevenção dos incêndios devem ser feitas de maneira eficaz para cada uma das localidades abordadas.

Na análise por mesorregiões, destaque para o Norte, Triângulo Mineiro e Noroeste de Minas, que apresentaram 3.128.141,9ha, 2.833.066,0ha e 2.701.987,9ha respectivamente. Quanto aos biomas, o Cerrado lidera na quantidade de área queimada, com 9.899.077ha queimados entre 2001 e 2020. Nas Unidades de Conservação Minas

Gerais, o ano de 2007 se destacou com a maior quantidade de área queimada, tanto nas Unidades de Conservação de Proteção Integral, quanto nas de Uso Sustentável.

Tais resultados demonstram a eficácia da metodologia proposta, viabilizada pela plataforma gratuita de processamento de imagens de sensoriamento remoto em nuvem Google Earth Engine, através do produto MCD64A1.006, do sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS).

Dessa forma, de acordo com os resultados obtidos no presente estudo, bem como pelos demais autores supracitados, levanta-se a necessidade de elaboração de bancos de dados consistentes para análises multiescalares do território mineiro, a fim de subsidiar estudos correlacionados em diversas áreas de pesquisas e ações governamentais (emissões de gases de efeito estufa, regeneração dentre outros).

Para além das pesquisas acadêmicas, pressupõe-se investimentos não só no monitoramento orbital via sensoriamento remoto, mas na definição de estratégias e políticas sólidas e eficazes, com o foco em ações efetivas no combate e prevenção de incêndios pelo Governo do Estado de Minas Gerais, além de subsidiar mecanismos de monitoramento extensivo de emissões de gases de efeito estufa, fomentando o ingresso do Estado em acordos climáticos internacionais.

Referências

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Monitor de Secas do Brasil**. 2021. Disponível em: <<http://monitordesecas.ana.gov.br/dados-tabulares?tipo=1&area=31>>. Acesso em: out/2021.

BARBOSA, L. O. S.; AGUILAR, C.; MACIEL, L. A participação de Minas Gerais e do Brasil na cadeia produtiva global do café. **Economia & Região**, Londrina (PR), v. 9, n. 1, p. 147-166, jan./jun. 2021.

BATISTA, Antonio Cartos. Detecção de incêndios florestais por satélites. **Floresta**, [S./l.], v. 34, n. 2, 2004.

BEIGHLEY, M.; HYDE, A. C. **Portugal Wildfire Management in a New Era Assessing Fire Risks, Resources and Reforms**. Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa, 2018. Disponível em: <<https://www.isa.ulisboa.pt/files/cef/pub/articles/2018->

[04/2018 Portugal Wildfire Management in a New Era English.pdf](#)>. Acesso em: out/2021.

BELCHIOR, I. B.; CARVALHO, L. M. T.; GOMES, S. R.; FERREIRA, F. C.; PEREIRA, R. S. S.; TOMZHINKI, G. W.; MOTTA, M. S. **Ocorrência e recorrência de incêndios florestais no Parque Nacional do Itatiaia entre 2008 e 2016.**

Conferência Internacional sobre Incêndios Florestais, p. 190, 2019.

BRONZ, D.; ZHOURI, A.; CASTRO, E. Passando a boiada: violação de direitos, desregulação e desmanche ambiental no Brasil. **Revista Antropolítica**, Niterói, n. 49, p. 8-41, 2. quadr. 2020.

CARDOZO, F. S.; COSTA COURA, S. M.; PEREIRA, G.; SHIMABUKURO, Y. E.; MORAES, E. C. Estimativa do impacto das queimadas e emissão dos gases do efeito estufa no bioma Pantanal em 2010. **Anais: 4º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, Bonito, MS, 20-24 de outubro 2012 Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.657 - 666.

CHAVES, M. E. D.; MARTINS, F. C. M.; CONCEIÇÃO, K. V.; MATAVELI, G. A. V. Análise espaço-temporal da incidência de focos de calor nos biomas cerrado e caatinga em Minas Gerais. **Anais: XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2019.

CONCEIÇÃO, D. S.; VANCCIN, P. D. A.; BATISTA, A. K. R.; VIANA, V. S. S.; ALCÂNTARA, A. S. S.; ELERES, V. M.; SÁ RIBEIRO, R.; ROCHA, A. M. O Impacto das Queimadas na Saúde Pública. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 8, p. 59498-59502, 2020.

