

Análise da dinâmica das queimadas no Parque Nacional da Serra da Canastra entre 2016-2021 através de técnicas de Sensoriamento Remoto em Imagens Orbitais

Analysis of the dynamics of fires in the Serra da Canastra National Park (State of Minas Gerais, Brazil) between 2016-2021 using Remote Sensing techniques in Orbital Images

Analyse de la dynamique des incendies dans le Parc National de la Serra da Canastra (État du Minas Gerais, Brésil) entre 2016-2021 à l'aide de techniques de télédétection en images orbitales

Lucas Fiorin de Souza – lucas.2138672@discente.uemg.br

Discente do curso de Ciências Biológicas Bacharelado da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) - Unidade Acadêmica de Passos, Bolsista de Iniciação Científica do Edital 11/2022 PAPq/UEMG

Claudia Vanessa dos Santos Corrêa – claudia.correa@uemg.br

Doutora em Geociências e Meio Ambiente, Pós-doutorado em Geociências, Professora de Educação Superior da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) - Unidade Acadêmica de Passos - Área de Geoprocessamento, Departamento de Ciências Agrárias e da Terra (DCAT)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2524-8443>

Resumo

O Parque Nacional da Serra da Canastra (PNSC) situa-se no sudoeste de Minas Gerais e é coberto em sua totalidade pelo Bioma Cerrado. Sua preservação é fundamental para manter a biodiversidade de um bioma que passa por intensos processos de desmatamento. Este trabalho tem como objetivo identificar eventos de queimadas utilizando técnicas de Sensoriamento Remoto baseadas em Índices Espectrais de Vegetação, complementados por preceitos de Fotointerpretação, aplicados a imagens orbitais da plataforma *Landsat 8* com foco nos anos de 2016 a 2022. O ano de 2020 possui os maiores registros de fontes de calor. Os índices espectrais utilizados mostraram-se eficazes para a identificação de incêndios no PNSC, sendo que o NBR possui uma menor variação em relação ao NDVI. O *timelapse* elaborado corrobora a eficácia dos índices ao mostrar os efeitos do fogo na área analisada.

Palavras-chave: Índice espectral, Parque Nacional da Serra da Canastra, Eventos de queimadas, BDQueimadas, Bioma Cerrado.

Abstract

The Serra da Canastra National Park (PNSC) is in the southwest of Minas Gerais and is covered in its entirety by the Cerrado Biome. Its preservation is essential to maintain the biodiversity of a biome that is undergoing intense deforestation processes. This work aims to identify fire events using Remote Sensing techniques based on Spectral Vegetation Indices, complemented by Photointerpretation precepts, applied to orbital images of the *Landsat 8* platform focusing on the years 2016 to 2022. The period from 2016 to 2022 shows 2020 as the year with the highest heat source records. The spectral indices used proved to be effective for identifying fires in the PNSC, with the NBR having the smallest variation in its values compared to the NDVI. The *timelapse* elaborated corroborates the effectiveness of the indices by showing the effects of fire in the analyzed area.

Keywords: Spectral index, Serra da Canastra National Park (PNSC), Fire events, BDQueimadas, Cerrado Biome.

Résumé

Le parc national de la Serra da Canastra (PNSC) se trouve au sud-ouest du Minas Gerais et est entièrement couvert par le biome du Cerrado. Sa préservation est essentielle pour maintenir la biodiversité d'un biome soumis à d'intenses processus de déforestation. Ce travail vise à identifier les incendies à l'aide de techniques de télédétection basées sur des indices spectraux de végétation, complétés par des préceptes de photointerprétation, appliqués aux images orbitales de la plateforme *Landsat 8* en se concentrant sur les années 2016 à 2022. La période de 2016 à 2022 montre 2020 comme année. avec les records de source de chaleur les plus élevés. Les indices spectraux utilisés se sont révélés efficaces pour identifier les incendies dans le PNSC, le NBR présentant la plus faible variation de ses valeurs par rapport au NDVI. Le *timelapse* élaboré corrobore l'efficacité des indices en montrant les effets du feu dans la zone analysée.

Palabras clave: Indice spectral, Parc national de la Serra da Canastra (PNSC), Incendies, BDQueimadas, Biome du Cerrado.

Recebido em: 29/10/2023

Aceito: 16/11/2023

Publicado: 22/11/2023

Introdução

O Parque Nacional Serra da Canastra (PNSC) abrange uma área de 200 mil hectares e insere-se no domínio fitofisionômico do Cerrado. Esta Unidade de Conservação (UC) tem como máxima prioridade a preservação por ser enquadrada como Proteção Integral, e seus limites abrigam inúmeras espécies em extinção, como o pato mergulhão (*Mergus octosetaceus*) (BRUNO et al., 2018).

Incêndios florestais atingem frequentemente e com grande intensidade essa UC, oriundos, principalmente, de atividades antrópicas de caráter agropecuário. Um grande desafio para conservação desta unidade é a dificuldade de mensurar os danos causados pelo fogo, já que as áreas atingidas são muito extensas e de difícil acesso (MEDEIROS; FIEDLER, 2004; PEREIRA et al., 2017).

