



Universidade de Brasília - UNB
Faculdade UnB Planaltina – FUP
Bacharelado em Gestão Ambiental – GAM

PEDRO PAULO ALMEIDA PINHEIRO

**OCORRÊNCIA DO FOGO E RESPOSTAS ESPECTRAIS DA VEGETAÇÃO EM
FORMAÇÕES SAVÂNICAS E CAMPESTRES DO BIOMA CERRADO**

BRASÍLIA
FEVEREIRO DE 2023

PEDRO PAULO ALMEIDA PINHEIRO

**OCORRÊNCIA DO FOGO E RESPOSTAS ESPECTRAIS DA VEGETAÇÃO EM
FORMAÇÕES SAVÂNICAS E CAMPESTRES DO BIOMA CERRADO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
banca representando o curso de Gestão
Ambiental da Universidade de Brasília.
Dissertação para obtenção do Bacharel em
Gestão Ambiental.

Orientador: José Vicente Elias Bernardi.

BRASÍLIA
FEVEREIRO DE 2023

RESUMO

O Cerrado é considerado um *hotspot* para a biodiversidade, abrigando muitas espécies de plantas endêmicas. Mesmo o fogo sendo um fator natural fundamental para a compreensão da dinâmica da vegetação nesse bioma, o aumento da frequência de incêndios, promovido principalmente pelas ações antrópicas, pode ocasionar danos ambientais graves. Nesse sentido, foi realizada uma análise multitemporal do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) em formações campestre e savânica do bioma Cerrado, visando avaliar a vegetação pós-fogo. Os dados foram analisados por meio do software ArcGIS 10.8.1 e foram realizadas avaliações do NDVI de área queimada por formação. Assim, os resultados encaminham-se com as evidências científicas do comportamento da vegetação do Cerrado, a vegetação savânica teve a maior amplitude, demonstrando valores maiores, comparada à vegetação campestre, tanto no período pré-fogo, quanto no pós-fogo, e ainda assim, demonstrando menor resiliência a eventos persistentes de fogo. No contexto regional, a análise do NDVI antes e após os incêndios ofertou informações espaciais de onde ocorreram maiores perdas de biomassa, que podem nortear futuras ações mitigadoras para as Unidades de Conservação do Cerrado.

Palavras-chave: Cerrado, NDVI, Incêndios, Análise espectral.

ABSTRACT

The Cerrado is considered a hotspot for biodiversity, harboring many endemic plant species. Even though fire is a fundamental natural factor for understanding the dynamics of vegetation in this biome, the increase in the frequency of fires, promoted mainly by human actions, can cause serious environmental damage. In this sense, a multitemporal analysis of the Vegetation Index by Normalized Difference (NDVI) was carried out in grassland and savannah formations of the Cerrado biome, aiming to evaluate the post-fire vegetation. Data were analyzed using ArcGIS 10.8.1 software and NDVI assessments of burned area per formation were performed. Thus, the results are in line with the scientific evidence of the behavior of the Cerrado vegetation, the savannah vegetation had the greatest amplitude, demonstrating higher values, compared to the grassland vegetation, both in the pre-fire period and in the post-fire period,

and even thus demonstrating less resilience to persistent fire events. In the regional context, the NDVI analysis before and after the fires provided spatial information on where the greatest biomass losses occurred, which can guide future mitigation actions for the Cerrado Conservation Units.

Keywords: Cerrado, NDVI, Fires, Spectral analysis.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	6
MATERIAL E MÉTODOS	8
RESULTADOS.....	11
DISCUSSÃO.....	13
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16

1. INTRODUÇÃO

No Cerrado, podemos observar diversas características na vegetação ligadas à presença frequente do fogo, como por exemplo, a típica forma tortuosa das árvores e arbustos, que também apresentam uma casca grossa protegendo seus tecidos internos das altas temperaturas alcançadas durante os incêndios; espécies herbáceas, como gramíneas e ciperáceas, que têm suas gemas protegidas através da estrutura das folhas, (COUTINHO 1980, 1982; GOTTSBERGER e SILBERBAUER-GOTTSBERGER, 2006); órgãos subterrâneos, tanto vegetativos como reprodutivos, após a ocorrência do fogo (COUTINHO 1980, 1982, 1990).

O fogo promove não apenas adaptações morfológicas e fisiológicas nas plantas do Cerrado, mas também nos processos ecológicos, pois queimadas periódicas estimulam o rebrotamento, a ciclagem dos nutrientes e a frutificação (COUTINHO, 1982, 1990); ele é um agente valioso, pois muitas espécies dependem do fogo para reprodução e crescimento, entretanto sua alta frequência está acima do limite de suporte dos ambientes naturais, podendo ocasionar danos ainda não mensuráveis a esses ecossistemas (PRUDENTE, 2016).

