



# INFLUÊNCIA DAS FORMAS DE RELEVO NOS PADRÕES DE QUEIMADAS NO PARQUE NACIONAL DA SERRA DA CANASTRA

Beatriz Bomfim Santos <sup>1</sup>  
Silvio Carlos Rodrigues <sup>2</sup>

## RESUMO

Este trabalho investiga a influência das formas de relevo sobre os padrões de queimadas no Parque Nacional da Serra da Canastra, entre os anos de 2020 e 2024. Localizado no bioma Cerrado, o parque é uma Unidade de Conservação que apresenta histórico significativo de ocorrência de fogo, o que torna essencial a compreensão dos fatores que contribuem para sua propagação. A pesquisa utilizou dados de focos de calor e variáveis topográficas. A análise dos dados, realizada no software R e pela linguagem de programação Python, permitiu a integração espacial das variáveis e a identificação de padrões espaço-temporais. Os resultados indicaram que os focos de incêndio ocorreram, predominantemente, em altitudes entre 1.000 a 1.300 metros, entre as declividades de 20 a 45%, seguindo a classificação da Embrapa, essas são consideradas como áreas fortemente ondulada. As formas de relevo mais associadas aos focos foram as classes “Encosta”, “Crista” e “Esporão”, com predominância significativa das “Encostas”. Esses padrões indicam a influência significativa da morfologia do terreno na dinâmica do fogo e reforçam a necessidade de incorporar tais variáveis no planejamento e execução de ações de prevenção e manejo, como as propostas pelo Plano de Manejo Integrado do Fogo adotado na UC.

## INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo identificar tendências relacionadas às formas de relevo e à ocorrência de focos de incêndio registrados no Parque Nacional da Serra da Canastra (PNSC), no período de 2020 a 2024.

Os mais recentes relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2022; IPCC, 2023) apontam para uma intensificação das mudanças climáticas e a crescente frequência de eventos extremos. Nesse contexto, os incêndios florestais configuram-se como uma das manifestações mais preocupantes dessas transformações, exigindo a formulação e implementação de políticas públicas eficazes, com foco em ações de médio e longo prazo (Klein, 2024).

---

<sup>1</sup> Mestranda pelo Curso de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, [beatriz.bonfim@ufu.br](mailto:beatriz.bonfim@ufu.br)

<sup>2</sup> Professor Titular do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia – UFU, [silgel@ufu.br](mailto:silgel@ufu.br).



O Parque Nacional da Serra da Canastra está localizado na porção centro-oeste do estado de Minas Gerais, a aproximadamente 320 km a oeste da capital estadual, Belo Horizonte. De acordo com Rodrigues et al. (2023) situa-se no Domínio de Serras e Montanhas do Brasil Central, na unidade geomorfológica da Serra da Canastra. O relevo local foi classificado como composto por um bloco tectônico associado a Faixa de Dobramento Brasília, com presença de escarpas estruturais com desníveis de mais de 300 metros, com topos nivelado a mais de 1250 m acima na parte superior da estrutura (Nazar e Rodrigues, 2019). O PNSC é uma Unidade de Conservação (UC), inserida no morfodomínio do Cerrado, onde o fogo constitui um elemento natural e recorrente da dinâmica ecológica (da Silva Arruda et al., 2024). Tal característica reforça a importância de estudos que analisem a relação entre o relevo e a ocorrência de incêndios.

O Cerrado brasileiro apresenta evidências da ocorrência de fogo desde períodos remotos, com amostras de carvão datadas entre 27 mil e 41 mil anos antes do presente (AP). Antes da colonização, os povos originários já utilizavam o fogo como ferramenta de manejo do território (Medeiros e Fiedler, 2004), demonstrando o histórico do ambiente com o fogo.

Além disso, é possível observar diversos atributos morfológicos na vegetação do Cerrado que indicam adaptações a esse regime de fogo, como a forma tortuosa das árvores e arbustos, além da presença de cascas espessas, que funcionam como proteção contra altas temperaturas (Fidelis e Pivello, 2011). Segundo Pivello e Coutinho (1992), o fogo promove adaptações morfológicas, fisiológicas e alterações nos processos ecológicos, evidenciadas, por exemplo, pelo estímulo ao rebrotamento e pela intensificação da ciclagem de nutrientes após os episódios de queimada.