No Brasil, alguns biomas são dependentes do regime de fogo, como o Cerrado, enquanto outros são sensíveis, como a Amazônia e a Mata Atlântica (HARDESTY et al., 2005). Especificamente no bioma Cerrado, o fogo é considerado uma força dominante na evolução da biota (SIMON et al., 2009; KLINK et al., 2020). Nestes ambientes do tipo savana, existem espécies altamente adaptadas ao regime de fogo. Bruno et al. (2018) salientam que o fogo de origem natural no Cerrado, gerado principalmente pela queda de raios, evento comum na estação chuvosa, tende a ser brando e consome somente a biomassa seca (palhada) e se extingue rapidamente com a chuva. Entretanto, apesar de configurar-se como um elemento natural importante na manutenção da fauna e flora, fatores como a época, frequência e intensidade com que ocorre, a dimensão da área e o tipo de vegetação que atinge, representam um limiar entre os benefícios e os impactos negativos que o fogo gera (BRUNO et al., op.cit.).

Segundo o Ibama (2007), a alta frequência de queimadas está além do que a vegetação nativa consegue suportar, ocasionando sérios problemas na conservação ambiental. Medeiros (2002) analisou amostras de carvão datadas entre 27.100 e 41.700 anos atrás e verificou que no Cerrado brasileiro os incêndios ocorriam com menor frequência do que observado nos últimos anos. Assim, o regime de fogo no cenário atual causa severos danos à fitossociologia e à evolução natural da floresta, levando à extinção de espécies e favorecimento de outras mais adaptadas ao fogo (MEDEIROS, op.cit.; BOWMAN et al., 2009; BERLINCK et al., 2021).

A maioria dos incêndios florestais que atingem as UCs tem origem em atividades antrópicas. O fogo é utilizado para diferentes fins, seja na agropecuária (renovação de pastagem e limpeza de área para cultivo), no extrativismo (produtos vegetais, caça, mineração), no desflorestamento, em festividades (fogos de artifício e balões), em rituais religiosos ou até mesmo na queima de lixo (MEDEIROS; FIEDLER, 2004; SOARES; BATISTA, 2007; IBAMA, 2009; SOARES, 2009).

A Unidade de Conservação de proteção integral Parque Nacional da Serra da Canastra (PNSC) abriga um importante remanescente florestal do bioma Cerrado, situando-se ao sul do Estado de Minas Gerais (Figura 1). Apesar de estar enquadrada como uma UC de proteção integral, e, portanto, sendo destinada estritamente à preservação da natureza, admitindo-se apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, observa-se nos últimos anos uma incidência desproporcional dos incêndios em seu interior, ocasionados, sobretudo, pela forte pressão antrópica ao seu redor (BRASIL, 2000; COSTA; RODRIGUES, 2021; FERREIRA; MESSIAS, 2022).

O uso de geotecnologias é fundamental para a gestão de territórios, em especial os de grande extensão, como é o caso das Unidades de Conservação. Com estas técnicas é possível obter rapidamente informações atualizadas, facilitando o planejamento e gestão do território, possibilitando o levantamento de novas hipóteses de futuros impactos ambientais e a elaboração de mecanismos para auxiliar na desaceleração do desmatamento e proposição de medidas mitigadoras (SILVA et al., 2020). Em relação ao fogo, os atuais recursos computacionais voltados ao Geoprocessamento, como o Sistema de Informação Geográfica (SIG) e o Sensoriamento Remoto permitem análises espaciais e temporais, que facilitam os estudos de prevenção e combate a incêndios (PEZZOPANE et al., 2012).

Portanto, para analisar a dinâmica de intensas queimadas, o emprego de técnicas de Sensoriamento Remoto através do emprego de índices espectrais aplicados em imagens orbitais configura-se como um aliado para a delimitação de extensas áreas atingidas pelo fogo (SILVA et al., 2020).

Considerando essas premissas, este trabalho visa apresentar os resultados da identificação e extração de cicatrizes de incêndios nos limites do PNSC e sua

respectiva Zona de Amortecimento durante o período de 6 anos (2016-2021) a partir do emprego de técnicas de Sensoriamento Remoto baseadas em Índices Espectrais de Vegetação, de modo a identificar a dinâmica de queimadas na respectiva UC, além de comparar os resultados obtidos com a plataforma de monitoramento BDQueimadas (SETZER et al., 2019).