CUSTODIO, M. M. **Incêndios florestais no Brasil.** Conferência apresentada junto ao Grupo de Estudos de Incêndios Florestais da Universidade de Valladolid, Espanha, 13 p., out/2006. Acesso em: <http://queimadas.cptec.inpe.br/~rqueimadas/material3os/2006_Custodio_IncendiosFlorestaisBrasil_CUVespanha_DE3os.pdf>. Acesso em: out/2021.

EMBRAPA. 2017. **Mapa de solos do Estado de Minas Gerais.** Escala 1:1.000.000.

FEARNSIDE, P. M.; BARBOSA, R. I.; PEREIRA, V. B. Emissões de gases do efeito estufa por desmatamento e incêndios florestais em Roraima: fontes e sumidouros. **Revista Agro@mbiente On-line**, [S.l.], v. 7, n. 1, p. 95-111, janeiro-abril, 2013.

FERREIRA, G. H. C.; OLIVEIRA, B. F.; LAURENTINO, C. M. de M. A territorialização camponesa e do agronegócio no Norte de Minas Gerais. **Confins- Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasilera de geografia**, [S.l.], n. 49, 2021.

FRIZZO, T. L. M.; BONIZÁRIO, C.; BORGES, M. P.; VASCONCELOS, H. L. Revisão dos efeitos do fogo sobre a fauna de formações savânicas do Brasil. **Oecologia Australis**, [S.l.], v. 15, n. 2, p. 365-379, Junho 2011.

- GENARO, F.; CHELOTTI, M. C. Transformações no agro do Cerrado Mineiro: análises a partir dos censos agropecuários de 1995/96 e 2006 da mesorregião do Triângulo Mineiro/ Alto Paranaíba. **Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia**, [S./l.], v. 5, n. 14, p. 63-77, out. 2013.
- GONÇALVES, C. N.; MESQUITA, F. W.; LIMA, N. R. G.; COSLOPE, L. A.; LINTOMEM, B. S. Recorrência dos incêndios e fitossociologia da vegetação em áreas com diferentes regimes de queima no Parque Nacional da Chapada Diamantina. **Revista Científica BioBrasil, Manejo do Fogo em Áreas Protegidas**, [S./l.], n. 2, 2011.
- GONTIJO, G. A. B.; PEREIRA, A. A.; OLIVEIRA, E. D. S.; ACERBI JÚNIOR, F. W. Detecção de queimadas e validação de focos de calor utilizando produtos de sensoriamento remoto. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, INPE, pp. 7966-7973, 30/abril-05/maio/2011. http://queimadas.cptec.inpe.br/~rqueimadas/material3os/2011_Gontijo_et_al_Deteccao_XVSBSR_DE3os.pdf
- GORELICK, N.; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYSHCHENKO, S.; THAU, D.; MOORE, R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, [S./l.], v. 202, p. 18-27, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>.
- GWRP. GOVERNOR'S WILDFIRE-RELATED PROPOSALS. **Legislative Analyst's Office: The California Legislature's Nonpartisan Fiscal and Policy Advisor**, 21 fev. 2020. Disponível em: <<https://lao.ca.gov/Publications/Report/4172>>. Acesso em: 14 dez. 2021.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Área territorial - Brasil, **Grandes Regiões, Unidades da Federação e Municípios**. Disponível em:< <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?=&t=acesso-ao-produto>> Acesso: jan/2020.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Biomass e Sistema Costeiro-Marinho do Brasil - 1:250.000**. Metadados. 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoesambientais/15842biomas.html?edicao=25799&t=acesso-ao-produto>> acesso: dez/2020.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produto Interno Bruto-PIB**. 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php>>. Acesso em: out/2021.
- IDE-SISEMA - **Infraestrutura de dados do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Metadados Unidades de Conservação**. 2017. Disponível em: <<http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>>. Acesso em: fev/2021.
- IEF - Instituto Estadual de Florestas. **Cobertura Vegetal de Minas Gerais**. 2020. Disponível em: <<http://www.ief.mg.gov.br/florestas>>. Acesso: out/2021.

IEF - Instituto Estadual de Florestas. **Unidades de Conservação**. 2021. Disponível em: <<http://www.ief.mg.gov.br/unidades-de-conservacao>>. Acesso em: fev/2021.

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Relatório anual de gestão e situação dos recursos hídricos de Minas Gerais - 2014/2017**. Belo Horizonte: IGAM, 2018.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Monitoramento dos Focos Ativos por Estado**. 2021. Disponível em: <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal-static/estatisticas_estados/>. Acesso em: out/2021.

