

15º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2024

Análise estatística temporal de área de queimada utilizando índice de vegetação com imagens orbitais de média resolução espacial

MATEUS F. ROBERTO¹, CLODOALDO S. FARIA JUNIOR², JOÃO D. A. S. PEREIRA³, JOSÉ G. M. S. DECANINI⁴.

¹Graduando em Engenharia Elétrica, Bolsista PIBIC, Campus Presidente Epitácio, mateus.roberto@aluno.ifsp.edu.br.

²Mestrando em Ciências Cartográficas, UNESP, Campus Presidente Prudente, clodoaldo.souza@unesp.br.

³Docente – IFSP – Campus Presidente Epitácio, joao.pereira@ifsp.edu.br.

⁴Docente – IFSP – Campus Presidente Epitácio, guilhermedecanini@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 1.07.02.06-7 Sensoriamento Remoto

RESUMO: Este artigo tem como objetivo avaliar estatisticamente a variação temporal do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) em uma área afetada por queimadas. A pesquisa foi realizada na Terra Indígena (TI) Pimentel Barbosa, localizada no estado do Mato Grosso. Utilizou-se o sensor OLI do satélite Landsat 8 e imagens orbitais obtidas por sensoriamento remoto, cobrindo o período de setembro de 2015 a julho de 2017. As imagens foram processadas na plataforma Google Colab para calcular o NDVI de cada cena. Um critério de aquisição foi estabelecido para garantir intervalos de no máximo três meses entre as cenas, devido à influência atmosférica de nuvens de precipitação, que podem afetar a qualidade das imagens. Além da análise do índice NDVI, foi utilizado o método estatístico *Complementary Cumulative Distribution Function* (CCDF) para determinar a probabilidade de ocorrência de diferentes níveis de densidade de vegetação em diferentes períodos de pré-queimada, durante a queimada e após a queimada. Os resultados mostram que o uso de imagens de sensoriamento remoto e índices estatísticos podem ser uma ferramenta eficaz para monitorar o comportamento do índice de vegetação e compreender as mudanças nas áreas afetadas por queimadas.

PALAVRAS-CHAVE: Queimada, NDVI, CCDF.

Temporal statistical analysis of burn area using vegetation index with medium spatial resolution orbital images

ABSTRACT: The aim of this article is to statistically evaluate the temporal variation of the normalized difference vegetation index (NDVI) in an area affected by fires. The research was carried out in the Pimentel Barbosa Indigenous Land (TI), located in the state of Mato Grosso. The OLI sensor of the Landsat 8 satellite and orbital images obtained by remote sensing were used, covering the period from September 2015 to July 2017. The images were processed on the Google Colab platform to calculate the NDVI for each scene. An acquisition criterion was established to ensure intervals of no more than three months between scenes, due to the atmospheric influence of precipitation clouds, which can affect the quality of the images. In addition to analyzing the NDVI index, the *Complementary Cumulative Distribution Function* (CCDF) statistical method was used to determine

the probability of occurrence of different levels of vegetation density in different periods of pre-burning, during burning and after burning. The results show that the use of remote sensing images and statistical indices can be an effective tool for monitoring vegetation index behavior and understanding changes in areas affected by fires.

KEYWORDS: Burning, NDVI, CCDF.

INTRODUÇÃO

De acordo com Bittencourt, Morelli, Júnior e Santos (2020), entre janeiro e dezembro de 2019, o Brasil registrou mais de 197 mil pontos de focos de queimadas em seus 851 milhões de hectares de extensão territorial, o que representa um aumento de 48% em relação ao ano anterior. Nesse contexto, é fundamental monitorar e compreender os eventos de incêndios para entender sua interação com os processos ecológicos e os efeitos das ações humanas (Alvez; Pérez-Cabello, 2017).