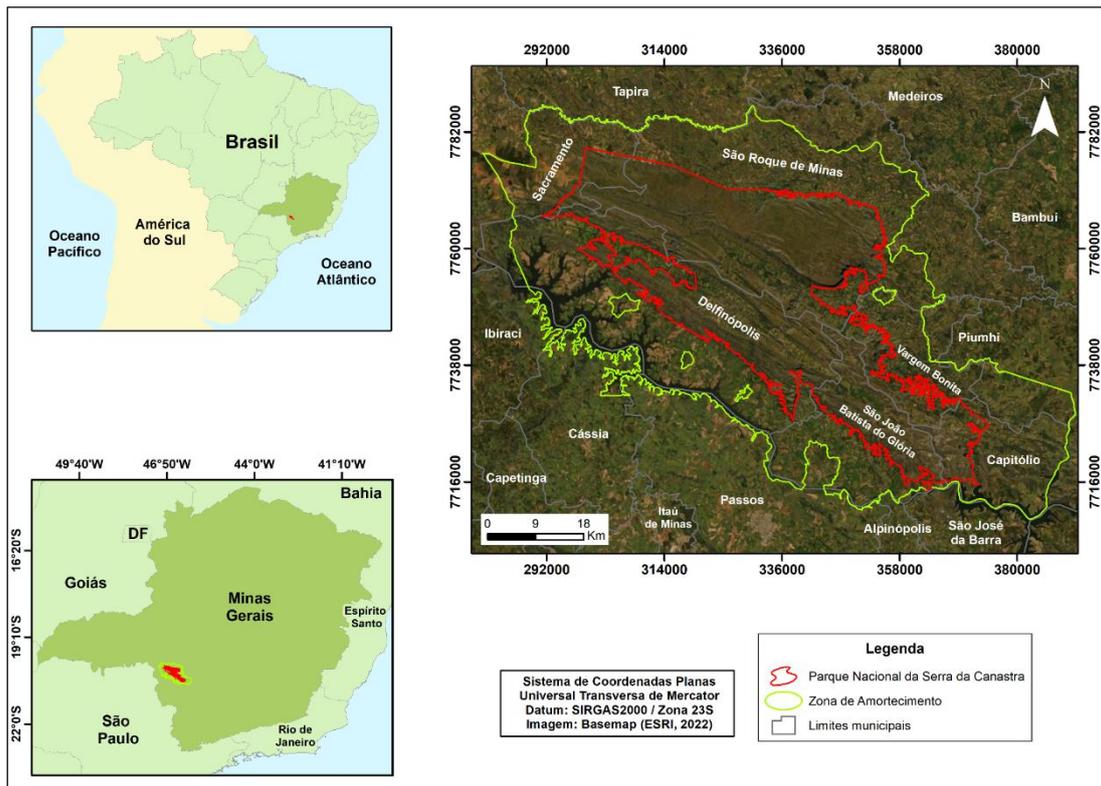
Área de estudo

O Parque Nacional da Serra da Canastra (PNSC), que compreende uma área de aproximadamente 200 mil hectares, foi criado em 3 de abril de 1972, por meio do Decreto nº 70.355 e está situado na região sudoeste do Estado de Minas Gerais, abrangendo os municípios de São Roque de Minas, Sacramento, Delfinópolis, São João Batista do Glória, Capitólio e Vargem Bonita (Figura 1). A respectiva UC se destaca por abrigar as nascentes das bacias dos rios São Francisco, Araguari e Santo Antônio, além de proteger a população de pato-mergulhão (*Mergus octosetaceus*), bem como seus locais de forrageamento e nidificação (ICMBIO, 2022).

A região da Serra da Canastra está no domínio fitogeográfico do Cerrado, fazendo parte das zonas de savana gramíneo-lenhosa. Embora o Parque seja predominantemente recoberto por formações campestres, apresenta na sua maior parte formações savânicas e florestais, destacando-se igualmente grandes áreas de campos rupestres (BRUNO et al., 2018).

Quanto aos aspectos físicos, as altitudes locais variam entre 800-1200 m, atingindo o ponto máximo no topo da Serra Brava (1.496 m). Segundo Alves e Nóbrega (2011) o clima é do tipo sazonal, com estação seca entre maio e setembro e outra chuvosa entre outubro e abril. A pluviosidade anual varia entre 1000 e 1.500 mm (COUTO-JÚNIOR et al., 2010) e a temperatura média no mês mais frio é próximo a 18°C e a temperatura média máxima é 22°C (ICMBIO, 2022). Segundo Ibama (2007), o vento tem direção predominante Norte-Sul, sendo mais estáveis nessa direção no período da tarde, podendo chegar a 80km/h em meses mais críticos.

Figura 1 – Localização da área de estudo.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A Serra da Canastra está inserida dentro da morfoestrutura dos planaltos e serras de Goiás-Minas, sendo esse domínio geomorfológico associado a faixas de dobramentos Brasília, apresentando serras residuais das antigas dobras com alinhamento de cristas sustentadas na sua maioria por rochas metamórficas. A região é parte do domínio morfoestrutural dos remanescentes de cadeias dobradas, composto pelo subdomínio da região dos planaltos da Canastra, dividindo-se em Unidade Patamares da Canastra e Unidade Serra da Canastra (COUTO-JÚNIOR et al., 2010).

Dentre as principais atividades conflitantes do PNSC, destacam-se o fluxo de veículos de carga, as linhas de transmissão elétrica do Sistema Cemig, que atravessa toda a UC, a presença de atividades agropecuárias com uso de insumos agroquímicos sintéticos e manejo inadequado do solo, a supressão da vegetação nativa e substituição por espécies exóticas, a invasão por gado na Zona de Amortecimento e no interior da unidade, a mineração, e, principalmente, a prática de incêndios criminosos e a queima não controlada (IBAMA, 2005).