Os incêndios, geralmente de origem antropogênica, afetam a distribuição de ecossistemas globais, modificando a estrutura das comunidades de vegetação e interferindo nos mecanismos de reprodução e sobrevivência das espécies (ARAÚJO et al., 2012).

Embora o fogo seja um fator importante para ambientes savânicos, pois nesses ecossistemas as espécies reagem de forma positiva a um regime de fogo natural (MYERS, 2006; SCHMIDT et al., 2016), a elevada intensidade e recorrência se tornam uma importante perturbação, gerando danos como a perda da biodiversidade, maior suscetibilidade à processos erosivos, aumento na emissão de aerossóis e de gases de efeito estufa, além dos danos ao solo com a compactação e diminuição da umidade, da biota e dos nutrientes edáficos (ROCHA et al., 2021).

A identificação e estudo das áreas proporciona informações sobre a extensão dos incêndios florestais, a localização espacial dos eventos de queimadas e a perda de vegetação, o que é importante para compreender e quantificar fenômenos pós-incêndio, como emissões de gases, erosão do solo e recuperação da cobertura vegetal (SMIRAGLIA et al., 2020).

É de grande importância a utilização de imagens de satélite para o monitoramento de áreas queimadas, já que esta técnica possui eficiência, baixo custo e agilidade na detecção e monitoramento dos incêndios florestais para controle e redução dos danos. (BATISTA, 2013)

O uso de dados derivados de sensoriamento remoto se mostra cada vez mais essencial, pois esses dados são fontes de informações acerca dos fenômenos terrestres, os quais possibilitam estudar as características espectrais dos alvos, como a cobertura dos solos, áreas agrícolas e florestais, análise temporal da paisagem, além da detecção e avaliação de áreas queimadas (SILVA et al., 2020).

Nesta perspectiva, a análise dos efeitos do fogo e identificação de áreas queimadas estão sendo produzidas por meio de índices espectrais de vegetação no Brasil e no mundo (PEREIRA et al., 2016; FERNANDES et al., 2016; LAZAJ, 2016; CHEN et al., 2016; FORNACCA et al., 2018; SILVA et al., 2019; PIO e VIEIRA, 2020; KIM et al., 2021).

Compreendendo a importância das Unidades de Conservação (UC) para a saúde dos ecossistemas, esta pesquisa tem o foco em avaliar a resiliência de diferentes formações do Cerrado diante eventos de fogo por meio da análise multitemporal do índice de vegetação NDVI - Normalized Difference Vegetation Index. Com os objetivos de:

- 1- Analisar as respostas espectrais da vegetação;
- 2- Investigar os efeitos da ocorrência do fogo nas formações do bioma;

2 . MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

O clima da região é definido como Tropical Sazonal, com duas estações bem definidas, a seca se inicia no mês de Maio e se estende até Setembro, já a chuvosa que permanece de Outubro a Abril (SANTOS, 2018). Durante o período de seca ocorrem os maiores registros de incêndios, devido às baixas umidades do ar relacionadas ao grande volume de biomassa seca influenciando na propagação e manutenção do fogo (MMA, 2011).

A região composta principalmente por latossolos, possui uma distribuição de vegetação (campestre, savânica e florestal) condicionada pela latitude, umidade do solo, frequência de queimadas, profundidade do lençol freático, pastejo e outros fatores antrópicos (RIBEIRO; WALTER, 2008).

Foram construídos quatro polígonos de aproximadamente 5 km² (2,24 x 2,24) no Distrito Federal, representando quatro tratamentos distintos: (i) SC - formação savânica controle (sem incêndios); (ii) SF - formação savânica com ocorrência de fogo; (iii) CC - formação campestre controle (sem incêndios); e (iv) CF - formação campestre com ocorrência de fogo.

