

# AVALIAÇÃO DE ÍNDICES ESPECTRAIS PARA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS QUEIMADAS NO CERRADO UTILIZANDO DADOS SENTINEL 2

Ana Clara Alves de Melo<sup>1</sup>, Patrick Thomaz de Aquino Martins<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Goiás, Av. Universitária, esq. R. Nagib Simão, S/Nº Setor Nordeste, Formosa-GO e aanaclara\_alves@hotmail.com; patrick.martins@ueg.br;

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar os índices espectrais NDVI, EVI, MIRBI, NBR e dNBR quanto à delimitação de cicatrizes de incêndios em uma Unidade de Conservação do Cerrado. A área de estudo corresponde ao Parque Nacional de Brasília. Para o cálculo dos índices espectrais utilizou-se imagens do satélite Sentinel 2, com resolução espacial de 10 metros. O dNBR e o EVI foram os índices que melhor identificaram as áreas de queimadas, distinguindo-as do corpo hídrico, e os que mais se aproximaram da realidade. O uso de índices espectrais, baseados em imagens sentinel 2, com destaque ao dNBR e ao EVI, se mostraram eficiente à delimitação de cicatrizes de incêndio, se tornando mais uma alternativa ao estudo deste tipo de fenômeno. A adição de variáveis que podem influenciar nos resultados dos índices poderá tornar a aplicação destes mais robusta e confiável.

**Palavras-chave** — dNBR, EVI, MIRBI, NBR, NDVI.

## ABSTRACT

*The objective of this work was to evaluate the spectral indices NDVI, EVI, MIRBI, NBR and dNBR for the delimitation of burn scars in a Conservation Unit of the Cerrado. The study area corresponds to the National Park of Brasília. For the calculation of the spectral indices were used images of the satellite Sentinel 2, with has spatial resolution of 10 meters. The dNBR and EVI were the indices that best identified the burn areas, distinguishing them from the water, and those that came closest to reality. The spectral indexes, based on sentinel 2 images, with emphasis on dNBR and EVI, proved to be efficient in the delineation of fire scars, becoming another alternative to the study of this type of phenomenon. Adding variables that can influence index results may make their application more robust and reliable.*

**Key words** — dNBR, EVI, MIRBI, NBR, NDVI.

## 1. INTRODUÇÃO

As mudanças no uso e cobertura uso da terra estão fortemente relacionadas com as mudanças do clima, mudanças na integridade da biosfera, alterações no ciclo biogeoquímico do

fósforo e do nitrogênio e uso da água doce [1]. Destaca-se, ainda, que os desmatamentos e as queimadas são uns dos principais responsáveis por alterações na cobertura da superfície terrestre e geram diversas consequências, como a perda de fertilidade dos solos, má qualidade do ar, o comprometimento da biodiversidade e a emissão de gases traços e aerossóis para a atmosfera [2,3].

O regime de incêndios pode ser caracterizado pelo grau de alteração no ambiente, que vai depender da intensidade, da duração, da frequência e da vulnerabilidade da área afetada pelos incêndios [4].

As Unidades de Conservação (UCs) no país, em especial no Cerrado, vem se intensificando anualmente pela ocorrência de incêndios [5]. Por possuir a finalidade de conservação e preservação da natureza, são importantes estudos sobre às alterações na biodiversidade do Cerrado, causadas pelo fogo em áreas especialmente protegidas [5, 6].

Destaca-se que as mudanças do uso e cobertura da terra, assim como áreas queimadas, podem ser detectadas a partir de dados obtidos por satélites, pois apresentam resposta espectral específica [2,6,7], possibilitando a caracterização e a discriminação das cicatrizes de incêndios de outros alvos [7]. Os índices espectrais são um método simples para o mapeamento das cicatrizes de incêndio, sendo amplamente utilizada por diversos autores [2].

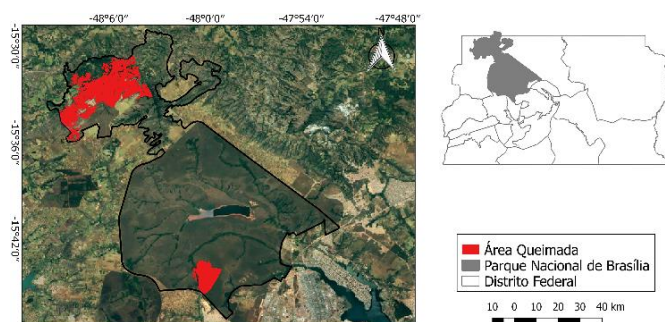
No entanto, ainda existem lacunas a serem preenchidas em relação ao regime do fogo em Unidades de Conservação do Cerrado. Além disso, o uso de novos satélites, tais como o Sentinel-2 e o CBERS-4 (quinto satélite do Programa Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres), sensores, a exemplo do Lidar, e plataformas, tal qual o Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), são pouco explorados no mapeamento, avaliação e monitoramento do fogo em UCs do Cerrado.

