

ÍNDICES ESPECTRAIS NDVI E NBR NA DETECÇÃO DE ÁREA QUEIMADA

MARIA TATIANE FERREIRA BENTO¹, MATHEUS ROCHA SILVA², MARIA EDUARDA RAMOS AMORIM³, JONATHAN GONÇALVES FERNANDES⁴, VINÍCIUS BITENCOURT CAMPOS CALOU⁵

¹ Curso de Bacharelado em Engenharia Agrícola, Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Estado do Ceará (IFCE)- campus Iguatu. Rodovia Iguatu / Várzea Alegre, Km 05, s/n, Vila Cajazeiras, CEP: 63503-790 Fone: (85) 3455-3037, Iguatu-CE, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4885-758X> tatiane.ferreira09@aluno.ifce.edu.br

² Curso de Bacharelado em Engenharia Agrícola, Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Estado do Ceará (IFCE)- campus Iguatu. Rodovia Iguatu / Várzea Alegre, Km 05, s/n, Vila Cajazeiras, CEP: 63503-790 Fone: (85) 3455-3037, Iguatu-CE, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1917-4655>, matheus.rocha10@aluno.ifce.edu.br

³ Curso de Bacharelado em Engenharia Agrícola, Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Estado do Ceará (IFCE)- campus Iguatu. Rodovia Iguatu / Várzea Alegre, Km 05, s/n, Vila Cajazeiras, CEP: 63503-790 Fone: (85) 3455-3037, Iguatu-CE, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9680-143X>, eduarda.ramos09@aluno.ifce.edu.br

⁴ Curso de Bacharelado em Engenharia Agrícola, Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Estado do Ceará (IFCE)- campus Iguatu. Rodovia Iguatu / Várzea Alegre, Km 05, s/n, Vila Cajazeiras, CEP: 63503-790 Fone: (85) 3455-3037, Iguatu-CE, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4475-2461>, jonata.fernandes05@aluno.ifce.edu.br

⁵ Departamento de engenharia agrícola, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Iguatu. Rodovia Iguatu / Várzea Alegre, km 05, s/n, Vila Cajazeiras, CEP: 63503-790 Fone: (85) 3455-3037 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8396-8054> vinicius.calou@ifce.edu.br

RESUMO: A Caatinga é um bioma brasileiro de 734.000 km², que é constantemente ameaçado pela ação antrópica. Neste cenário, o presente estudo avaliou a eficácia dos índices espectrais NDVI e NBR na identificação de cicatrizes de incêndio em uma área de 11.620,5 ha⁻¹ no município de Icó, Ceará. Foram utilizadas imagens do satélite Landsat-8, sensor OLI, para análise antes e depois da ocorrência do incêndio. Os índices NDVI e NBR foram calculados e comparados para determinar sua assertividade em detectar áreas atingidas pelo fogo. Os resultados indicaram que o índice NBR demonstrou uma maior precisão na identificação de áreas afetadas pelo fogo, fornecendo uma visualização clara e detalhada das regiões queimadas.

Palavras-chaves: Caatinga, sensoriamento remoto, cicatrizes de incêndio.

NDVI AND NBR SPECTRAL INDICES FOR DETECTING BURNT AREAS

ABSTRACT: The Caatinga is a Brazilian biome of 734,000 km² that is constantly threatened by human action. In this scenario, the present study evaluated the effectiveness of the NDVI and NBR spectral indices in identifying fire scars in an area of 11,620.5 ha in the municipality of Icó, Ceará. Images from the Landsat-8 satellite and the OLI sensor were used for analysis before and after the fire occurred. The NDVI and NBR indices were calculated and compared to determine their accuracy in detecting areas affected by fires. The results indicated that the NBR index demonstrated greater accuracy in identifying areas affected by fire, providing a clear and detailed visualization of the burned regions.

Keywords: Caatinga, remote sensing, fire scars.