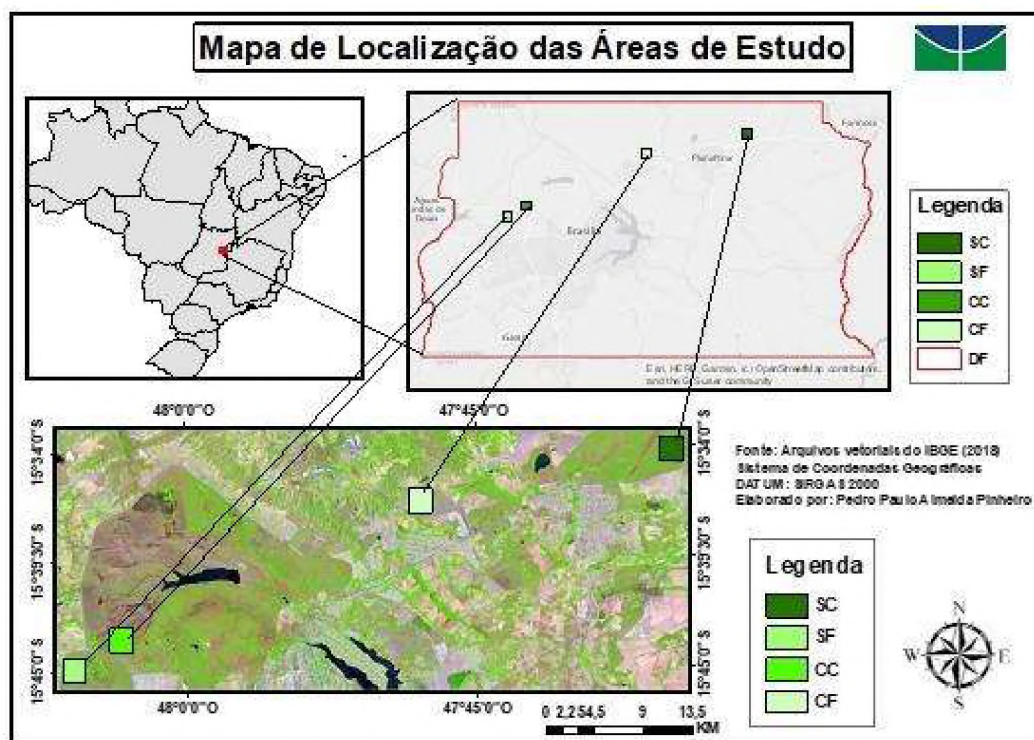


Figura 1- Mapa de localização das áreas de estudo.

Anos	Focos-SC	Focos-SF	Focos-CC	Focos-CF
2013	0	0	0	1
2014	0	10	0	4
2015	0	7	0	1
2016	0	0	0	5
2017	0	26	0	3
2018	0	0	0	0
2019	0	0	0	34
2020	0	1	0	1

Figura 2- Tabela dos focos de incêndios das áreas ao longo dos anos (informações obtidas no site: BDQueimadas-INPE)

2.2- Estatística

Através da ANOVA Two-Way e do teste post-hoc de Bonferroni, foi possível avaliar as diferenças nos valores de NDVI nos diferentes tratamentos antes e após a ocorrência de fogo. O valor de significância adotado foi de $p = 0,05$, e $IC = 95\%$.

2.3- NDVI

Um dos Índices de Vegetação (IV) mais utilizados para modelos em parâmetros biofísicos é o Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) ou Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN) proposto por Rouse et al. (1973).

Os valores de NDVI variam de -1 a 1, sendo que os que se aproximam de um correspondem à áreas de densa vegetação, áreas de solo exposto apresentam valores que se aproximam de zero e áreas de completa ausência de vegetação (água) apresentam valores negativos (MENESES; ALMEIDA, 2012).

Por meio do NDVI junto com os dados de ocorrências de incêndios no local, obtidos no site BDQueimadas, os valores encontrados de NDVI nos pontos, antes e após a ocorrência do incêndio, foram comparados para quantificar a variação de biomassa após o incêndio. A imagem NDVI antes do incêndio foi subtraída da imagem NDVI após o incêndio, gerando assim uma diferença.

O cálculo foi realizado com a fórmula: $NDVI = (NIR - Vermelho) / (NIR + Vermelho)$, em que NIR é a banda do infravermelho próximo, esta, imperceptível ao olho humano; e Vermelho é a banda do vermelho visível.

O NDVI foi realizado a partir de imagens do satélite Landsat 8 e 9 OLI/TIRS C2 L2 (30m x 30m) de 2013 a 2020, correspondentes aos meses entre fevereiro e julho (antes dos incêndios); e setembro ou outubro (após os incêndios).

Abaixo nas figuras 3 e 4, observa-se dois dos catorze mapas de NDVI, utilizados para análise deste estudo.