O uso de imagens orbitais obtidas por sensoriamento remoto e métodos de extração, como o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI, do inglês *Normalized Difference Vegetation Index*), tem se mostrado eficaz em análises em larga escala. Esse método facilita o monitoramento ambiental, planejamento urbano e gestão dos recursos naturais com maior precisão e custos operacionais reduzidos. Evangelides e Nobajas (2020) avaliaram a recuperação da vegetação após incêndios utilizando o NDVI, enquanto Gemitzi e Koutsias (2021) aplicaram o NDVI para estudar a fenologia em regiões impactadas por queimadas. Recentemente, Liu et al. (2023) demonstraram que o NDVI é superior a outros índices para identificar áreas queimadas, especialmente em locais áridos.

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma avaliação temporal do índice NDVI, utilizando sua média, no período de setembro de 2015 até julho de 2017. A pesquisa foi conduzida em uma TI (Terra Indígena) chamada Pimentel Barbosa, localizada no Mato Grosso, uma região conhecida pela forte incidência de queimadas. Além disso, foi realizada uma análise estatística de probabilidade para classificar a ocorrência de diferentes níveis de densidade de vegetação nos períodos de pré-queimada, queimada e pós-queimada.

MATERIAL E MÉTODOS

Para este estudo, foram utilizadas imagens de sensoriamento remoto obtidas pelo sensor OLI, disponível no satélite Landsat 8, adquiridas através do serviço gratuito *Earth Explorer*. A localização geográfica da área em análise está ilustrada na Figura 1. O satélite Landsat 8 tem uma resolução espectral de 11 bandas, das quais 9 são capturadas pelo sensor OLI e 2 pelo *Thermal Infrared Sensor* (TIRS), que não será abordado neste trabalho. A resolução é de 30 metros para a maioria das bandas, exceto para a banda 8 (pancromática), que tem uma resolução espacial de 15 metros. Além disso, o tempo de revisita desse satélite é de 16 dias.

As cenas foram coletadas de setembro de 2015 a julho de 2017 para avaliar o comportamento da vegetação durante esse período, considerando a ocorrência de uma queimada na região de Pimentel Barbosa. Após a coleta, as imagens foram pré-processadas através da plataforma *Google Colab*, e os índices NDVI de cada cena foram calculados. É importante destacar que, para a aquisição das imagens orbitais, foi adotado um intervalo máximo de 3 meses, devido à influência atmosférica de nuvens de precipitação, que podem impactar significativamente a qualidade das cenas.

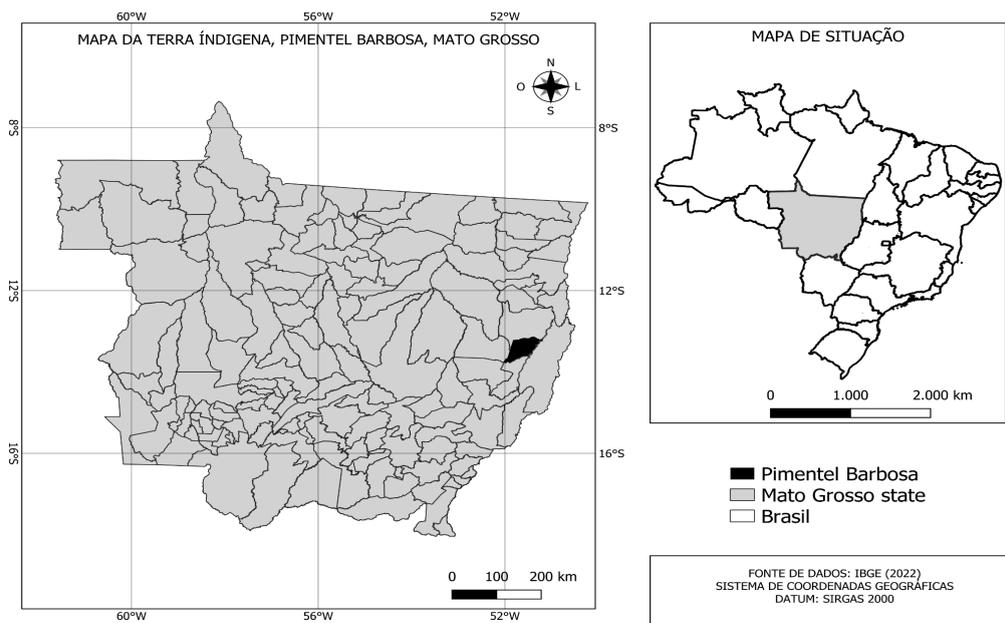


FIGURA 1. Mapas de situação e da área de estudo analisada.