1 INTRODUÇÃO

O bioma Caatinga está integralmente situado no Brasil e abrange uma extensão de 734.000 km² (Souza; Artigas; Lima, 2015). É caracterizado por elevadas temperaturas, solos

com limitada intemperização, baixa retenção de água, precipitação anual inferior a 800mm, chuvas concentradas e torrenciais, frequentes secas, alta evapotranspiração e reduzida produção de fitomassa (Nascimento, 2015). Esses eventos de estiagens extremas,

juntamente com práticas de queimada para manejo de pastagens e fortes ventanias, aceleram a propagação de incêndios (Lima, 2013; Aragão *et al.*, 2007)

O sensoriamento remoto, neste contexto, se revela uma ferramenta valiosa para avaliar a severidade desses incêndios, evidenciando alterações na resposta espectral das áreas afetadas. Assim como destaca Santos, Franca-Rocha e Bento-Gonçalves (2016), o índice espectral de queimada por razão normalizada (*Normalized Burn Ratio - NBR*), pode auxiliar na identificação de áreas queimadas a partir de imagens de satélite, realizando a classificação dessas áreas, visto que, a vegetação queimada tem comportamento espectral diferente da vegetação sadia. Da mesma forma, o índice de vegetação por diferença normalizada (*Normalize Difference Vegetation Index - NDVI*) consiste em uma

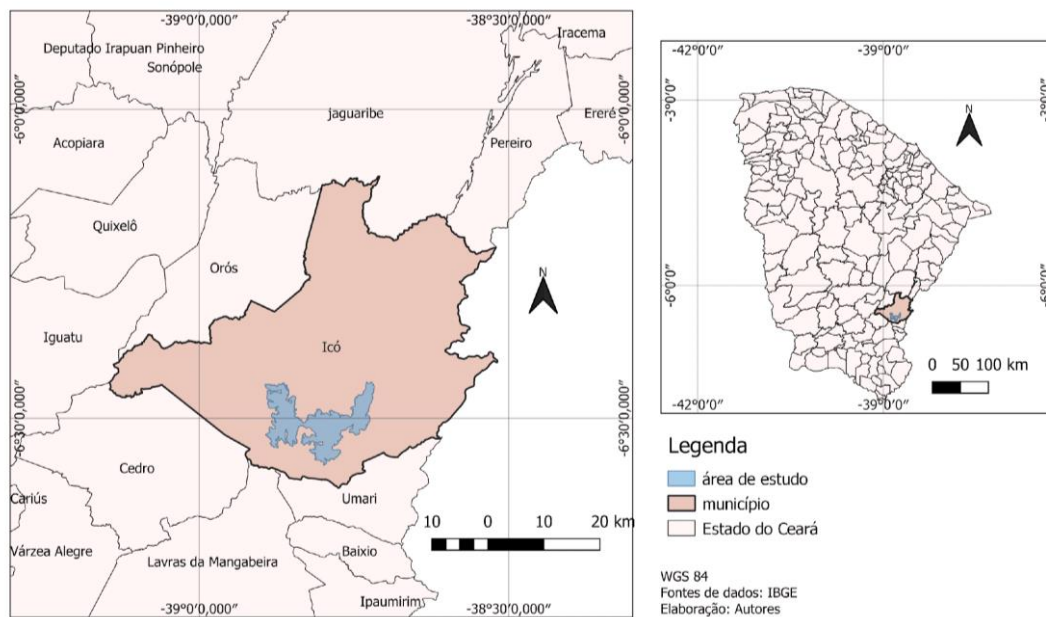
operação de divisão que diferencia os pixels que contém vegetação sadia e vegetação não sadia.

Visto isso, esse trabalho objetiva comparar a eficácia dos índices NDVI e NBR na análise do impacto ocasionado por um incêndio em setembro de 2023 na região de Icó, Ceará.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa desenvolveu-se no município de Icó, situado na região Centro-Sul do estado do Ceará, com as coordenadas geográficas posicionadas em 6°32'36" de latitude Sul e 38°51'16" de longitude Oeste. A região é marcada por um clima semiárido e está imersa no bioma Caatinga, o foco específico de estudo foi uma área que corresponde à 11.620,62 h⁻¹, conforme Figura 1.

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo



Para a realização deste estudo foram utilizadas duas imagens do satélite Landsat-8, sensor OLI (*Operational Land Imager*), através do banco de dados do Serviço Geológico dos Estados Unidos (*United States Geological Survey - USGS*). As datas referem-se à 09/09/2023 e 24/10/2023 (antes e depois do incêndio ocorrido no dia 28/09/2024).

Foram calculados dois índices espectrais, quais sejam NBR e NDVI (Equação

1 e 2, respectivamente). O mapeamento das áreas queimadas por meio do NBR foi desenvolvido a partir do conhecimento do comportamento da resposta espectral de áreas queimadas nas regiões do infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas.

$$NBR = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR) \quad (1)$$

Em que: NIR- banda 5, banda do infravermelho próximo (*near infrared*) e SWIR é a banda do infravermelho de ondas curtas (*short-wave infrared*), banda 7 do Landsat-8.