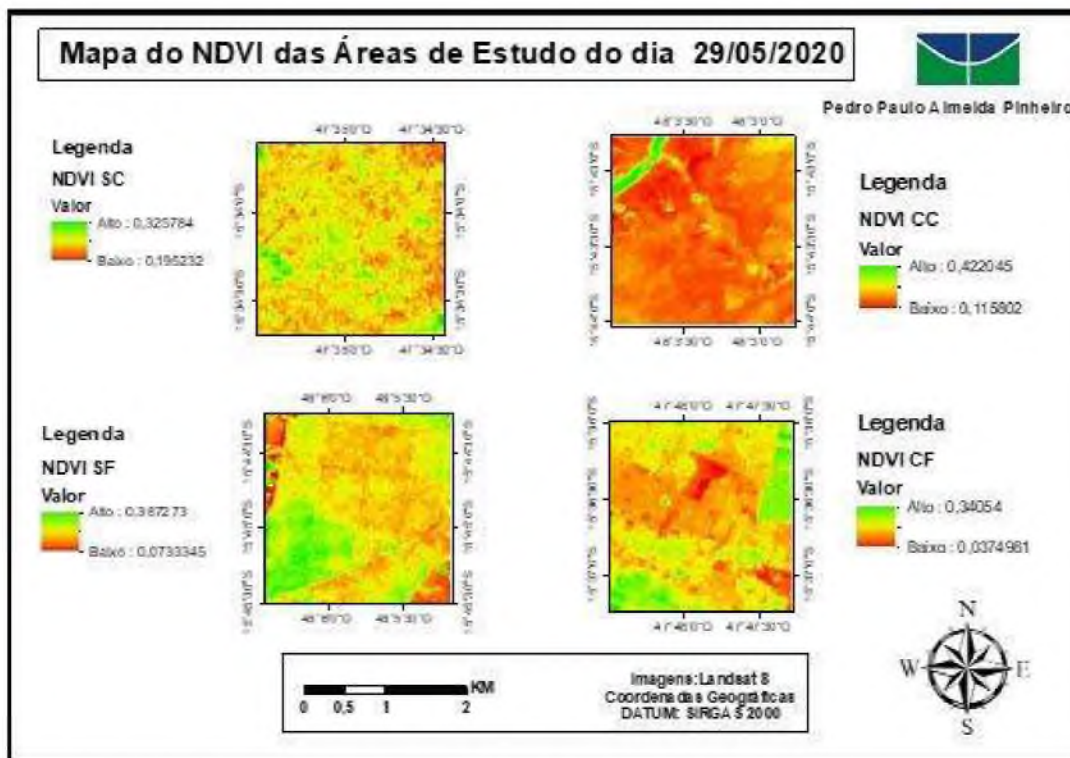


Figura 3- Mapa do NDVI das Áreas de Estudo no período pré-fogo.

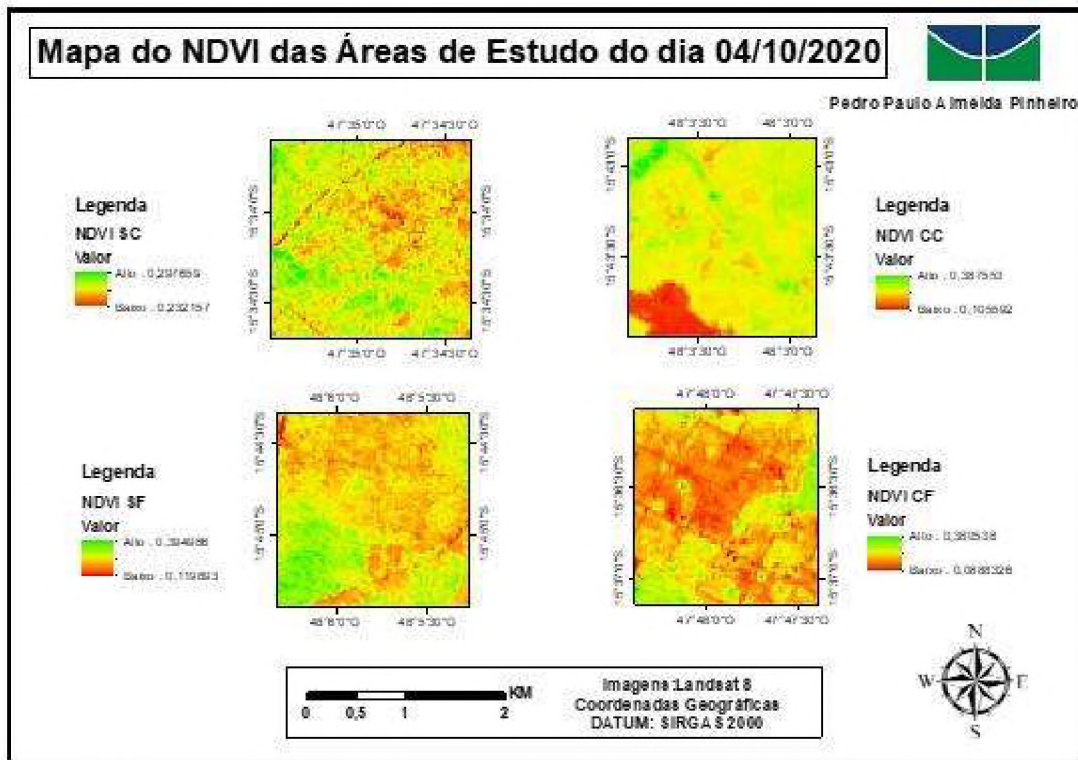


Figura 4- Mapa do NDVI das Áreas de Estudo no período pós-fogo.