Após a obtenção dos índices NDVI para cada cena e data analisada, foi calculado a média do índice para o período, resultando em uma série temporal. Com essa série temporal, foi possível analisar o comportamento da vegetação durante o período de estudo. Em seguida, foram geradas curvas CCDF (*Complementary Cumulative Distribution Function*) para analisar estatisticamente os índices NDVI. Utilizando as faixas de índice NDVI apresentadas por Akbar *et al.* (2019), descritas na Tabela 1, foi possível interpretar e determinar a probabilidade de ocorrência das classes de cobertura da terra com base na curva CCDF.

TABELA 1. Faixas NDVI identificadas para as para as classes de cobertura da terra.

| Classe | Intervalo NDVI |
|----------------------|----------------|
| Água | -0,28–0,015 |
| Construção | 0,015–0,14 |
| Terra árida | 0,14–0,18 |
| Arbustos e pastagens | 0,18–0,27 |
| Vegetação rasteira | 0,27–0,36 |
| Vegetação densa | 0,36–0,74 |

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira análise, foi observada a média do índice NDVI de setembro de 2015 a julho de 2017, conforme apresentado na Figura 2. Notou-se uma tendência de aumento nos valores de NDVI entre setembro de 2015 a março de 2016, indicando uma recuperação da vegetação durante esse período. No entanto, a partir de março de 2016, a tendência da curva do índice NDVI mudou, com um aumento significativo na magnitude da taxa de decaimento entre julho de 2016 e setembro de 2016, período que coincidiu com a queima. Após esse decaimento, o NDVI começou a se recuperar novamente até maio de 2017, quando apresentou um novo declínio.