Desta forma, este trabalho teve como objetivo utilizar os índices espectrais NDVI, EVI, MIRBI, NBR e dNBR gerados a partir de imagens do satélite Sentinel 2 para caracterizar a ocorrência de cicatrizes de incêndio em uma UC do Cerrado.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo corresponde ao Parque Nacional de Brasília, situado na porção noroeste do Distrito Federal, a cerca de 10 km do centro de Brasília (Figura 1). O Parque foi criado em 29 de novembro de 1961, possui uma área de 42.389,01 hectares e abrange as regiões administrativas de Brasília-DF,

Sobradinho-DF e Brazlândia-DF, além do município goiano de Padre Bernardo [8].



**Figura 1. Localização da área de estudo e identificação da área queimada**

O clima é típico da região, apresentando inverno seco e frio e verão úmido e quente [9]. O Parque pertence, geologicamente, ao Grupo Paranoá [10], os solos são predominantes Latossolos-Vermelho Escuro e Vermelho-Amarelo, Cambissolos, solos hidromórficos e areia quartzosa [11]. Situa-se entre o divisor de águas das bacias do rio Tocantins-Araguaia e Paraná, sendo responsável pelo abastecimento de água de uma parte da população do Distrito Federal. A fitofisionomia predominante é o cerrado sentido restrito.

Como área piloto, foi utilizado um incêndio que iniciou em 30 de agosto de 2017 e foi controlado em 03 de setembro de 2017. Estima-se que cerca de 4505 ha do Parque sofreu com as consequências das queimadas (Figura 1) [12].

A partir da obtenção, por *download*, no site <https://earthexplorer.usgs.gov/> [13], de uma imagem do satélite sentinel-2 correspondente ao dia subsequente ao incêndio, datada de 05/09/2017, foram calculados os índices espectrais apresentados na Tabela 1.

Antes dos cálculos, os quais foram realizados no aplicativo QGIS, a imagem foi previamente pré-processada, no programa SNAP, buscando-se corrigir os efeitos atmosféricos sobre a mesma. No aplicativo ArcGIS, as imagens foram reclassificadas em três classes, seguindo os parâmetros apresentados na Tabela 2.

**Tabela 1. Índices espectrais utilizados**

Índices Espectrais	Acrônimo	Equação	Referência
Normalized Burn Ratio	NBR	$(B8-B12) / (B8+B12)$	14
Differenced Normalized Burn Ratio	dNBR	predNBR - postNBR	14
Mid-Infrared Burn Index	MIRBI	$(10*B12) - (9.8*B11)+2$	15

Índices Espectrais	Acrônimo	Equação	Referência
Normalized Difference Vegetation Index	NDVI	$(B8 - B4) / (B8 + B4)$	16
Enhanced Vegetation Index	EVI	$(B8-B4) / [B8 + (6*B4) - (7.5*B2) + 1]$	17

\*Continuação da tabela 1

### 3. RESULTADOS

Embora alguns índices possam valores a serem considerados à identificação das cicatrizes, a Tabela 2 apresenta os limiares que melhor se adequaram à identificação das cicatrizes na área estudada.

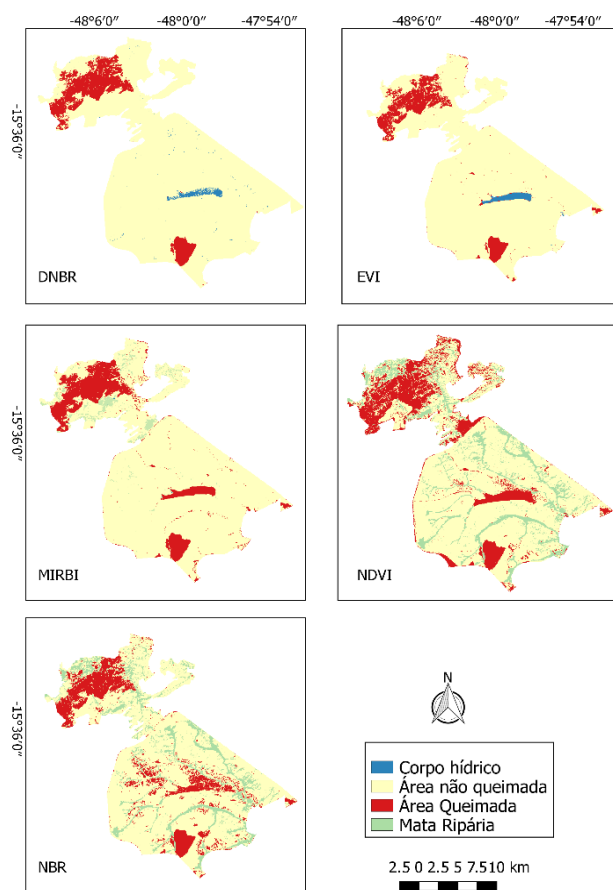
**Tabela 2. Valores dos índices espectrais para as três classes geradas**