Nesse contexto, o Parque Nacional da Serra da Canastra está no rol de UCs que nos últimos anos tem sofrido com incêndios de grandes dimensões em uma frequência anual/bianual (MEDEIROS; FIEDLER, 2004; IBAMA, 2005). Em 2006, 2007 e 2010, por exemplo, os incêndios atingiram, cada um, cerca de 50% da área total regularizada do Parque (FRANÇA, 2010; PIVELLO, 2011). Já no ano de 2012, a área queimada ultrapassou esse valor, chegando à quase totalidade da área regularizada. De acordo com Magalhães et al. (2012), a área queimada no PNSC é, em média, muito superior à de outras áreas protegidas no Brasil. Recentemente, foi registrado no ano de 2020 um grande incêndio florestal na respectiva UC, com duração de 6 dias, no qual 24 mil hectares foram atingidos pelo fogo (Figura 2) (G1, 2020).

Figura 2 - Incêndio no Parque Nacional da Serra da Canastra no ano de 2020.



Fonte: G1 (2020).

Materiais e métodos

Para o estabelecimento da base cartográfica, foram adquiridas cartas topográficas em escala 1:50.000 do IBGE, arquivos vetoriais das estradas municipais, estaduais e federais, além dos limites territoriais dos municípios e estados brasileiros na plataforma IDE-Sisema.

A respeito dos dados de Sensoriamento Remoto, foram utilizadas imagens orbitais do satélite *Landsat 8*, disponibilizadas gratuitamente pela Divisão de

Geração de Imagens (DGI) do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Complementarmente, foram utilizados dados da plataforma *Google Earth Pro*. O *Google Earth (GE)* foi lançado em 2005 e desde então se tornou um dos globos virtuais mais populares, com ampla utilização para ensino e pesquisa em Geociências, principalmente em estudos de formas e processos da paisagem (BOARDMAN, 2016).

Cabe salientar que de modo a facilitar o manuseio dos dados documentais, arquivos vetoriais, imagens e outras informações, foi estruturado um banco de dados, cujo sistema de coordenadas adotado foi a plana UTM e o *datum* SIRGAS2000, conforme as orientações do IBGE (IBGE, 1997), de modo a facilitar cálculos envolvendo álgebras de mapas.

A extração e identificação de cicatrizes queimadas no Parque Nacional da Serra da Canastra foi realizada a partir do processamento de imagens orbitais *Landsat 8* com aplicação dos Índices Espectrais NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e o NBR (*Normalized Burn Ratio*) (PEREIRA et al., 2015; SETZER et al., 2019).

Para as etapas do processamento e pós-processamento das imagens foram aplicados nas cenas pré-selecionadas os índices espectrais NBR e NDVI em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (QGIS 3.22). Para a visualização das cicatrizes de incêndio, aplicou-se as seguintes equações adequadas nas seguintes bandas das imagens orbitais *Landsat 8*:

Equação 1 - Cálculo do Índice Espectral NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*).

$$\text{NDVI} = (\text{Banda 5} - \text{Banda 4}) / (\text{Banda 5} + \text{Banda 4})$$

Equação 2 - Cálculo do Índice Espectral NBR (*Normalized Burn Ratio*).

$$\text{NBR} = (\text{Banda 5} - \text{Banda 7}) / (\text{Banda 5} + \text{Banda 7}).$$

Para validar e realizar comparações com os resultados, foram obtidos dados da plataforma BDQueimadas do INPE, bem como os períodos com maior incidência de focos de calor (SETZER et al., 2019).

Resultados e discussão

A partir dos dados obtidos na plataforma BDQueimadas para os anos de 2016 a 2021 verificou-se que o ano de 2020 apresentou o período com maior frequência de focos de calor (Tabela 1).

Tabela 1 – Número de focos de incêndio no Parque Nacional Serra da Canastra e sua respectiva Zona de Amortecimento.

| Número de focos de incêndio | Ano |
|-----------------------------|------|
| 238 | 2016 |
| 425 | 2017 |
| 81 | 2018 |
| 729 | 2019 |
| 836 | 2020 |
| 732 | 2021 |

Fonte: BDQueimadas (INPE).

O mês de setembro, considerando o ano de 2020, exibiu o maior registro de incêndios segundo os dados da plataforma BDQueimadas, com 405 focos de calor. Nesse sentido, foram adquiridas duas cenas da plataforma *Landsat 8* para composição da área e posterior aplicação dos índices espectrais (Quadro 1). As datas pré-selecionadas para imagens correspondem aos períodos pré-fogo e pós-fogo e foram obtidas considerando a menor cobertura de nuvens possível, de modo a evitar que as feições fossem mascaradas durante a etapa de processamento digital.

Quadro 1 – Cenas utilizadas para realização da extração de cicatrizes de queimadas no respectivo trabalho.

