



NDVI COMO FERRAMENTA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DE CERRADO APÓS INCÊNDIOS

Guilherme Honório Fernández¹
Renata Evangelista de Oliveira²
Adriana Cavalieri Sais³

Uso de tecnologia para monitoramento ambiental

Resumo

Nesse estudo, foi investigada a capacidade do *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) em detectar a recuperação da vegetação em área de cerrado degradada por incêndios. O cerrado é considerado um *hotspot* por abrigar diversidade imensa de flora e fauna, além de estar localizado sobre aquíferos importantes. Nos últimos 40 anos do século XX, o cerrado paulista sofreu intensa degradação e substituição por culturas agrícolas, principalmente a cana de açúcar e, apesar da sua imensa importância, ainda é pouco protegido. Nos anos de 2020 e 2021, a Estação Ecológica de Jataí, maior Unidade de Conservação do cerrado paulista, e a Estação Experimental de Luiz Antônio passaram por graves incêndios, vulnerabilizando ainda mais suas fitofisionomias de cerrado e a fauna associada. O sensoriamento remoto pode ser utilizado no monitoramento ambiental, por sua capacidade de economia em tempo e recursos, e o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) ganha destaque no monitoramento de vegetação. Foram selecionadas para o estudo imagens anteriores aos incêndios e após, bem como uma no mesmo período do ano de 2023. Através da avaliação da cobertura da área ao longo das diferentes faixas de NDVI, foi possível detectar queda na qualidade da vegetação após o primeiro incêndio, o que foi agravado no segundo, bem como a recuperação de cobertura vegetal após dois anos sem incêndios. Dessa forma, o NDVI mostrou-se eficaz para monitoramento ambiental da recuperação de áreas de cerrado degradadas por incêndio, embora estudos sejam necessários para avaliar a estrutura e riqueza da vegetação que agora ocupa o espaço.

Palavras-chave: Áreas degradadas; Unidades de conservação; Cerrado paulista; Sensoriamento remoto; Fogo.

¹Graduando em Ciências Biológicas. Universidade Federal de São Carlos – Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Desenvolvimento Rural, guilhermefernandez@estudante.ufscar.br.

² Prof. Dra. Universidade Federal de São Carlos – Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Desenvolvimento Rural, reolivei@ufscar.br.

³ Profa. Dra. Universidade Federal de São Carlos – Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Desenvolvimento Rural, acsais@ufscar.br

REALIZAÇÃO



INTRODUÇÃO

O cerrado, considerado um *hotspot* de conservação (MYERS *et al.*, 2000), ocupa em torno de 25% do território brasileiro (MMA, 2009), e passou de 14%, de cobertura original para menos de 1% no Estado de São Paulo, (DURIGAN; FRANCO; SIQUEIRA, 2004), sendo que 90% desta perda ocorreu nos últimos 40 anos do séc. XX (RODRIGUES *et al.*, 2008). No Brasil apenas 7,44% dessas áreas estão protegidas em Unidades de Conservação (UCs), e menos de 3% delas são de proteção integral (MMA, 2009). A Estação Ecológica de Jataí (EEJ) é a maior UC do cerrado paulista, fazendo fronteira com a Estação Experimental de Luiz Antônio (EExLA), tendo ambas passado por episódios graves de incêndio nos anos de 2020 e 2021.

O sensoriamento remoto tem ganho papel central em diversas análises nos últimos anos, como variação climática, de vegetação e queimadas (PARENTE *et al.*, 2019), representando importante ferramenta para monitoramento ambiental, com a realização de séries temporais de uma mesma região (AGUIAR, 2022). Dentre as técnicas desenvolvidas para aprimorar a análise, o Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) fornece informações que vão desde a vigorosidade da planta até sua completa ausência, sendo um índice amplamente utilizado (HUANG *et al.*, 2020; PARENTE *et al.*, 2019), viabilizando o monitoramento ambiental da vegetação.

Objetivou-se com esse trabalho a aplicação do sensoriamento remoto, utilizando o NDVI, para monitoramento de indicadores de vigor de vegetação (FERREIRA; HUETE, 2004; HUANG *et al.*, 2020) nas áreas degradadas por incêndios na maior Unidade de Conservação do cerrado paulista.

METODOLOGIA

Após incêndios várias alterações ocorrem na superfície, devido ao consumo da vegetação pelo fogo, aumentando a região visível no espectro eletromagnético e diminuindo a região infravermelha próxima no sensoriamento. O NDVI (índice de diferença normalizada da vegetação) é capaz de demonstrar essas alterações, combinando a banda vermelha (R) e near infrared (NIR) (ESCUIN; NAVARRO; FERNÁNDEZ, 2007), e auxiliar no entendimento da severidade do fogo na EEJ e na