No âmbito legal, o Regulamento de Parques Nacionais (Decreto nº 84.017/1979) já previa o uso do fogo como técnica de manejo, apontando uma mudança na perspectiva sobre sua utilização controlada (Berlinck e Lima, 2021). No entanto, cada UC possui especificidades próprias, sendo necessário o desenvolvimento de planos de manejo adaptados às suas características ecológicas, sociais e geográficas.

O PNSC apresenta registros da presença do fogo anteriores à colonização europeia. O naturalista Auguste de Saint-Hilaire, em sua obra *Viagem à nascente do rio São Francisco* (Saint-Hilaire, 2004), menciona o uso do fogo pelos povos indígenas como prática de manejo do território. Com o passar do tempo, a região passou a ser ocupada por colonizadores europeus que utilizavam os campos nativos como pastagens para o gado, mantendo o uso do fogo como uma prática recorrente. A desocupação da área para a criação do parque foi marcada por conflitos, incluindo episódios de incêndios criminosos de difícil controle. Como estratégia de



mitigação e conciliação, foi autorizada aos moradores do entorno a realização de queimas controladas mediante autorização. Em 2017, o parque passou a adotar a técnica das queimas prescritas dentro das áreas regularizadas, como parte do MIF, buscando conciliar conservação e tradição local com estratégias de prevenção e controle de incêndios (ICMBio, 2023).

O risco de incêndios florestais e, mais especificamente, o comportamento do fogo é determinado pela interação entre condições meteorológicas e características topográficas (Batista et al., 2021). Nesse sentido, compreender as particularidades do relevo do parque é fundamental para a análise da dinâmica do regime de fogo na região.

A topografia está diretamente relacionada à gravidade dos incêndios florestais, uma vez que a orientação, a inclinação e a elevação do terreno influenciam significativamente o comportamento do fogo (Messias, 2018). Além disso, a topografia também interfere no padrão dos ventos e na dinâmica do material de rolamento, contribuindo para a propagação das chamas (Fernandes, 2019).

De acordo com Messias (2018), variáveis espaciais e meteorológicas, como a temperatura e a umidade do ar, são frequentemente condicionadas pelas características topográficas do local. A vegetação, por sua vez, pode ser influenciada por esses fatores. Por exemplo, em áreas de maior altitude, é comum a ausência de material combustível de grande porte, devido à redução da umidade atmosférica durante períodos de déficit hídrico, o que favorece o desenvolvimento de fitofisionomias de menor porte.

A declividade também exerce influência sobre o comportamento do fogo, pois facilita a transferência de calor no sentido ascendente. Essas áreas, por sua vez, costumam ser afetadas pela orientação do relevo, a qual determina a incidência de radiação solar sobre o terreno (Soares Neto et. Al, 2016; Messias, 2018)

## **METODOLOGIA**

A pesquisa utilizou dados geoespaciais com o intuito de analisar a influência das variáveis topográficas na distribuição dos focos de incêndio ocorridos entre os anos de 2020 e 2024. Os dados de focos de calor foram obtidos a partir do sistema FIRMS/NASA. Estes dados são derivados de sensores MODIS e VIIRS embarcados em satélite de observação da Terra, com atualizações quase em tempo real e resolução espacial adequada à escala da análise.

Para a caracterização do relevo, foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE) disponibilizado pelo USGS, com resolução espacial de 30 metros. A partir do MDE, foram extraídas as formas do relevo (geomorphons). As formas do relevo foram extraídas utilizando o algoritmo r.geomorphons, que classifica as feições do terreno com base na análise de padrões



geométricos locais, conforme proposta por Jasiewicz e Stepinski (2013). Além disso, foram processados os mapas de altitude e de declividade com os critérios da EMBRAPA (2006), extraídos também do MDE.