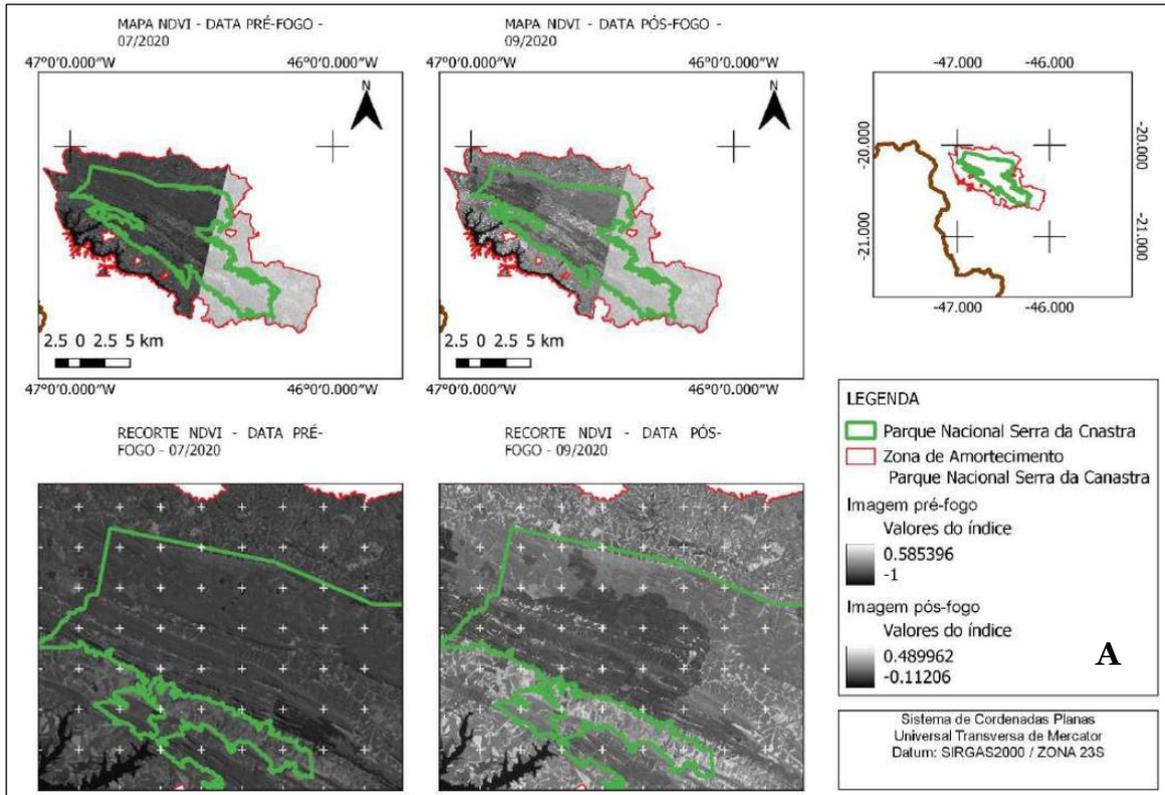
| Cenas | Pré-fogo | Pós-fogo |
|----------------------|------------|------------|
| Órbita 219/Ponto 074 | 03/08/2020 | 06/10/2020 |
| Órbita 220/Ponto 074 | 25/07/2020 | 13/10-2020 |

Fonte: Autores (2023).

A respeito do emprego dos índices espectrais de vegetação nas imagens orbitais da plataforma orbital *Landsat 8*, os resultados obtidos mostraram-se