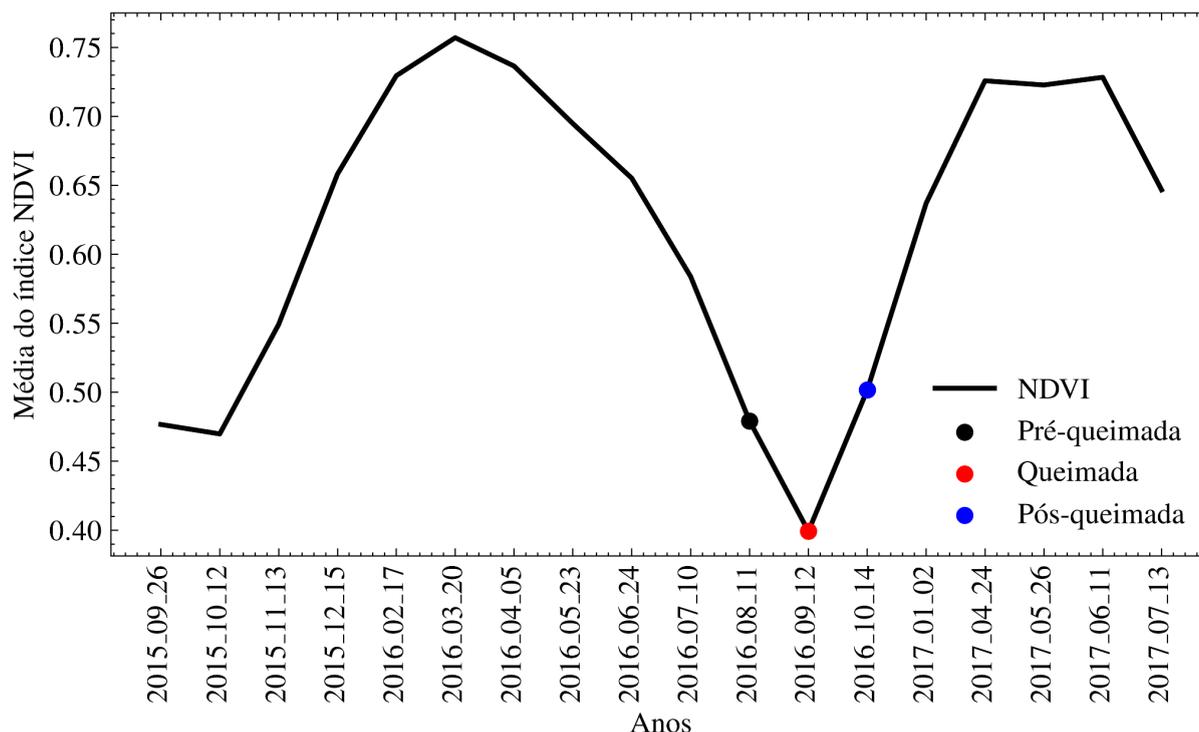


FIGURA 2. Série temporal da média do índice NDVI para a área de Pimentel Barbosa MT.

Após determinar o período de queima, conforme apresentado na Figura 2, foram geradas as curvas CCDF para os períodos de pré-queima, queima e pós-queima, conforme mostrado na Figura 3. De acordo com as faixas adequadas de índice NDVI apresentados na Tabela 1, observou-se que a curva pré-queima indica uma probabilidade de ocorrência de índices NDVI correspondentes à vegetação rasteira variando de 80,65% a 51,66% e de 51,66% a 16,05% para a vegetação densa. Durante o período de queima, essa probabilidade diminui para 36% a 25,89% para a vegetação rasteira e 25,89% a 17,67% para a vegetação densa. Na curva pós-queima, a probabilidade de vegetação rasteira variou de 92,61% a 34,47% , enquanto a vegetação densa variou de 34,47% a 17,24%.

Portanto, durante o período de queimada, a probabilidade de valores de NDVI indicativos de vegetação rasteira e vegetação densa diminui drasticamente em comparação com os períodos de queimada e pré-queimada, confirmando que os incêndios nessa época afetaram significativamente a densidade da vegetação na região. A alta probabilidade de vegetação rasteira observada na curva pré-queimada sugere que a vegetação da região está em fase de recuperação.