As análises foram conduzidas no software R e pela linguagem de programação Python. Após a interseção dos focos com as variáveis topográficas, os dados foram organizados por ano e analisados por meio de estatísticas descritivas, gráficos e mapas temáticos. Para verificar a presença de padrões espaciais, aplicou-se a análise de autocorrelação espacial global utilizando o Índice de Moran (I), com base em uma malha regular de 1 km<sup>2</sup>. A matriz de vizinhança foi construída por contiguidade (tipo “queen”), e a matriz de pesos espaciais foi normalizada pelo estilo W. As células sem vizinhos foram desconsideradas para evitar distorções e o teste foi aplicado com a função `moran.test`, permitindo a identificação de agrupamentos significativos na distribuição dos focos. Posteriormente, os dados já organizados foram utilizados para análises descritivas, gráficos de tendência, mapas temáticos e índices de concentração, com o objetivo de identificar padrões espaço-temporais e possíveis relações entre as variáveis morfométricas e a incidência de fogo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

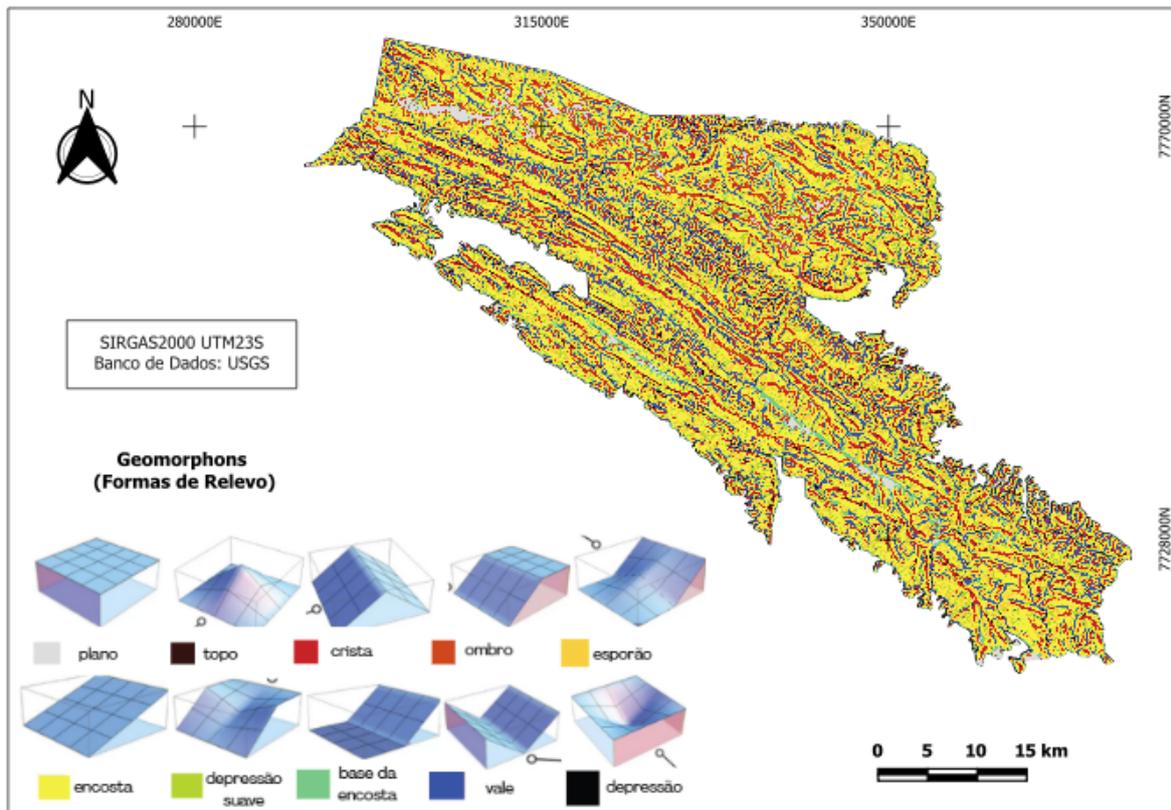
A partir dos dados processados, o teste de Moran apresentou os seguintes resultados em um valor de  $I = 0,1896$ , com um desvio padrão de 12,548 e p-valor inferior a  $2,2e-16$ , evidenciando uma autocorrelação espacial positiva estatisticamente significativa ( $p < 0,01$ ). A expectativa teórica do índice sob hipótese nula foi de aproximadamente  $-0,0007$ , e a variância estimada foi de 0,00023, reforçando a robustez do resultado obtido. Estes dados indicam que os focos de incêndio não estão distribuídos de maneira aleatória no espaço, mas sim organizados em padrões de agrupamento espacial, com áreas que concentram maior número de ocorrências.