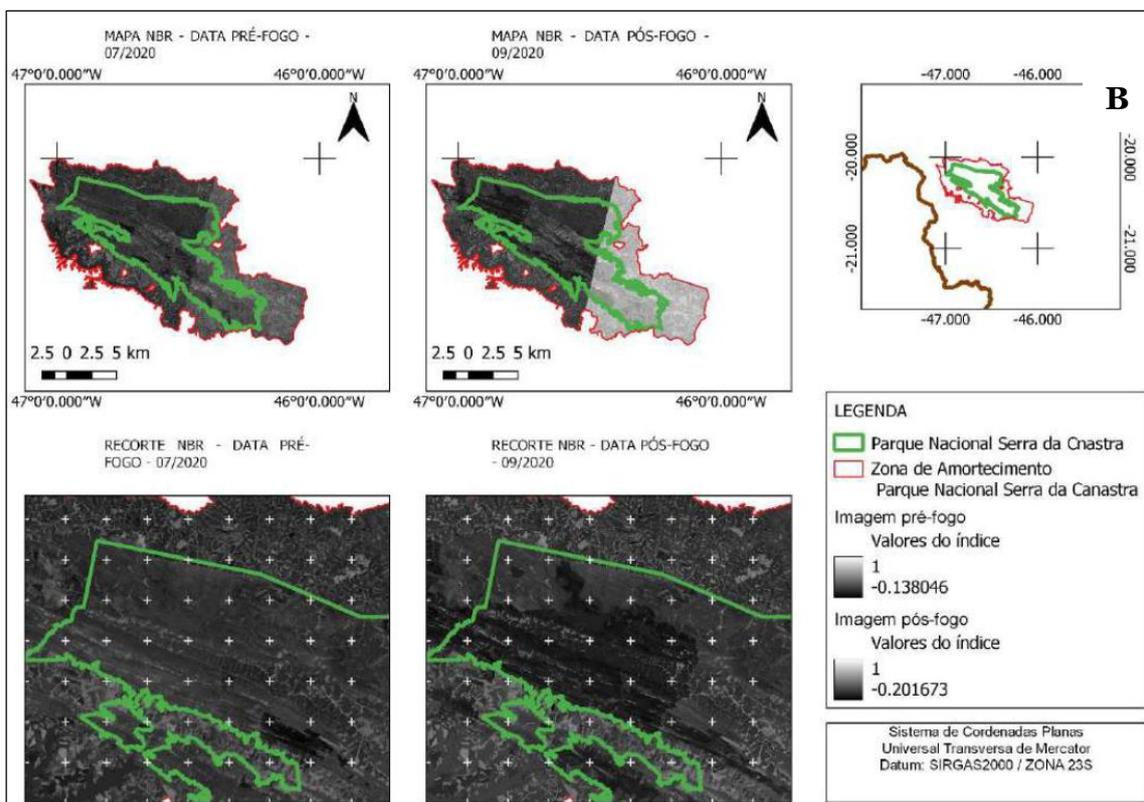
satisfatórios para o monitoramento e análise de áreas queimadas. Várias pesquisas evidenciam a validade destes índices e enfatizam a necessidade de realização de constantes pesquisas nessa área (PEREIRA et al., 2016; SOUZA, 2017) (Figura 3 e 4).

Figura 3 - Resultados da aplicação do Índice Espectral NDVI (A) e NBR (B) com os períodos pré-fogo e pós-fogo.



Fonte: Autores (2023).

Continuação da Figura 3.



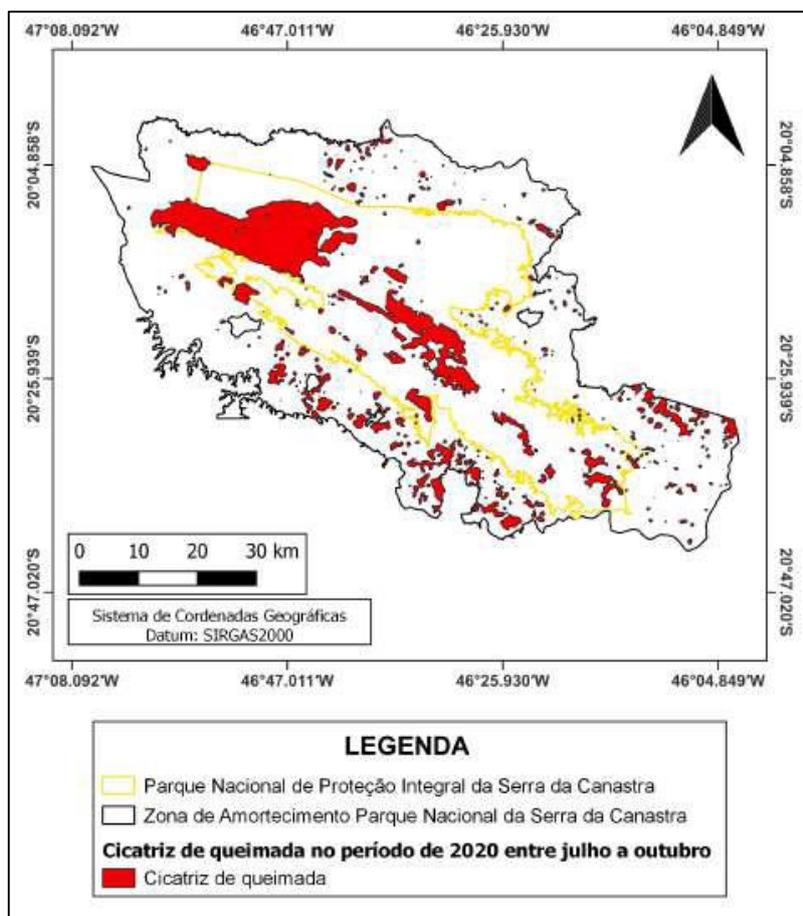
Fonte: Autores (2023).

É possível observar que as cicatrizes de maiores magnitudes são pertencentes a áreas dentro no interior da respectiva Unidade de Conservação, especialmente nas localidades conhecidas como Chapadão da Canastra, que possui um relevante contexto geológico na esfera da Geodiversidade. Cabe ressaltar que o Parque Nacional da Serra da Canastra é caracterizado como uma Unidade de Conservação do Grupo Proteção Integral no âmbito do SNUC (Sistema Nacional de Unidades de Conservação) (Lei 9.985/ 2000).