REALIZAÇÃO



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

EExLA. O cálculo segue a seguinte razão: $NDVI = \frac{(NIR-R)}{(NIR+R)}$. As imagens orbitais utilizadas foram obtidas do satélite CBERS 4A WPM, com resolução de 2 m na banda pancromática e 8 m na multiespectral. As imagens selecionadas são de 24/08 e 24/09 de 2020, 31/07 e 31/08 de 2021 e 09/08 de 2023 (períodos antes e após o incêndio, e período mais recente, atentando-se para cobertura de nuvens e variação sazonal da vegetação de cerrado (FERREIRA; HUETE, 2004). Para o processamento de imagens foi utilizado o sistema de Informação Geográfica QGIS. Valores de NDVI inferiores a 0 são atribuídos a corpos d'água, concreto, entre outros. Os valores superiores a 0 são atribuídos a plantações, árvores, tipos de vegetação (plantações, árvores, etc), denotando maior vigor vegetal quanto mais próximo a 1 (HUANG *et al.*, 2020). O contorno da EEJ foi obtido através do Portal de Dados Abertos do Ministério do Meio Ambiente (2024 e o da EExLA fornecido pela gestão da própria unidade, sendo posteriormente analisados em conjunto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A diferença entre o período anterior e posterior às queimadas é notável na Figura 1. No primeiro período (24/08/2020 e 24/09/2020), nota-se que a região Leste, basicamente a EExLA inteira e grande parte da EEJ, foram afetadas e, portanto, os valores de NDVI decaíram para valores próximos de 0. No incêndio seguinte, que afetou basicamente área complementar, a vegetação partiu de uma prevalência de NDVI mais próxima a 0, indicando que a vegetação não havia se recuperado significativamente entre um ano e outro, com piora ainda maior nos indicadores de vegetação (FERREIRA; HUETE, 2004; HUANG *et al.*, 2020).

Em agosto de 2020, 70,4% da área possuía índice acima de 0,4, enquanto após o incêndio esse percentual caiu para 38,5% (pouco mais da metade). No ano seguinte, em 2021, apenas 12,07% da área possuía NDVI acima de 0,4, percentual que decaiu ainda mais após o incêndio, para 8,2%.

REALIZAÇÃO



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

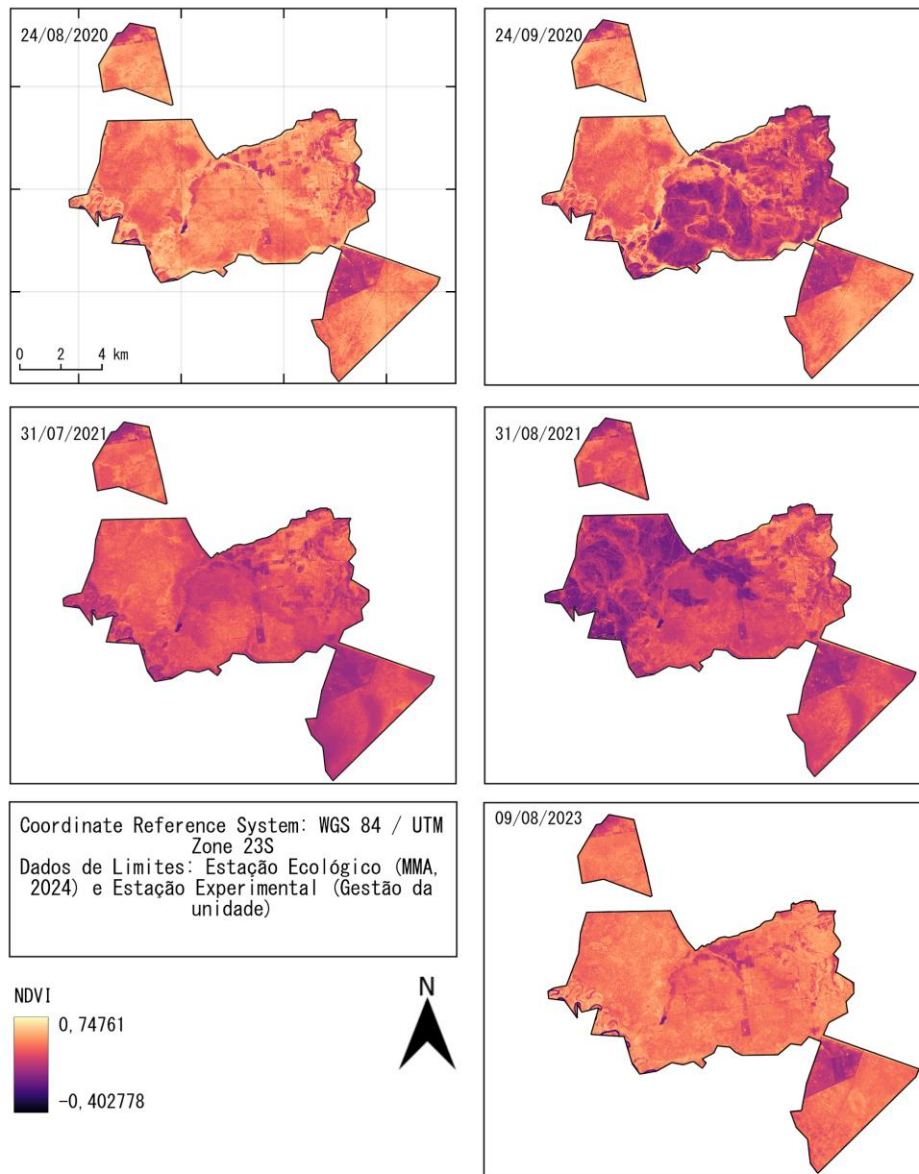


Figura 2 – Variação da ocupação de faixas de NDVI para cada período estudado. Fonte: elaboração própria.