3. RESULTADOS

Anos	SC	SF	CC	CF
2013-Pré	0,258113	0,244865	0,215252	0,179698
2013-Pós	0,232908	0,210143	0,161338	0,114167
2014-Pré	0,250819	0,243351	0,199294	0,17149
2014-Pós	0,256483	0,179569	0,168941	0,108256
2015-Pré	0,240464	0,218921	0,184767	0,150035
2015-Pós	0,223465	0,201014	0,164398	0,13528
2016-Pré	0,273861	0,268008	0,243222	0,214997
2016-Pós	0,222102	0,206885	0,135344	0,098132
2017-Pré	0,229283	0,222288	0,18951	0,134828
2017-Pós	0,221477	0,214047	0,181181	0,1264
2018-Pré	0,24436	0,225097	0,202308	0,156701
2018-Pós	0,238812	0,214141	0,18891	0,14489
2019-Pré	0,256184	0,24714	0,222451	0,142787
2019-Pós	0,290596	0,196163	0,174119	0,109582
2020-Pré	0,246749	0,222836	0,20737	0,153922
2020-Pós	0,243777	0,206834	0,181702	0,137774

Figura 5. Tabela de análise do NDVI nos diferentes tratamentos ao longo dos anos.

Os valores do NDVI da vegetação variaram ao longo dos anos sete anos de estudo, de 0,09 a 0,29 (Figura 5).

Em relação às formações savânicas, os valores médios de NDVI foram de $0,24 \pm 0,02$ para SC, e $0,22 \pm 0,02$ para SF.

Nas áreas de formação campestre, CC apresentou valores médios de NDVI superiores à CF ($0,19 \pm 0,03$ e $0,14 \pm 0,03$, respectivamente).

A maior variação no NDVI foi observada em CF (20,9%), seguida por CC (13,9%), SF (10,0%) e SC (7,7%).

A ANOVA Two-Way indicou diferenças significativas nos valores de NDVI entre os períodos ($F_{1,56} = 43,5$; $p < 0,0001$) e os tratamentos ($F_{3,56} = 92,9$; $p < 0,0001$), sendo que a diferença entre os tratamentos explicou 72,2% da variação dos dados.

Exceto em SC, o NDVI foi significativamente reduzido em todos os tratamentos (Figura 6b).

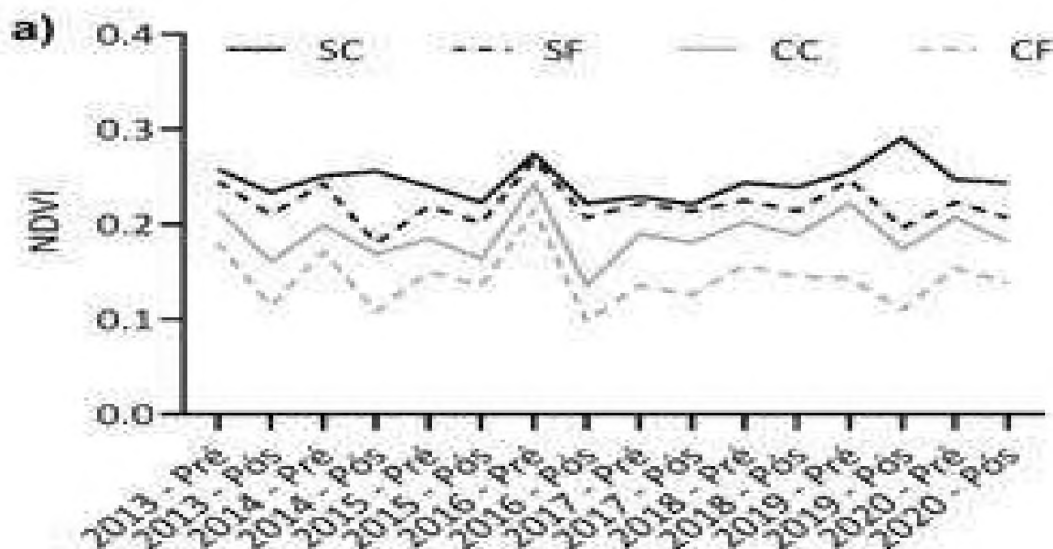


Figura 6. (a) Análise do NDVI nos diferentes tratamentos ao longo dos anos;