Os resultados obtidos a partir da análise dos focos de calor do BDQueimadas/ Inpe mostraram maior incidência para incêndios entre os meses de agosto a outubro com maiores incidências em setembro para o ano de 2020. Entretanto, através da análise dos dados pluviométricos e devida revisão de literatura, os meses de seca (junho a julho) não correspondem aos meses de maior incidência de queimadas. Estudos já realizados na área evidenciam que apenas os meses após os meses de o dias com chuvas são os que apresentam maior incidência de eventos de queimadas, pois correspondem ao aumento de biomassa acumulada entre a época de seca onde o material combustível (vegetação) está disponibilizado.

Não obstante, as imagens orbitais produzidas pelo do sensor OLI (*Operational Land Imager*), a bordo do satélite *Landsat 8*, possuem a resolução espacial de 30 metros. Por outro lado, o programa BDQueimadas utiliza satélites meteorológicos com baixa resolução espacial para identificação de focos de calor, como a plataforma *Geostationary Operational Environmental Satellite - GOES-16*, com resolução espacial de 1 a 4 quilômetros. Portanto, a identificação de cicatrizes de queimadas com sensores de maior resolução espacial pode aumentar a exatidão dos resultados obtidos por representarem com maior detalhe a cobertura da terra.

Figura 4 - Cicatrizes de queimadas entre julho a outubro do ano de 2020.



Fonte: Autores (2023).

Considerações Finais

A análise das dimensões espaciais das extensas áreas atingidas pelo fogo evidencia que as medidas conservacionistas no PNSC não têm sido efetivas para

preservar o seu interior. Mesmo com a adoção de medidas mais flexíveis de atividades admitidas na Zona de Amortecimento, a área atingida pelo fogo é extensa e ultrapassa os limites do parque.

Portanto, é de extrema necessidade gerar produtos oriundos de retro-análises das áreas atingidas pelo fogo junto a dados meteorológicos e topográficos para compreensão dos padrões de ocorrência desses eventos com o objetivo de aplicar medidas mais efetivas de conservação no PNSC e sua respectiva Zona de Amortecimento.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPPG) da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) pela bolsa concedida no âmbito do Programa Institucional de Apoio à Pesquisa do Edital PROPPG N° 11/2022 (PAPq/UEMG). Agradecem, ainda, à Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) pelo suporte técnico e científico.

Referências

- BERLINCK, C.N.; AUGUSTO-LIMA, L.H.; CARVALHO-JUNIOR, E.A.R. The Pantanal is on fire and only a sustainable agenda can save the largest wetland in the world. **Biota Neotropica**, v. 21, n. 3, e20201144, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.244200>
- BOARDMAN, J. The value of Google Earth™ for erosion mapping. **Catena**, v. 143, p. 123– 127, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.03.031>
- BOWMAN, D.M.J.S.; BALCH, J.K.; ARTAXO, P.; BOND, W.J.; CARLSON, J.M.; COCHRANE, M.A.; D'ANTONIO, C.M.; DEFRIES, R.S.; DOYLE, J.C.; HARRISON, S.P. Fire in the earth system. **Science**, v. 324, p. 481–484, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1163886>
- BRASIL. Lei n°. 9.985, de 18 de julho de 2000. **Regulamenta o art. 225, § 10, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências**. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm>. Acesso em: 23 ago. 2023.
- BRUNO, S.V.; OLIVEIRA-SOUZA, R.; VIEIRA-RIBEIRO, P.; SIMÕES-CARVALHO, C.M.; VIEIRA-BARBOZA, D. **Fogo na Canastra: Reflexões sobre o fogo no Cerrado**. MMA: Brasília, 2018.
- COSTA, I.G.; RODRIGUES, W.F. Danos ambientais provocados por incêndios no Cerrado: uma análise entre os anos de 2004 e 2019 no Parque Nacional da Serra da Canastra – MG. **Ensaios de Geografia**, v. 7, n. 14, p. 163-188. 2021. DOI: <https://doi.org/10.22409/eg.v7i14.48500>

COUTO-JÚNIOR, A.F.; SOUZA, V.V.; CARVALHO-JÚNIOR, O.A.; MARTINS, E.S.; SANTANA, O.A.; FREITAS, L.F.; GOMES, R.A.T. Integração de parâmetros morfométricos e imagem ASTER para a delimitação das fitofisionomias da Serra da Canastra, Parque Nacional da Serra da Canastra, MG. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 11, n. 1, p.57- 68. 2010. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v11i1.142>

FERREIRA, M.C.; MESSIAS, C.G. Metodologia para mapeamento da probabilidade de ocorrência de fogo no bioma do cerrado brasileiro baseada em variáveis relacionadas ao perigo de propagação do fogo. **Territorium: Revista Internacional de Riscos**, n. 29 (I), p. 89-98, 2022. DOI: https://doi.org/10.14195/1647-7723_29-1_8

FRANÇA, H. **Os incêndios de 2010 nos parques nacionais do Cerrado**. Relatório técnico. Universidade Federal do ABC, 2010. 16 p.

G1 - O PORTAL DE NOTÍCIAS DA GLOBO. **Chega ao fim incêndio na Serra da Canastra após 6 dias de combate e quase 24 mil hectares atingidos**. Disponível em: <<https://g1.globo.com/mg/centro-oeste/noticia/2020/08/20/chega-ao-fim-o-incendio-na-serra-da-canastra-apos-6-dias-de-combate-e-quase-24-mil-hectares-atingidos.ghtml>>. Acesso em: 02 out. 2023.