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) \quad (2)$$

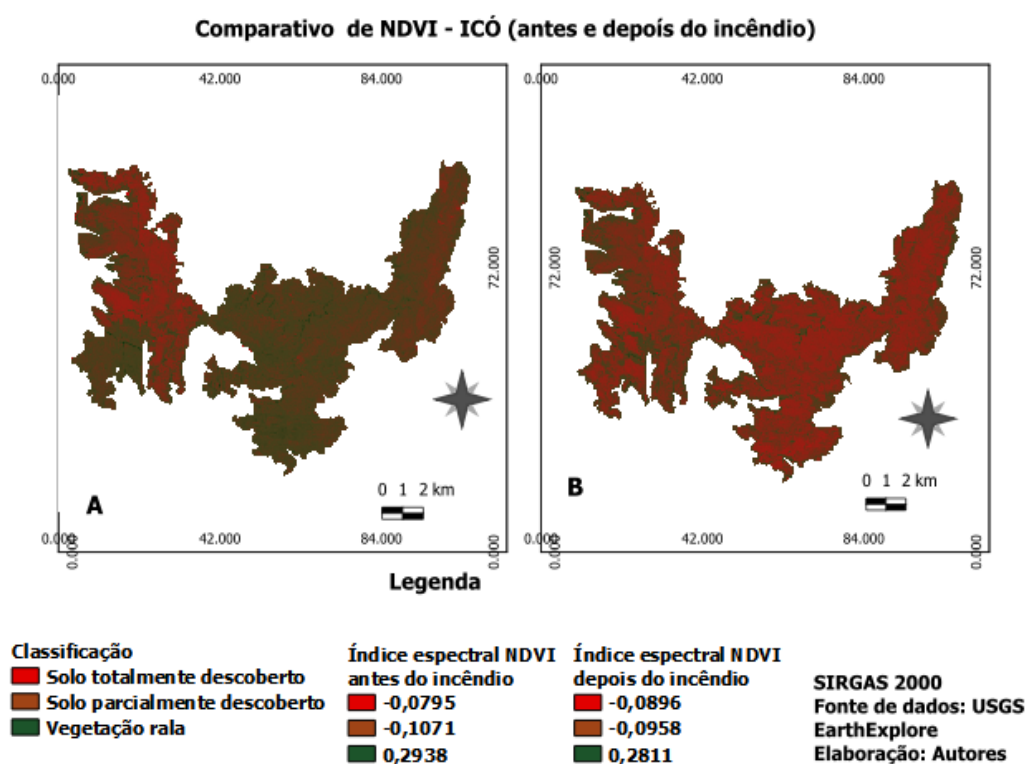
Em que: NIR - banda 5, banda do infravermelho próximo (*near infrared*) e RED - (*red*) é a banda do vermelho, banda 4.

O cálculo do NDVI permitiu a caracterização da área queimada, servindo como um parâmetro de comparação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas figuras 2A e 2B são apresentados mapas gerados a partir do NDVI, ilustrando o tamanho do impacto do incêndio ocorrido. Observam-se nas figuras áreas caracterizadas por valores de NDVI próximos a 1 (um), indicativos de vegetação densa, bem como valores negativos ou próximos a 0 que indicam áreas onde há pouca ou nenhuma atividade de clorofila, como no caso de áreas afetadas por incêndios. (Santos *et al.*, 2018).

Figura 2. NDVI calculado para área do incêndio com imagens do sensor OLI do Landsat 8 (A) imagens do dia 09 de setembro de 2023; (B) imagens do dia 24 de outubro de 2023.



Ao analisar o mapa gerado a partir do NDVI, nota-se que a imagem após o incêndio apresenta maior concentração de pixels com valores mais próximos de -1. Esse fato pode ser explicado devido a maior parte da radiação recebida pela vegetação e captada pela banda 4 (banda vermelha do sensor OLI, 640 a 670 nm) ser absorvida pelos pigmentos fotossintéticos presentes nas folhas, principalmente a clorofila. Como o incêndio ocasiona uma incineração parcial ou total da biomassa vegetal presente na