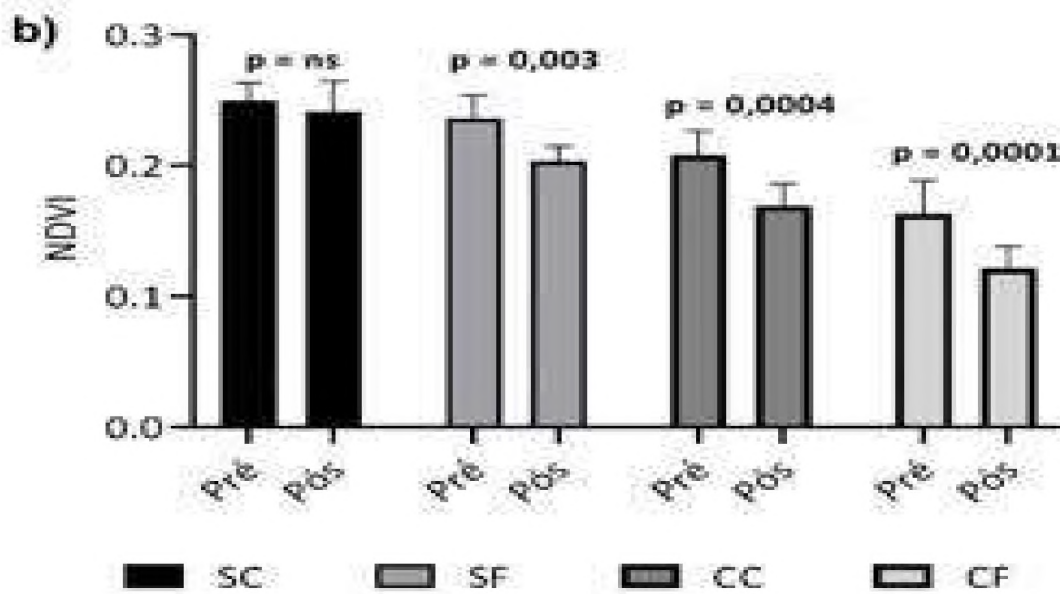


Figura 6. (b) Comparação dos valores médios do NDVI em cada tratamento nos períodos antes e após o fogo (p = não significativo, pré= período antes de incêndios e pós = período depois dos incêndios).

4. DISCUSSÃO

Estudos dos impactos do fogo e suas consequências em diferentes formações vegetais e escalas espaço-temporais são fundamentais para a compreensão da dinâmica e a conservação da vegetação nativa (GOMES et al., 2018).

Diante disso, nos resultados (Figura 6a) observou-se que a área savânica controle (SC) obteve poucas variações e a área savânica com ocorrência de fogo (SF) possuiu mais variações ao longo dos anos, podendo-se explicar que a redução de NDVI nas fitofisionomias savânicas está relacionada com o fogo; de modo que a alta ocorrência resulta em decréscimos no NDVI e a ocorrência moderada não apresenta alterações significativas.

Considerando que não houve focos de incêndios na área campestre controle, a diferença significativa entre os períodos pode ser justificada pela sazonalidade típica do Cerrado, representada por um período de estiagem entre os meses de maio a setembro.

No entanto, os resultados indicaram que as formações campestres são altamente sensíveis, com grande variabilidade nos valores de NDVI entre os anos, indicando o fato de que as fitofisionomias campestres apresentaram maior ganho de biomassa ao longo dos, principalmente devido à rápida colonização de espécies pioneiras (gramíneas) pós-distúrbio.

Foi observada na área de estudo, que apresenta elevada abundância de braquiária (*Brachiaria* spp.) e capim-gordura (*Melinis minutiflora*). Entretanto, a abundância de gramíneas e de serapilheira seca, que são altamente inflamáveis, contribui para maior intensidade do fogo e, conseqüentemente, maior perda de biomassa (SILVA et al., 2022). Além disso, a elevada intensidade de fogo favorece a homogeneidade de espécies e o estabelecimento de gramíneas exóticas invasoras (GOMES et al., 2018);

De acordo com Souza e Vale (2019) apontam que as características da vegetação podem interferir na velocidade de propagação do fogo, pois o tipo de combustível pode potencializá-lo ou retardá-lo, uma vez que as fitofisionomias apresentam diferentes quantidades, composição e consumo do material combustível (SCHMIDT et al., 2018).

Nesse sentido, a maior recorrência e extensão da área queimada na vegetação savânica pode estar relacionada com a propensão ao fogo devido à existência de árvores e arbustos dispersos sobre um estrato herbáceo (RIBEIRO e WALTER, 2008; SCHMIDT et al., 2018).