	1	2	3
dNBR	-1 a -0,1	-0,1 a 0,2	0,2 a 0,9
NBR	-0,76 a -0,04	-0,04 a 0,28	0,28 a 0,79
EVI	-0,57 a 0,97	0,97 a 1,68	1,68 a 2,51
MIRBI	0,44 a 0,82	0,82 a 1,39	1,39 a 2,25
NDVI	-0,67 a 0,29	0,29 a 0,56	0,56 a 0,94

Os índices dNBR e o EVI conseguiram distinguir três grandes classes: corpos hídricos (classe 1); áreas não queimadas (classe 2 e 3, respectivamente) e áreas queimadas (classe 3 e 2, respectivamente) (Figura 3). O valor espectral do dNBR para a identificação do fogo variou entre 0,2 a 0,9 (classe 3) e o do EVI, de 0,97 a 1,68 (classe 2) (Tabela 2).

Os valores espectrais do MIRBI variaram entre 0 a 2,25, sendo que as áreas queimadas corresponderam aos valores de 1,39 a 2,25 (classe 3) (Tabela 2). A classe 1 não foi identificada e a classe 2 foram as áreas de queimadas. No entanto, o índice mesclou as áreas queimadas com os corpos hídricos, não fazendo distinção entre um e outro (Figura 3).

O NBR e o NDVI também distinguiram três grandes classes: as áreas de mata ripária (classe 3), as áreas não queimadas (classe 2) e as áreas queimadas (classe 1) (Figura 3). Os valores foram de -0,67 a 0,29 para o NDVI e -0,76 a -0,04 para o NBR (Tabela 2). Assim como o MIRBI, esses dois índices também não distinguiram áreas de queimadas de corpos hídricos (Figura 3).



**Figura 2. Índices espectrais e suas respectivas classes**

A tabela 3 representa a área e a porcentagem de cada índice com relação à identificação as áreas de queimadas, não queimadas e corpo hídrico. No caso do MIRBI, NDVI e NBR, foi feita a junção de toda classe não classificado como queimada.

**Tabela 3. Relação das categorias: Água, Não queimado e queimado com os índices espectrais**

	Água		Não Queimado		Queimado	
	ha	%	ha	%	ha	%
dNBR	433	1	37725	89	4046	10
NBR	6708	16	30840	73	4879	12
EVI	522	1	37757	89	4114	10
MIRBI	-	-	36700	87	5670	13
NDVI	-	-	37200	88	5145	12

Considerando que foram registradas um total de 4505 ha de área queimada divulgadas pelo órgão oficial, os índices que mais se aproximaram desse resultado foram o EVI e o

dNBR (Tabela 3). O MIRBI ultrapassou (superestimou) o total de área queimada, seguido do NDVI e do NBR.

Logo, o dNBR e o EVI foram os índices que melhor identificaram as áreas de queimadas, que as distinguiram do corpo hídrico e que mais se aproximaram do valor considerado como verdade de campo/realidade. O MIRBI não distinguiu as queimadas dos corpos hídricos e foi o que mais extrapolou as áreas de queimadas, assim como o NBR e NDVI, os quais ainda agregaram a questão das zonas ripárias.

#### 4. DISCUSSÃO

As cicatrizes de queimada assemelham-se ao comportamento da supressão da vegetação, pois apresenta baixa reflectância em toda a faixa óptica e do infravermelho próximo [18].

O NBR utiliza a faixa referente ao infravermelho próximo, que é fortemente absorvida pelo teor de água na vegetação ou solos [6]. Assim, a vegetação seca ou a exposição do solo seco após incêndio aumenta a reflectância e diminui o valor do índice NBR [19]. Desta forma, o índice agregou áreas que não foram queimadas, o que pode ter ocorrido pelo fato de existir vegetação seca ou outras áreas de solo exposto no parque, além de ter identificado também áreas com vegetação com maior teor de água, como as matas ripárias. No entanto, não conseguiu diferenciar os corpos hídricos, que apresenta alta reflectância e baixo índice NDNR.

O dNBR é a subtração dos resultados do NBR pré-fogo com o pós-fogo. Por este fator, este índice foi bastante sensível na detecção das cicatrizes de incêndio, pois conseguiu observar as variações, não confundindo outras áreas com baixa reflectância com as áreas de queimadas.