Para visualização dos resultados, foram elaborados mapas temáticos a partir do MDE. Os quais serviram de base para o cruzamento com os dados de focos de incêndio registrados no PNSC, possibilitando a identificação de padrões espaciais e a análise da relação entre as variáveis topográficas e a ocorrência do fogo.

Ao analisar o mapa de distribuição dos geomorphons na área do parque, observa-se uma predominância expressiva da classe encostao longo dos cinco anos analisados.

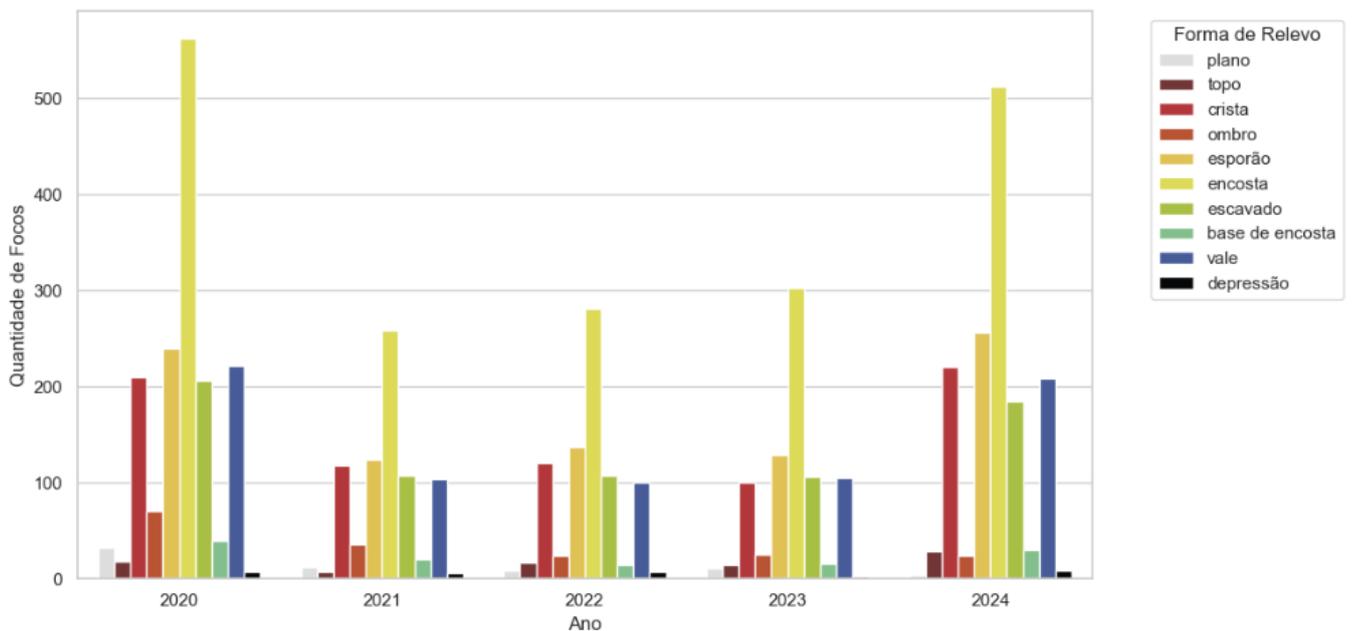


15º SIMPÓSIO NACIONAL DE  
**GEOMORFOLOGIA**  
Figura 1: Mapa de Geomorphons do PNSC



Fonte: elaborado pelos autores (2025)