JESUS, J. B.; ROSA, C. N.; BARRETO, I. D. C.; FERNANDES, M. M. Análise da incidência temporal, espacial e de tendência de fogo nos biomas e unidades de conservação do Brasil. **Ciência Florestal**, [S.l.], v. 30, n. 01, jan-mar 2020.

KEY, C. H.; BENSON, N. C. Landscape Assessment (LA). In: LUTES, D. C.; KEANE, R. E.; CARATTI, J. F.; KEY, C. H.; BENSON, N. C.; SUTHERLAND, S.; GANGI, L. J. FIREMON: **Fire Effects Monitoring and Inventory System**. USDA Forest Service, Rocky Mountains Research Station General Technical Report RMRS-GTR-164-CD. p. LA-1-55, 2006.

LEITE, F. F.; BENTO-GONÇALVES, A.; VIEIRA, A.; MARTINS, C. O. A recorrência dos incêndios na Serra da Cabreira (Vieira do Minho, noroeste de Portugal) como medida da manifestação do risco de incêndio florestal. **Revista Territorium**, [S.l.], n. 17, p. 93-98, 2010.

LEITE, F. F.; BENTO-GONÇALVES, A. J.; LOURENÇO, L. Grandes incêndios florestais em Portugal Continental: da história recente à atualidade. **Cadernos de Geografia**, Coimbra, n. 30-31, p. 81-86, 2011/12. 2012.

LIANG Jingjing, Calkin Dave E., Gebert Krista M., Venn Tyron J., Silverstein Robin P. Factors influencing large wildland fire suppression expenditures. **International Journal of Wildland Fire**, [S.l.], v. 17, p. 650-659, 2008.

LIMA, G. S. et al. Avaliação da eficiência de combate aos incêndios florestais em unidades de conservação brasileiras. **FLORESTA**, [S.l.], v. 48, n. 1, p. 113-122, 2018.

LOTUFO, J. B. S.; MACHADO, N. G.; TAQUES, L. de M.; MUTZENBERG, D. M. de S.; LOTUFO NETO, N.; BIUDES, M. S. Índices Espectrais e Temperatura de Superfície em Áreas Queimadas no Parque Estadual do Araguaia em Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.l.], v. 13, n. 02, p. 648-663, 2020.

MACHADO, M. F.; SILVA, S. F. da (org). **Geodiversidade do estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, CPRM, 2010.

MARTINS, F.; GONZAGA, G.; SANTOS, D.; REBOITA, M. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite para Minas Gerais: Cenário atual e projeções futuras. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], Edição Especial Dossiê Climatologia de Minas Gerais, 2018.

MARTINS, G.; ROSA, A. S.; SETZER, A.; ROSA, W.; MORELLI, F.; BASSANELLI, A. Dinâmica Espaço-Temporal das Queimadas no Brasil no Período de 2003 a 2018. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S./l.], v. 13, n. 04, p. 1558-1569, 2020.

MATAVELI, G. A. V.; CHAVES, M. E. D. Análise da distribuição espacial dos focos de queimada no Estado de Minas Gerais entre 2009 e 2012. **Anais do I Simpósio Mineiro de Geografia – Alfenas 26 a 30 de maio de 2014**.

MEDEIROS, M. B. Manejo de Fogo em Unidades de Conservação do Cerrado. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, [S./l.], v. 10, p. 75-88, 2002.

MESSIAS, C. G.; FERREIRA, M. C. Análise da distribuição espacial das queimadas no Parque Nacional da Serra da Canastra (MG), entre 1984 e 2017. Uberlândia-MG: **Caminhos de Geografia**, [S./l.], v. 20, n. 71, p. 52-71, 2019.

MOREIRA, F.; CATRY, F. X.; SILVA, J. S.; REGO, F. **Ecologia do fogo e gestão de áreas ardidas**. ISAPress, 2010.

NUNES, Adélia et al. Principais causas dos incêndios florestais em Portugal: variação espacial no período 2001/12. **Territorium**, [S./l.], n. 21, p. 135-146, 2014.

OLIVEIRA-SOARES, T. B., RESENDE, F. C.; PEREIRA, G.. Distribuição espacial dos focos de calor em Unidades de Conservação de Minas Gerais no período de 2007 a 2012. **UD y la Geomática**, [S./l.], v. 11, p. 39-45, 2016.

PEREIRA, A. A.; PEREIRA, L. C.; VALADARES, R. Monitoramento dos incêndios florestais no estado de Minas Gerais. In: **Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 13, 2007, Florianópolis. Florianópolis: INPE, p. 4535-4540, 2007.