A análise deste estudo se relaciona com o que Schmidt et al. (2018) explicam que a capacidade regenerativa das espécies florestais é diferente, uma vez que estas são sensíveis aos efeitos do fogo, pois se submetidas à mesma frequência de queima das espécies adaptadas, a vegetação florestal pode sofrer transformações estruturais com a diminuição da densidade e da biomassa arbórea (DURIGAN et al., 2020).

Conseqüentemente, nas fitofisionomias campestres o suporte à queimadas é maior, conseguindo recuperar a biomassa, transparecendo isso por meio dos valores de NDVI.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a pesquisa realizada, conclui-se que o método de análise do NDVI apresenta ser eficaz para analisar a capacidade de resiliência das fitofisionomias do Cerrado após a incidência de fogo, pois minimiza fatores discrepantes que podem subestimar ou superestimar os resultados de NDVI, principalmente em ambientes onde as condições climáticas variam expressivamente, como no caso do Cerrado, que possui elevada sazonalidade, marcada por dois períodos muito distintos, seca intensa ou precipitação frequente.

Dessa maneira, os estudos de impacto do fogo no Cerrado e as suas consequências nos diferentes tipos de vegetação são indispensáveis para as políticas governamentais e métodos capazes de nortear procedimentos aos órgãos ambientais competentes e aos profissionais que utilizam o fogo, com o objetivo de controlar ou evitar incêndios com um manejo de forma mais eficiente nas diferentes áreas de vegetação do Cerrado.

Nesse sentido, a análise da região, junto com a ocorrência da vegetação e do fogo, foi importante para o reconhecimento dos processos físicos que determinam as características da vegetação e que influenciam na capacidade de resiliência ao fogo ou ainda a sua predisposição a queimadas.

Portanto, o método indicou, principalmente, que a ocorrência de fogo recorrente em fitofisionomias savânicas podem afetar a recuperação dessa vegetação, mesmo que possua recorrência menor que nas fitofisionomias campestres, o que pode alterar a estrutura da vegetação e interferir na disponibilidade dos recursos naturais desses ecossistemas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, F. M.; FERREIRA, L. G.; ARANTES, A. E. **Distribution patterns of burned areas in the Brazilian biomes: an analysis based on satellite data for the 2002-2010 period.** *Remote Sensing*, Basel, v. 4, n. 7, p. 1929-1946, 2012. DOI: <https://dx.doi.org/103390/rs4071929>

BATISTA, A. C. **Detecção de incêndios florestais por satélites**; Paraná, 2013. Disponível em: <http://www.floresta.ufpr.br/firelab/wp-content/uploads/2013/09/artigo16.pdf>

BORGES, K. M. R.; OROZCO FILHO, J. C.; COAN, G. P. O.; VASCONCELOS. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento como Subsídio ao Manejo do Fogo e ao Combate aos Incêndios Florestais em Unidades de Conservação Federais. **Revista Biodiversidade Brasileira**, v. 11, n. 2, p. 168-178, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v11i2.1685>.

CHEN, W.; MORIYA, K.; SAKAI, T.; KOYAMA, L.; CAO, C. X. **Mapping a burned forest area from Landsat TM data by multiple methods.** *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, v. 7, n. 1, p. 384-402. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/19475705.2014.925982>.

COUTINHO, L.M.1980. **As Queimadas e seu Papel Ecológico.** *Brasil Florestal*, 44: 7-23.

COUTINHO, L.M. 1982. **Ecological effects of fire in Brazilian Cerrado.** In: Huntley, B. J. & Walker, B. H. (eds). *ecology of tropical savannas.* Springer Verlag.273-291

COUTINHO, L.M. 1990. **Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado.** In: Goldammer, J.G. (ed.). *Fire in the tropical biota – ecosystem process and global challenges*, p 82-105. Springer-Verlag, Berlin.

DURIGAN, G. 2020. **Zero-fire: not possible nor desirable in the Cerrado of Brazil.** *Flora.* Disponível em: [Zero-fire: Not possible nor desirable in the Cerrado of Brazil - ScienceDirect](https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.152222)

FERNANDES, A. C. G.; COUTINHO, M. A. N.; SANTOS, V. G.; NASCIMENTO, C. R. **Utilização de intervalos de índices de vegetação e temperatura da superfície para detecção de queimadas.** Caderno de Ciências Agrárias, [S.l.] v. 8, n. 2, p. 30-40, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/ccaufmg/article/view/2845>.

FORNACCA, D.; REN, G.; XIAO, W. **Evaluating the Best Spectral Indices for the Detection of Burn Scars at Several Post-Fire Dates in a Mountainous Region of Northwest Yunnan, China.** Remote Sensing, v. 10, ed. 8: 1196, p. 1-21, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs10081196>.