Figura 2: Gráfico de distribuição dos focos de incêndios pelos Geomorphons



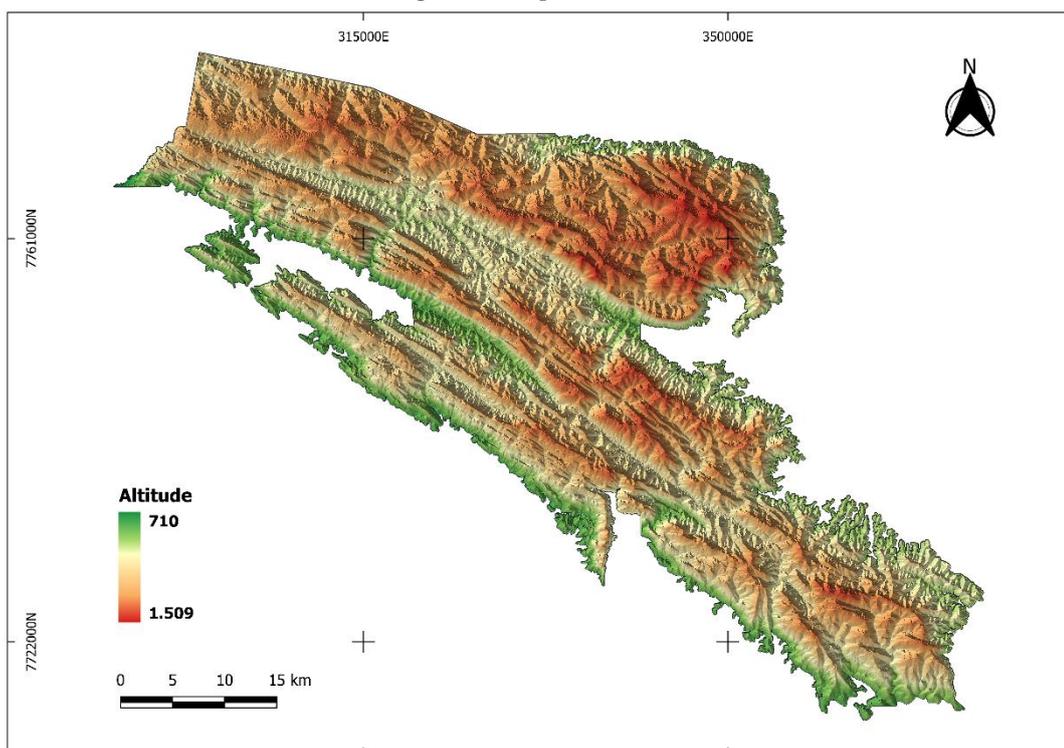
Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Os maiores índices de focos concentram-se nas encostas, seguidos pelos esporões. Em seguida, há uma distribuição relativamente equilibrada entre as classes crista e topo.

Além das formas de relevo, outros fatores relevantes no âmbito da geomorfologia são a altitude e a declividade do terreno, os quais exercem influência significativa sobre o regime de ocorrência dos focos de incêndio. Considerando essa relação, os mapas de altitude e de declividade foram elaborados com o objetivo de melhor visualizar as tendências dos focos de incêndio no parque.

A topografia da área varia entre aproximadamente 700 m acima do nível do mar no vale do Rio Grande até 1495m no topo da Serra Brava. Uma compartimentação dos blocos de relevo mostra que acima de 1250 m ocorrem os topos dos blocos quartzíticos, os escarpamento ocupam principalmente topografias entre 1250m e 1000m, enquanto as depressões intermontanas ocorrem abaixo de 1000 metros. Estes valores foram utilizados para a classificação da correlação entre topografia e focos de incêndio, entendendo que esta compartimentação reflete condições relativamente homogêneas de topografia regional.