Após esse período, até 2024, não houve mais incêndios registrados nas áreas. Na Figura 2 nota-se melhora significativa na data 09/08/2023, passados 2 anos do incêndio anterior, com 89,06% da área ocupando a faixa de NDVI acima de 0,4. Foi possível avaliar então recuperação na ocupação de índices maiores de NDVI na área dois anos após o incêndio, indicando uma recuperação da vegetação (HUANG *et al.*, 2020). Contudo, serão necessários novos estudos para avaliar em que medida essa

REALIZAÇÃO



recuperação se deu realmente pela vegetação nativa do cerrado paulista ou por ocupação das áreas por gramíneas exóticas (a partir de pastagens), dado o atual uso do solo nas áreas estudadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do NDVI para monitoramento da recuperação de indicadores de vegetação por sensoriamento remoto mostrou-se eficaz, sendo uma técnica que economiza tempo e recursos financeiros, e capaz de refletir a evolução na vegetação em áreas degradadas após incêndios, como os que ocorreram recentemente no estado de São Paulo. O cerrado tem um longo histórico de ocupação por gramíneas exóticas, e isso pode refletir no conteúdo vegetacional após incêndios, significando que não necessariamente foram recuperadas as características de estrutura e riqueza da vegetação anteriores, típicas do cerrado paulista, como se poderia esperar. Assim, apesar da eficácia do método utilizado em registrar as alterações aqui descritas, faz-se necessário a utilização e desenvolvimento de diferentes técnicas para monitoramento *in loco* da vegetação dentro dessas áreas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Florestal do Estado de São Paulo e à equipe das Estação Ecológica de Jataí e Estação Experimental de Luiz Antônio pelo apoio no desenvolvimento da pesquisa. Agradecem ainda ao CNPq pela bolsa concedida ao primeiro autor (Bolsa PIBIC, PUICT UFSCar).

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Nathalia Virgínia Veloso. Uso do histórico, presente e contexto da paisagem na discriminação de florestas jovens em restauração ativa e regeneração natural. 2022. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2022.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. 2009. Relatório técnico de monitoramento do desmatamento no Bioma Cerrado, 2002 a 2008: Dados revisados. Disponível em:

REALIZAÇÃO



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=72&idConteudo=7422&idMenu=7508>. Acesso em: 19 jul. 2023.

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Portal de Dados Abertos. 2024. Disponível em: <https://dados.mma.gov.br/dataset/unidadesdeconservacao>. Acesso em: 21 jun. 2024.

DURIGAN, Giselda; FRANCO, Geraldo; SIQUEIRA, Marinez. A vegetação dos remanescentes de cerrado no estado de São Paulo. In: BITENCOURT, Marisa Dantas; MENDONÇA, Renata Ramos (org.). Viabilidade de Conservação dos Remanescentes de Cerrado. São Paulo: Annablume, 2004. p. 29-56.

ESCUIN, S.; NAVARRO, R.; FERNÁNDEZ, P.. Fire severity assessment by using NBR (Normalized Burn Ratio) and NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) derived from LANDSAT TM/ETM images. **International Journal Of Remote Sensing**, [S.L.], v. 29, n. 4, p. 1053-1073, 21 dez. 2007.

FERREIRA, L. G.; HUETE, A. R.. Assessing the seasonal dynamics of the Brazilian Cerrado vegetation through the use of spectral vegetation indices. **International Journal Of Remote Sensing**, [S.L.], v. 25, n. 10, p. 1837-1860, maio 2004. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/0143116031000101530>.

HUANG, Sha; TANG, Lina; HUPY, Joseph P.; WANG, Yang; SHAO, Guofan. A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing. *Journal Of Forestry Research*, [S.L.], v. 32, n. 1, p. 1-6, 31 maio 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11676-020-01155-1>.

MYERS, Norman; MITTERMEIER, Russell A.; MITTERMEIER, Cristina G.; FONSECA, Gustavo A. B. da; KENT, Jennifer. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, [S.L.], v. 403, n. 6772, p. 853-858, fev. 2000. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/35002501>. Acesso em: 18 jul. 2023.

RODRIGUES, R. R; JOLY, C. A; BRITO, M. C. W; PAESE, A; METZGER, J. P; CASATTI, L; NALON, M. A; MENEZES, N; IVANAUSKA, N. M; BOLZANI, V; BONONI, V. L. R. Diretrizes para conservação e restauração da biodiversidade do Estado de São Paulo. Governo do Estado de São Paulo, 2008. p. 44-55.

REALIZAÇÃO