PEREIRA, A. A.; PEREIRA, J. A. A.; MORELLI, F.; BARROS, D. A.; ACERBI JR, F. W.; SCOLFORO, J. R. S. Validação de focos de calor utilizados no monitoramento orbital de queimadas por meio de imagens TM. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 2, p. 335-343, abril-junho/2012.

http://queimadas.cptec.inpe.br/~rqueimadas/documentos/2012_Pereira_etal_FocosQueimadasMG_Cerne.pdf.

PEREIRA, A. A.; BARROS, D. A.; PEREIRA, J. A. A.; ACERBI JÚNIOR, F. W.; MORELLI, F.; SCOLFORO, J. R. S. Frequência espaço-temporal dos focos ativos em Minas Gerais durante o período de 1999 a 2009. **CERNE**, [S./l.], v. 20, n. 3, p. 459-469, 2014.

PEREIRA, G.; MORAES, E. C.; SHIMABUKURO, Y. E.; FREITAS, S. R.; CARDOZO, F. S. Estimativa da emissão de gases do efeito estufa para o bioma Pantanal. **Anais 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Corumbá, 7-11 novembro 2009**, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 577-584.

REBOITA, M. S. et al. Aspectos Climáticos do Estado de Minas Gerais (Climate Aspects in Minas Gerais State). **Revista Brasileira de Climatologia**, [S./l.], v. 17, dec.

2015. ISSN 2237-8642. Disponível em:

<<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/41493>>. Acesso em: jan/2021.

ROBINNE, François-Nicolas et al. A global index for mapping the exposure of water resources to wildfire. **Forests**, [S./l.], v. 7, n. 1, p. 22, 2016.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, [S. l.], v. 8, p. 63-74, 2011. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47327>. Acesso em: 10 dez. 2020.

SANTOS, B. A.; OLIVEIRA, M. D. S.; SILVA, P. N.; SANTOS, J. G. M.; MATTOS, E. V.; REBOITA, M. S. **Distribuição Espaço-Temporal dos Focos de Calor no Estado de Minas Gerais**. Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ, [S./l.], v. 42, n. 3, p. 64-84, 2019.

SANTOS, H. F. Expansão do agronegócio canavieiro e implicações socioambientais no município de Uberaba (MG). **PEGADA - A Revista da Geografia do Trabalho**, [S./l.], v. 18, n. 2, p. 112-146, 2017.

SILVA, M. F.; SILVA, A. C. Produção de leite: análise dos dados no Brasil, estado de Minas Gerais, zona da mata e microrregião de Viçosa. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, [S./l.], v. 3, n. 2, 2013.

SOARES, R. V. Perfil dos incêndios florestais no Brasil de 1979 a 1987. **Brasil Florestal**, Brasília, v. 18, n. 02, p. 94-121, 1989.

TEIXEIRA, A. LESJAK SANTOS. **Correlação entre índices espectrais de verdor, umidade e senescência e ocorrências de queimada no Parque Nacional de Brasília**. 2020. 94 f. Dissertação (Mestrado em Geociências Aplicadas) - Universidade Federal de Brasília. Brasília, 2020.

TORRES, F. T. P. et al. Perfil dos incêndios florestais em unidades de conservação brasileiras no período de 2008 a 2012. **Floresta**, [S./l.], v. 46, n. 4, p. 531-542, 2017.

TROMBETA, L. R.; GARCIA, R. M.; NUNES, R. S.; GOUVEIA, I. C. M. C.; LEAL, A. C. Análise da fragilidade potencial e emergente do relevo da unidade de gerenciamento de recursos hídricos pontal do Paranapanema, São Paulo, Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, [S./l.], v. 1, n. 36, Volume Especial, p. 159-173, 2014.

Autores

Marcelo de Oliveira Latuf – É Graduado em Geografia pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) e Doutor em Geografia pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), campus de Presidente Prudente. Atualmente é Professor da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG).

Endereço: Av. Jovino Fernandes Sales, 2600 - Bairro Santa Clara - Alfenas/MG - CEP: 37133-840

Guilherme da Silva Rios – É Graduando em Geografia pela Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG).

Endereço: Av. Jovino Fernandes Sales, 2600 - Bairro Santa Clara - Alfenas/MG - CEP: 37133-840

Raiane Cristina Pereira – É Graduanda em Geografia pela Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG).

Endereço: Av. Jovino Fernandes Sales, 2600 - Bairro Santa Clara - Alfenas/MG - CEP: 37133-840

Artigo recebido em: 11 de outubro de 2021.

Artigo aceito em: 03 de janeiro 2022.

Artigo publicado em: 01 de fevereiro de 2022.