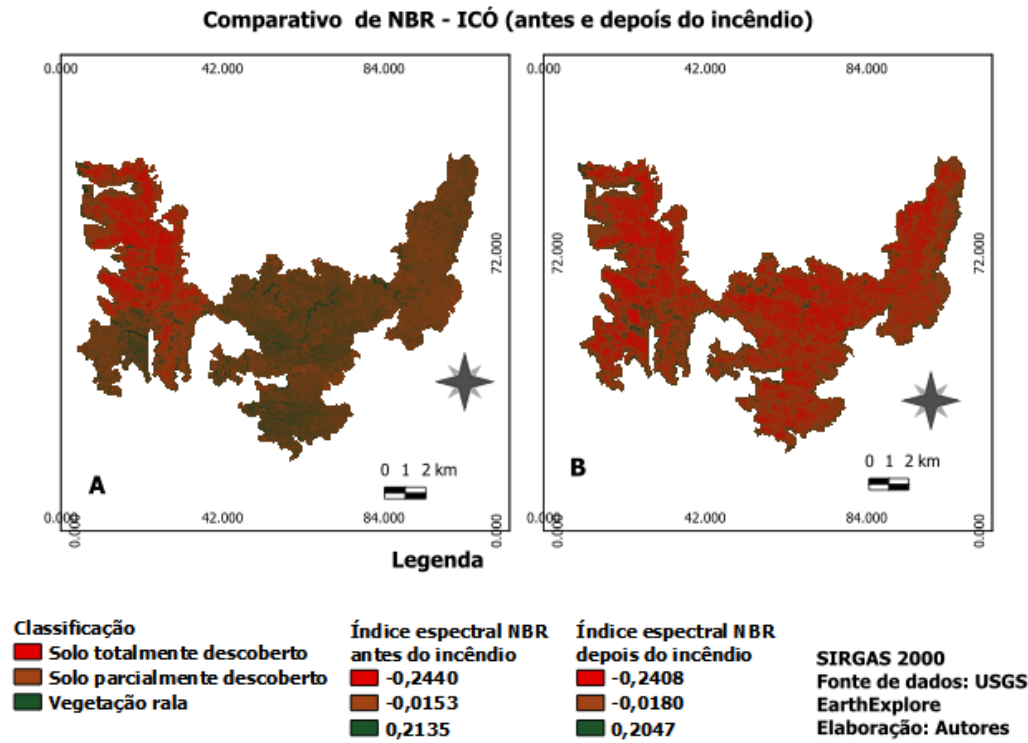
área, as frequências de ondas que normalmente seriam absorvidas pela clorofila, agora são refletidas e captadas pelo sensor OLI do satélite.

Assim, as variações nos valores de NDVI refletem diferenças na cobertura vegetal, as quais estão intrinsecamente relacionadas à presença e à disponibilidade de recursos naturais essenciais para o desenvolvimento vegetativo, conforme discutido por Gurgel, Ferreira e Luiz (2003).

Logo, nas figuras 3A e 3B são apresentados os mapas gerados a partir do NBR (antes e depois do incêndio, respectivamente), são observadas áreas com valores negativos de

NBR, no entanto bem próximos a zero. Vale ressaltar que a área de estudo já havia sido acometida pelo fogo antes do incêndio e parte do solo já estava descoberto.

Figura 3. NBR calculado para área do incêndio com imagens do sensor OLI do Landsat 8 (A) imagens do dia 09 de setembro de 2023; (B) imagens do dia 24 de outubro de 2023.



Key e Benson (2006) destacam que o índice NBR utiliza a reflectância nas faixas de 850 a 880nm (banda 5 do sensor OLI) para identificar vegetação saudável, que apresenta resposta positiva neste intervalo espectral. Em contraste, a banda 7 do mesmo sensor, que capta outra faixa espectral, é eficaz em detectar vegetação comprometida, usualmente marcada por uma redução significativa de clorofila, um indicador comum em áreas de vegetação queimada, conforme observado por Santos *et al.* (2016).

No contexto da imagem NBR, valores negativos indicam predominância da

reflectância da banda 7 sobre a banda 5, sinalizando estresse hídrico ou incêndios, enquanto valores positivos refletem a supremacia da banda 5, denotando vegetação saudável. Valores próximos a zero revelam reflectâncias similares entre as bandas, típico de áreas com solo exposto, facilitando a detecção de áreas queimadas pelo contraste visível. Ao comparar as duas imagens NBR. Essa diferença de valores entre as bandas permite a quantificação da área queimada tanto antes quanto depois do incêndio, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Quantificação da área queimada antes e depois do incêndio utilizando o índice NBR e NDVI.