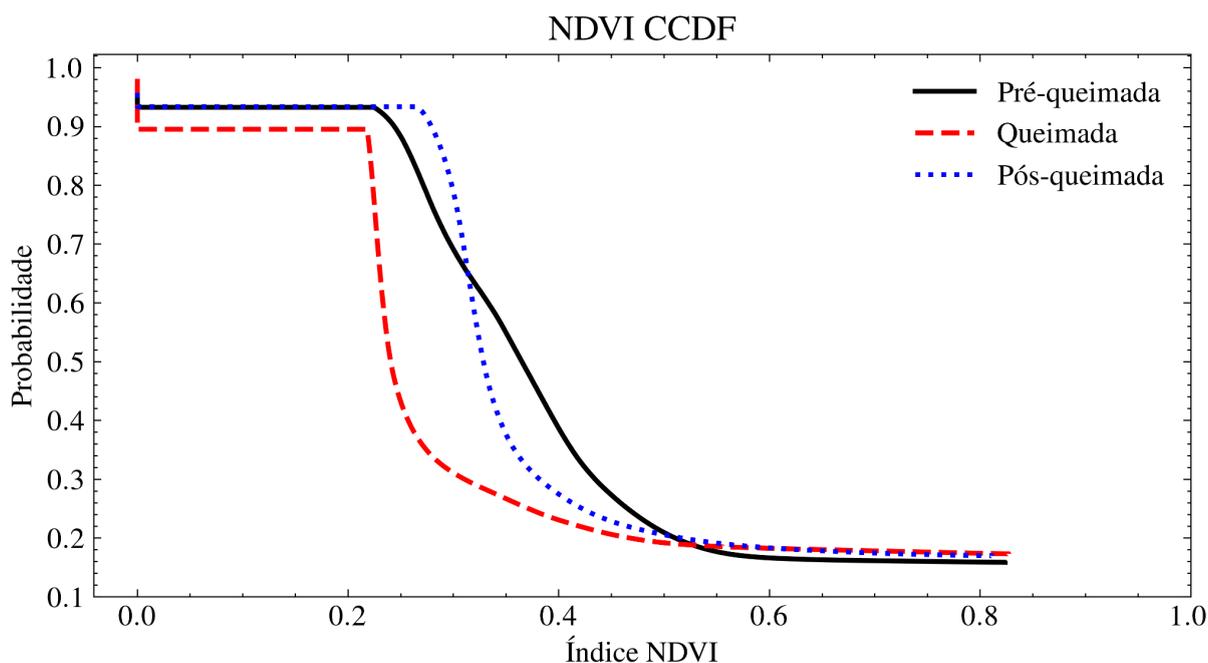


FIGURA 3. Curva CCDF do índice NDVI nos períodos de pré-queima, queima e pós-queima.

CONCLUSÕES

Este estudo utilizou cenas obtidas do sensor OLI do satélite Landsat 8 para monitorar a dinâmica da vegetação através do índice NDVI. A análise temporal das imagens, coletadas entre setembro de 2015 e julho de 2017 e processadas na plataforma Google Colab, revelou padrões significativos da saúde da vegetação da área de estudo. Observou-se uma tendência de recuperação da vegetação de setembro de 2015 a março de 2016, seguida por um declínio acentuado até setembro de 2016, período associado a eventos de queima. Após esse declínio, houve uma recuperação até maio de 2017, antes de uma nova queda.

A análise das curvas CCDF dos dados de NDVI permitiu estabelecer a probabilidade de ocorrência das faixas NDVI identificadas para as classes de cobertura da terra estabelecidas por Akbar et al. (2019). Os resultados indicam que o NDVI é um indicador confiável para identificar períodos críticos de alteração na cobertura vegetal, como os observados durante os eventos de queima. Além disso, a análise dos padrões no momento da queima e pré-queima sugerem que esses estudos podem auxiliar no desenvolvimento de métodos para predição de queimadas.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

M.F.R e C.S.F.J contribuíram com a curadoria e análise dos dados, bem como a metodologia e a pesquisa. J.D.A.S.P, J.G.M.S.D e M.F.R. participaram da supervisão e revisão. Todos autores contribuíram ativamente para a revisão do trabalho e aprovaram a versão final submetida.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) projeto número 147824/2023-0. Os autores também agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - Campus Presidente Epitácio.

REFERÊNCIAS

AKBAR, T. A.; HASSAN, Q. K.; ISHAQ, S.; BATOOL, M.; BUTT, H. J.; JABBAR, H. Investigative Spatial Distribution and Modelling of Existing and Future Urban Land Changes and Its Impact on Urbanization and Economy. *Remote Sensing*, 11(2), 105, 2019

ALVES, D. B.; PÉREZ-CABELLO, F. Multiple remote sensing data sources to assess spatio temporal patterns of fire incidence over Campos Amazônicos Savanna Vegetation Enclave (Brazilian Amazon). *Science of the Total Environment*, Amsterdam, v. 601-602, p. 142-158, 2017.

BITTENCOURT, O. O.; MORELLI, F.; JÚNIOR, S.; CÍCERO, A.; SANTOS, R. An Approach to Classify Burned Areas Using Few Previously Validated Samples. *Computational Science And Its Applications – ICCSA2020*, [S.L.], p. 239-254, 2020. Springer International Publishing.

EVANGELIDES, C.; NOBAJAS, A. Red-Edge Normalised Difference Vegetation Index (NDVI705) from Sentinel-2 imagery to assess post-fire regeneration. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, v. 17, p. 100283, jan. 2020.

GEMITZI, A.; KOUTSIAS, N. Assessment of properties of vegetation phenology in fire-affected areas from 2000 to 2015 in the Peloponnese, Greece. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, v. 23, p. 100535, ago. 2021.

LIU, Wenjie; GUAN, Huade; HESP, Patrick A; BATELAAN, O. Remote sensing delineation of wildfire spatial extents and post-fire recovery along a semi-arid climate gradient. *Ecological informatics*, v. 78, p. 102304–102304, 2023.