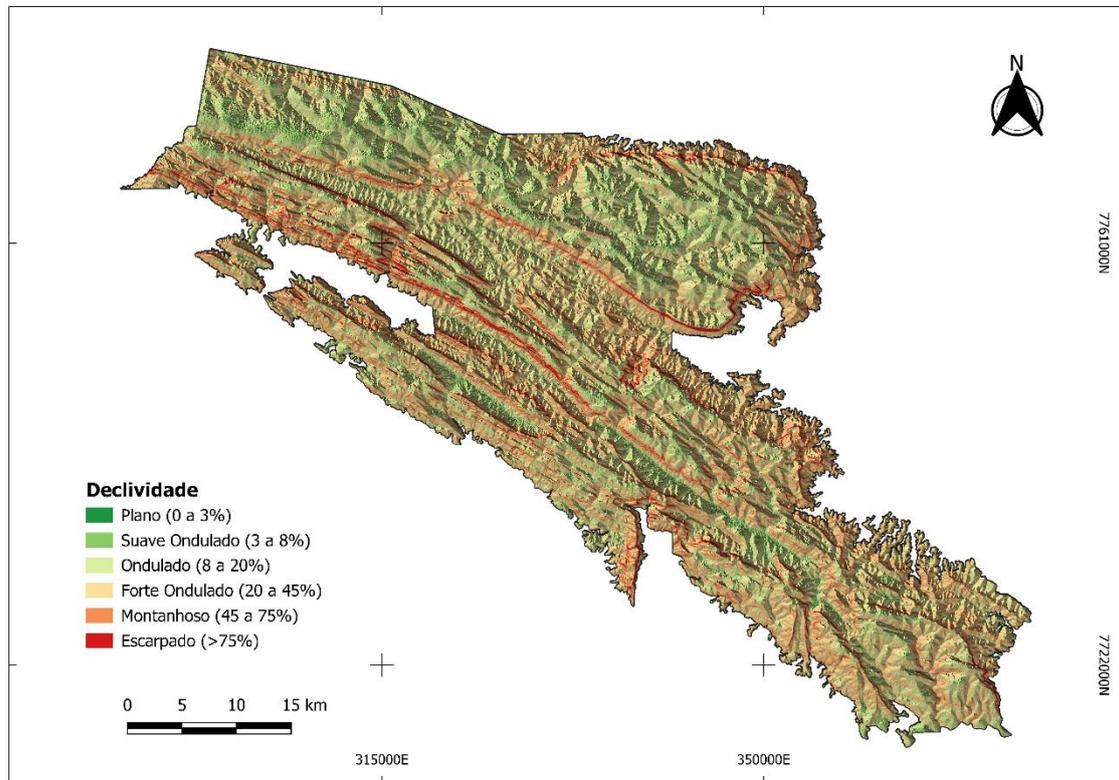
**Figura 3:** Mapa de Altitude



**Fonte:** Elaborado pelos autores (2025)

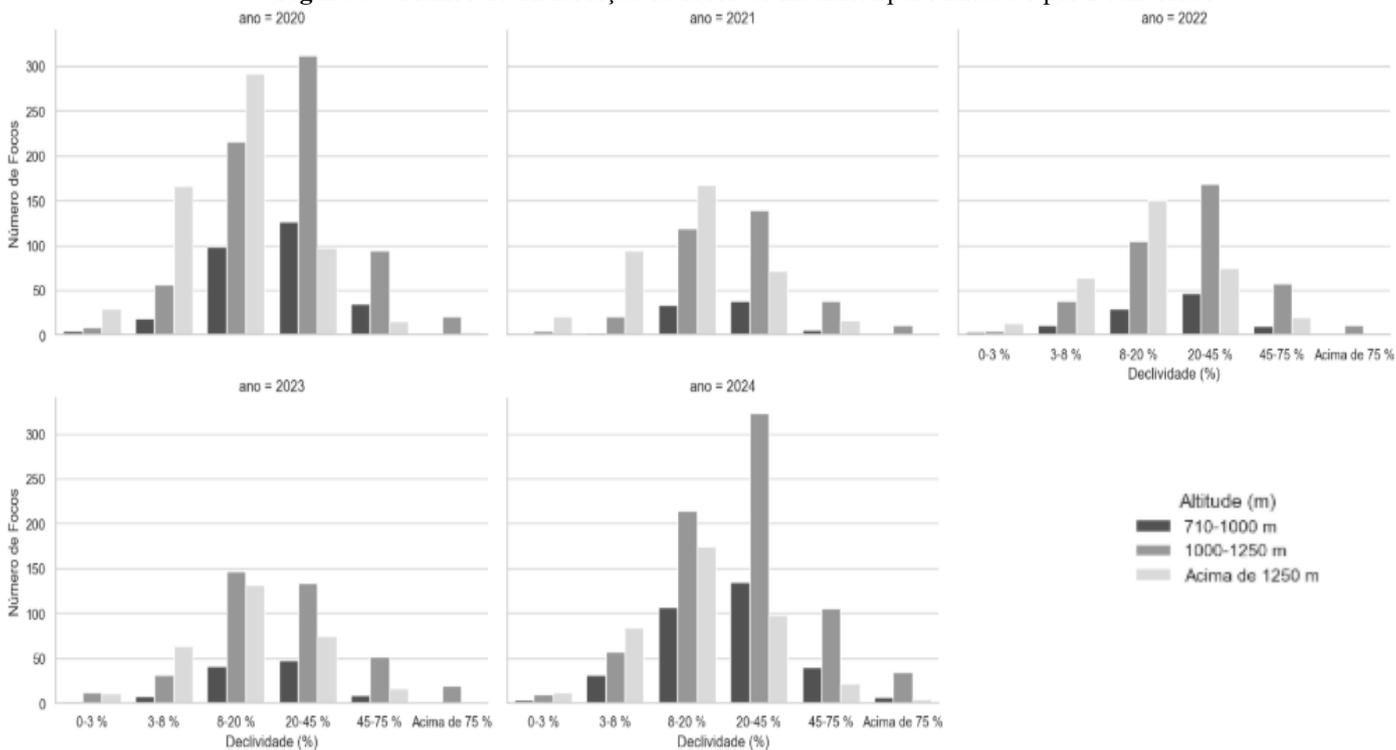
A declividade também se configura como uma das principais características geomorfológicas. Para esta análise, adotaram-se as classes de declividade propostas pela Embrapa (1999), que variam de plano a escarpado.