GOMES, L., MIRANDA, H.S., BUSTAMANTE, M.M.C. (2018). **How can we advance the knowledge on the behavior and effects of fire in the Cerrado biome?.** Forest Ecology and Management, 417, pp. 281-290.

GOTTSBERGER G. e SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. 2006. **Life in the cerrado: a south American tropical seasonal ecosystem.** Reta Verlag.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2022) **BDQueimadas - Programa queimadas.** Disponível em: <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas>

KIM, Y.; JEONG, M.-H.; YOUM, M.; KIM, J.; KIM, J. **Recovery of Forest Vegetation in a Burnt Area in the Republic of Korea: A Perspective Based on Sentinel-2 Data.** Applied Sciences, v. 11(6) n. 2570, p. 1-16, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app11062570>.

LAZAJ, L. **Burnt areas detection and mapping using vegetation indices.** Remote Sensing, p. 1-7, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11125.78560>.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. (Org.). **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília: Unb, 2012. p. 1-266. Disponível em: <http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano de ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas: cerrado**. Brasília: MMA, 2011. 200 p.

MYERS, R. L. **Convivendo com o Fogo: Manutenção dos Ecossistemas e Subsistência com o Manejo Integrado do Fogo**. The Nature Conservancy: Tallahassee. Tradução Margaret Batalha. 2006.

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**: Rio de Janeiro, v. 68, n. 8, p.1665-1680, 2016. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44386>.

PIO, F. P. B.; VIEIRA, E. M. Determinação das Áreas Atingidas por Queimadas em Bacias Hidrográficas por meio do Índice De Queimada (NBR), Estudo de Caso da Bacia do Rio Piracicaba-MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.l.], v. 13, n. 1, p. 87-101, fev. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.1.p087-101>.

PRUDENTE, T. D. **Risco integrado de incêndio florestal em áreas de Cerrado: contribuições metodológicas**. 2016. 130f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016. Disponível em: [RiscoIntegradoIncendio.pdf \(ufu.br\)](#)

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado**. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Brasília, Embrapa Cerrados, p. 87-166, 2008.

ROCHA, M. I. S.; NASCIMENTO, D. T. F. Distribuição espaço-temporal das queimadas no bioma Cerrado (1999/2018) e sua ocorrência conforme os diferentes tipos de cobertura e uso do solo. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.l.], v. 14, n. 3, p. 1220-1235, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/244925>.

ROUSE, J.W. et al. **Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS**. In: Earth Resources Tecnology Satellite- 1 Symposium,3, 1973. Proceedings. Washington, 1973, v.1, Sec. A, p. 309-317.

SCHMIDT, I. B.; FONSECA, C. B.; FERREIRA, M. C.; SATO M. N. Experiências Internacionais de Manejo Integrado do Fogo em Áreas Protegidas – Recomendações para Implementação de Manejo Integrado de Fogo no Cerrado. **Revista Biodiversidade Brasileira**, v. 6, n.2, p.41-54, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v%25vi%25i.586>.

SCHMIDT, I. B.; MOURA, L. C.; FERREIRA, M. C.; ELOY, L.; SAMPAIO, A. B.; DIAS, P. A.; BERLINK, C. N. **Fire management in the Brazilian savanna: First steps and the way forward**. *Journal of Applied Ecology*, 55: p. 2094–2101, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13118>.

SILVA, F. C. S.; PINHEIRO, F. R.; SOUZA, I.V.; DUARTE, V. B. R.; SILVA, M. V. C. DA; 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, maio 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v8n1.silva>.

SILVA, F. S.; PESTANA, A. L. M.; MARTINS, L. S. Sensoriamento Remoto Para Detecção de Queimadas no Cerrado Maranhense: Uma Aplicação no Parque Estadual do Mirador. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 13, n. 2, p. 90-195, 2019. Disponível em: <https://revista.ufrb.br/rga/article/view/5759>.

SILVA, F.G.R., SANTOS, A.R., FIEDLER, N.C.,..., MARINHO, F.G. (2022). **Geotechnology Applied to Analysis of Vegetation Dynamics and Occurrence of Forest Fires on Indigenous Lands in Cerrado-Amazonia Ecotone.** Sustainability, 14(11), 6919.

SMIRAGLIA, G; FILIPPONI, F; MANDRONE, S; TORNATO, A; TARAMELLI, A. **Agreement Index for Burned Area Mapping: Integration of Multiple Spectral Indices Using Sentinel-2 Satellite Images.** Remote Sensing, 2020.

SOUZA, M. A.; VALE, A. T. **Levantamento de plantas de baixa inflamabilidade em áreas queimadas de Cerrado no Distrito Federal e análise das suas propriedades físicas.** Ciência Florestal, Santa Maria, v. 29, n. 1, p. 181-192, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509822416>.