Classe	Antes do incêndio (NBR ha)	Depois do Incêndio (NBR ha)	Antes do incêndio (NDVI ha)	Depois do incêndio (NDVI ha)
Solo Totalmente descoberto	2.430,5	8.211,7	1.298,3	7.119,4
Solo Parcialmente descoberto	9.119,7	3.364,1	10.255,1	4.447,3
Vegetação Rala	52,3	26,7	49	35,8
Total				11.602,5

A análise dos índices espectrais estudados permitiu identificar diferentes áreas de queimadas, sendo recomendável a validação da precisão com base em dados de campo para ambos os índices. Estudos similares, como o de Pereira *et al.* (2015), ao avaliar uma série de índices espectrais, incluindo o NDVI e o NBR, com o propósito de comparar sua eficácia e avaliar a severidade das queimadas, concluíram que o NBR é o índice com melhor capacidade para diferenciar áreas queimadas de outros alvos. Portanto, recomendam o uso desse índice para o mapeamento de áreas afetadas pelo fogo.

4 CONCLUSÕES

A partir dos índices NDVI e NBR, foi possível detectar, classificar e mapear a área acometida por incêndio de grandes proporções ocorrido no município de Icó, Ceará. O estudo demonstrou que é possível utilizar os índices para mensurar os danos causados pelo incêndio, servindo de base para tomadas de decisões de autoridades competentes.

5 REFERÊNCIAS

ARAGÃO, L. E. O. C.; MALHI, Y.; ROMAN-CUESTA, R. M.; SAATCHI, S.; ANDERSON, L. O.; SHIMABUKURO, Y. E. Spatial patterns and fire response of recent Amazonian droughts. **Geophysical Research Letters**, Washington, DC, v. 34, n. 7, article L07701, p. 1-5, 2007. Disponível em:

<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1029/2006GL028946>. Acesso em: 10 out. 2023.

GURGEL, H. C.; FERREIRA, N. J.; LUIZ, A. J. B. Estudo da variabilidade do NDVI sobre o Brasil, utilizando-se a análise de agrupamentos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 85-90, jan. 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/9PgwxjRfwtBPTQT6qkZFP/>. Acesso em: 10 out. 2023.

KEY, C. H.; BENSON, N. C. **Landscape assessment: Sampling and analysis methods**. Ogden: USDA, 2006. (Forest Service General Technical Report RMRS-GTR-164-CD). Disponível em: https://www.fs.usda.gov/rm/pubs_series/rmrs/gtr/rmrs_gtr164/rmrs_gtr164_13_land_assess.pdf. Acesso em: 10 out. 2023.

LIMA, A. **Influência da cobertura da terra na extensão e configuração espacial de áreas queimadas em anos de seca extrema na Amazônia Oriental**. 2013. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2013.

NASCIMENTO, F. R. Os semiáridos e a desertificação no Brasil. **REDE**, Fortaleza, v. 9, n. 2, p. 7-26, 2015.

PEREIRA, A. A.; CARVALHO, L. M. T.; LIBONATI, R.; ACERBI JÚNIOR, F. W.; MORELLI, F. Avaliação de nove índices espectrais quanto à separabilidade entre queimadas e outros alvos. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., 2015, João Pessoa. **Anais [...]**. São José dos Campos: INPE, 2015. p. 3105-3112. Disponível em: <http://dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0619.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2024.

SANTOS, S. M. B.; FRANCA-ROCHA, W. J. S.; BENTO-GONÇALVES, A. J. Quantificação e análise dos focos de calor no Parque Nacional da Chapada Diamantina e sua zona de amortecimento. *In*: SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DE GEOGRAFIA

FÍSICA, 9.; SEMINÁRIO ÍBERO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 5., 2016, Guimarães. **Anais [...]**. Guimarães: Universidade do Minho, 2016. p. 1355-1366.

SANTOS, J. F. C.; SOUZA, C. M.; ALMEIDA, C. M.; ROSA, R. R.; ANDERSON, L. O.; ARAGÃO, L. E. O. C. Potentials and limitations of remote fire monitoring in protected areas. **Science of the Total Environment**, Amsterdã, v. 616/617, p. 1347-135, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.182>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969717328930?via%3Dihub>. Acesso em: 18 fev. 2024.

SOUZA, B. I.; ARTIGAS, R. C.; LIMA, E. R. V. Caatinga e desertificação. **Mercator**, Fortaleza, v. 14, n. 1, p. 131-150, 2015.