Figura 4: Mapa de Declividade



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Figura 5 : Gráfico de distribuição de focos de incêndios por Altitude e por Declividade



Fonte: elaborado pelos autores (2025)

Com base na análise dos cinco anos avaliados, observa-se uma tendência de concentração dos focos de incêndio em altitudes superiores a 1000 metros, com destaque para



a faixa entre 1000 e 1250 metros. Essa distribuição varia quando se analisa a classe de declividade Ondulado (8% a 20%), na qual a maior concentração de focos ocorre acima de 1250 metros. Contudo, de forma geral, os dados indicam que, ao longo do período analisado, os focos de incêndio tendem a se concentrar predominantemente na classe de declividade Forte Ondulado (20% a 45%).

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O PNSC é uma UC de extrema importância para a conservação da biodiversidade brasileira. Dado o histórico da unidade com a ocorrência de incêndios e sua localização no bioma Cerrado, a ampliação do conhecimento sobre essa temática é fundamental para aprimorar o planejamento e a gestão da área.

A análise dos dados coletados ao longo de cinco anos permitiu identificar tendências espaciais e altimétricas na distribuição dos focos de incêndio. Os registros demonstraram um padrão de agrupamentos espaciais significativos, com uma predominância de focos em altitudes entre 1.000 e 1.300 metros, com variações sutis entre os anos, mas mantendo esse intervalo como faixa principal de ocorrência. Em termos morfológicos, os geomorphons mais associados aos focos foram, de forma consistente, as classes “Encosta”, “Crista” e “Esporão”. A classe “Encosta”, em especial, destacou-se em todos os anos analisados, sendo responsável por mais de 30% dos focos registrados. Ao incorporar a variável orientação do relevo, observou-se que os focos de incêndio apresentaram maior incidência em encostas voltadas para o sudoeste, padrão que pode estar relacionado a fatores como regime de ventos, exposição solar e acúmulo de biomassa.

O reconhecimento desses padrões ao longo do tempo contribui diretamente para a construção de modelos preditivos e para o aperfeiçoamento das ações de manejo adaptativo dentro da Unidade de Conservação.

**Palavras-chave:** Formas de Relevo, Incêndios Florestais, Padrões de Queimadas.

## **REFERÊNCIAS**

Berlinck, C.N., Lima, L.H.A., 2021. Implementação do Manejo Integrado do Fogo em Unidades de Conservação Federais no Brasil: Resultados e Perspectivas. *Biodiversidade Brasileira* 11, 128–138. <https://doi.org/10.37002/biodiversidadebrasileira.v11i2.1709>

da Silva Arruda, V.L., Alencar, A.A.C., de Carvalho Júnior, O.A., de Figueiredo Ribeiro, F., de Arruda, F.V., Conciani, D.E., da Silva, W.V., Shimbo, J.Z., 2024. Assessing four decades



of fire behavior dynamics in the Cerrado biome (1985 to 2022). *Fire Ecology* 20, 64. <https://doi.org/10.1186/s42408-024-00298-4>