HARDESTY, J.; MYERS, R.; FULKS, W. **Fire, ecosystems, and people: a preliminary assessment of fire as a global conservation issue**. The George Wright Forum, v. 22, p. 78- 87. 2005.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Plano de Manejo do Parque Nacional Serra da Canastra**. MMA: Brasília, 2005. 828 p.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Plano Operativo de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais do Parque Nacional Serra da Canastra**. Prevfogo. MMA: São Roque de Minas – MG. 2007.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Relatório de ocorrências de incêndios em Unidades de Conservação Federais 2005-2008**. MMA: Brasília, 2009.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistema de referência geocêntrico para a América do Sul**. Relatório Final Grupos de trabalho I e II. Rio de Janeiro: CDD IBGE, 1997. 122 p. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>.

ICMBIO - INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Informações Sobre Visitação - Parna da Serra da Canastra**. 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/cerrado/lista-de-ucs/parna-da-serra-da-canastra/informacoes-sobre-visitacao-parna-da-serra-da-canastra>>. Acesso em: 09 out. 2023.

KLINK, C.A.; SATO, M.N.; CORDEIRO, G.G.; RAMOS, M.I.M. The Role of Vegetation on the Dynamics of Water and Fire in the Cerrado Ecosystems: Implications for Management and Conservation. **Plants**, v. 9, n. 12, p. 1803. 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9121803>

MAGALHÃES, S.R.; LIMA, G.S.; RIBEIRO, G.A. Avaliação do combate aos incêndios florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 1, p. 80- 86. 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2011.025>

MEDEIROS, M.B. **Efeitos do fogo nos padrões de rebrotamento em plantas lenhosas, em campo sujo**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade de Brasília, Brasília, 2002. 122 p.

MEDEIROS, M.B.; FIEDLER, N.C. Incêndios florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra: desafios para a conservação da biodiversidade. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 2, p. 157-168. 2004. DOI: <https://doi.org/10.5902/198050981815>

PEREIRA, A.A.; CARVALHO, L.M.T.; LOBONATI, R.; JUNIOR, F.W.A.; MORELI, F. Avaliação de nove índices espectrais quanto a separabilidade entre queimadas e diferentes alvos. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17., João Pessoa. **Anais...** São José dos Campos: INPE, p. 3105-2112, 2015.

PEREIRA, A.A.; TEIXEIRA, F.R.; LIBONATI, R.; MELCHIORI, E.A.; CARVALHO, L.M.T. Avaliação de índices espectrais para identificação de áreas queimadas no cerrado utilizando dados Landsat TM. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 8, n. 68, p. 1665-1680, 2016.

PEREIRA, G.H.A; LOHMANN, M; DEPPE, F. Monitoramento de incêndios utilizando imagens Landsat 8: Um estudo de caso para o estado do Tocantins. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 18., Santos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, p. 2700-2707, 2017.

PEZZOPANE, J.E.M.; NETO, S.N.O.; VILELA, M.F. Risco de incêndios em função da característica do clima, relevo e cobertura do solo. **Floresta e Ambiente**, v. 8, p. 161-166, 2012.

PIVELLO, V.R. The use of fire in the Cerrado and Amazonian Rainforests of Brazil: past and present. **Fire Ecology**, v. 7, n. 1, p. 24-39. 2011. DOI: <https://doi.org/10.4996/fireecology.0701024>

SILVA, F.C.S.; PINHEIRO, F.R.; SOUZA, I.V.; DUARTE, V.B.R.; SILVA, M.V.C.; PORTELLA, A.C.F.; GIONGO, M. Técnicas de sensoriamento remoto para delimitação de áreas queimadas no Tocantins através do processamento digital de imagens Landsat 8-TM. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, v. 8, n. 1, p. 6-11. 2020. DOI: <https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v8n1.silva>

SIMON, M.F.; GREYER, R.; QUEIROZ, L.P.; SKEMA, C.; PENNINGTON, R.T.; HUGHES, C.E. Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 106, p. 20359-20364. 2009.

SETZER, A.; MORELLI, F.; SOUZA, J.C. O Banco de Dados de Queimadas do INPE. **Biodiversidade Brasileira-BioBrasil**, n. 1, p. 239-239, 2019.

SOARES, R.V.; BATISTA, A.C. **Incêndios florestais: controle, efeitos e uso do fogo**. UFPR: Curitiba, 2007.

SOARES, R.V. Estatísticas dos incêndios florestais no Brasil. In: SOARES, R.V.; NUNES, J.R.S.; BATISTA, A.C. (Eds). **Incêndios florestais no Brasil – o estado da arte**. UFPR: Curitiba, 2009. p. 1-20.

SOUZA, I.M.P. **Identificação de áreas queimadas por meio de índices espectrais em regiões do cerrado tocantinense**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais Ambientais) - Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2017.