Fernandes, Luiza Cintra. Modelagem de risco de incêndios florestais utilizando redes neurais artificiais aplicada às regiões metropolitanas. 2019. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Departamento de Cartografia, Belo Horizonte, MG. Disponível: <http://hdl.handle.net/1843/33835>

Fidelis, A., Pivello, V.R., 2011. Deve-se usar o fogo como instrumento de manejo no Cerrado e Campos Sulinos? *Biodiversidade Brasileira* 1, 12–25. <https://doi.org/10.37002/biodiversidadebrasileira.v1i2.102>

**Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).** Plano de Manejo Integrado do Fogo: Parque Nacional da Serra da Canastra (PMIF), ciclo 2023-2026. São Roque de Minas, MG: ICMBio, 2023. <online> . Disponível em: [gov.br/icmbio/.../PMIF\\_PARNA\\_SERRA\\_CANASTRA\\_2023\\_2026.pdf](http://gov.br/icmbio/.../PMIF_PARNA_SERRA_CANASTRA_2023_2026.pdf).

Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Geneva: IPCC, 2022. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>

Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC). *Climate Change 2023: Synthesis Report.* Contribuição dos Grupos de Trabalho I, II e III para o Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas [Equipe de Redação Principal, H. Lee e J. Romero (orgs.)]. IPCC, Genebra, Suíça, 2023. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>

Jarosław Jasiewicz, Tomasz F. Stepinski, Geomorphons — a pattern recognition approach to classification and mapping of landforms, *Geomorphology*, Volume 182, 2013, Pages 147-156, ISSN 0169-555X, <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.11.00>

Klein, G., 2024. Incêndios Florestais e Mudanças Climáticas em Portugal: Uma Análise das Narrativas Construídas pela Comunicação Governamental: an analysis of the narratives constructed by government communication. *Int. J. Knowl. Eng. Manag.* 12, 24–41. <https://doi.org/10.29327/265007.11.30-14>

Medeiros, M.B. de, Fiedler, N.C., 2004. Incêndios florestais no parque nacional da Serra da Canastra: desafios para a conservação da biodiversidade. *Ciência Florestal* 14, 157–168. <https://doi.org/10.5902/198050981815>

Messias, Cassiano Gustavo. **Modelo geoespacial para identificação de áreas com perigo de propagação de queimadas no Parque Nacional da Serra da Canastra - MG.** 2018. 1 recurso online (323 p.) Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, SP. Disponível em: 20.500.12733/1638307.

Nazar, T. I. S. M.; Rodrigues, S. C. Relevô do Chapadão do Diamante, Serra da Canastra/MG, Brasil: compartimentação e análise a partir dos aspectos geomorfométricos. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 20, p. 69-88, 2019b. <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v20i1.1300>



Pivello, V.R. & Coutinho, L.M. 1992. Transfer of macro-nutrients to the atmosphere during experimental burnings in an open cerrado (Brazilian savanna). *Journal of Tropical Ecology*, 8: 487-497

Rodrigues, S. C.; Augustin, H. R. R.; Cristina; Nazar, T. I. S. M. Mapeamento Geomorfológico do Estado de Minas Gerais: uma proposta com base na morfologia. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, [S. l.], v. 24, n. 1, 2023. DOI: 10.20502/rbg.v24i1.2233

Torres, F., Ribeiro, G., Martins, S., Lima, G., 2016. Influência do relevo nos incêndios em vegetação em Juiz de Fora (MG). *GEOgraphia* 18, 170–182. <https://doi.org/10.22409/GEOgraphia2016.1836.a13748>

Saint-Hilaire, Auguste de. *Viagem às nascentes do Rio São Francisco*. Tradução de Regina Regis Junqueira. Organização de Mário Guimarães Ferri. 1. ed. São Paulo: Itatiaia; Universidade de São Paulo, 2004. 190 p.

Soares Neto, G. B.; Bayma, A. P.; Faria, K. M. S.; Oliveira, E. G.; Menezes, P. H. B. J. Risco de incêndios florestais no Parque Nacional de Brasília – Brasil. *Territorium*, v. 23, p. 161-170, 2016.