O EVI utiliza a sensibilidade da faixa referente ao azul do espectro eletromagnético para calibrar a faixa referente ao vermelho, além de apresenta menor interferência de efeitos do solo e atmosfera [6]. Para este estudo, esse índice foi eficiente na detecção da cicatriz de queimada, que apresentaram valores baixos intermediários, não se confundindo com outros objetos.

O NDVI utiliza a alta reflectância da vegetação nos comprimentos de onda da região do infravermelho próximo e a absorção da radiação pela clorofila na região espectral do vermelho [6]. Por isso, esse índice conseguiu identificar objetos além do esperado, como por exemplo, as zonas ripárias

O MIRBI foi proposto por Trigg e Flasse [15] e aplicado com sucesso em savanas africanas na Namíbia. O índice foi bastante conciso, no entanto não conseguiu distinguir as cicatrizes de queimada dos corpos hídricos.

Existem divergências sobre a aplicação dos índices em áreas queimadas. Para Pereira et al. [20] essa divergência pode ocorrer devido ao período de tempo entre a ocorrência de incêndios e aquisição das imagens e também considerando as diferenças de cada bioma, tanto quanto em relação as suas características edafoclimáticas, quanto seu tempo de reação pós-incêndio.

## 5. CONCLUSÕES

O emprego de índices espectrais é uma importante ferramenta para a identificação das cicatrizes de queimada. A metodologia utilizada neste trabalho possibilitou a comparação dos índices, de forma rápida e criteriosa, dos índices espectrais NDVI, EVI, MIRBI, NBR e dNBR como forma de caracterizar a ocorrência de cicatrizes de queimadas em Ucs do Cerrado.

A partir das observações e análises dos resultados, o dNBR e o EVI foram os índices que melhor identificaram as áreas de queimadas, as distinguindo do corpo hídrico, e que mais se aproximaram da realidade. O MIRBI não distinguiu as queimadas dos corpos hídricos e foi o que mais extrapolou as áreas de queimadas, assim como o NBR e NDVI, que ainda identificaram as matas ripárias.

Dessa forma, esses índices podem ser considerados fatores importantes para o estudo das cicatrizes de queimada. Entretanto, para melhor entendimento utilização destes, se faz necessária a inserção de variáveis que possam influenciar no resultado dos mesmos, tais como os (diferentes) tipos de fitofisionomia, a severidade da queima e o tempo entre a queimada e o imageamento.

## 6. REFERÊNCIAS

[1] Steffen, W.; Richardson, K. Rockstrom, J. et al. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*. vol 347, 2015.

[2] Pereira, A. A.; Teixeira, F. R.; Libonati, R. et al. Avaliação de índices espectrais para identificação de Áreas queimadas no cerrado utilizando dados Landsat TM. *Revista Brasileira de Cartografia*, v.8, n.1, p-1665-1680, 2016.

[3] Sala, E. O.; Chapin III, F. S.; Armesto, J. J. Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *Science*, v. 287, p.1770-1774, 2000.

[4] Tabarelli M, Mantovani W. A regeneração de uma floresta tropical Montana após corte e queima (São Paulo-Brasil). *Revista Brasileira de Biologia*, v.59, n.2. p. 239-250, 1999.

[5] Medeiros MB, Fiedler NC. Incêndios florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra: desafios para a conservação da biodiversidade. *Ciência Florestal*; v.14, n.2, p. 157-168, 2004.

[6] Resende, F. C.; Soares, T. B. O.; Santos, P. R. et al. Análise de Índices Espectrais para Estimativa de Áreas de Regeneração Florestal no Parque Nacional Chapada Das Mesas. *Revista Territorium Terram*, v. 3, n. 5, p. 95-104, 2015.

[7] Chuvieco, E.; Martín, M. P.; Palacios, A. Assessment of different spectral indices in the red–near-infrared spectral domain for burned land discrimination. *International Journal of Remote Sensing*, v. 23, n. 23, p 5103–5110, 2002.

[8] ICMBio. *Parque Nacional de Brasília*. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/visitacao1/unidades-abertas-a->

[visitacao/213-parque-nacional-de-brasilia.html](http://www.icmbio.gov.br/portal/visitacao/213-parque-nacional-de-brasilia.html). Acesso em: 03.10.2018

[9] Ferrante, J.E.T.; Rancan, L. Braga Netto, P. Meio físico. In: Fonseca, F.O. (Org.). *Olhares sobre o lago Paranoá*. V1. Brasília: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2001.

[10] Faria, A. Estratigrafia e sistemas deposicionais do grupo Paranoá nas áreas de Cristalina, Distrito Federal e São João d’Aliança – Alto Paríso de Goiás. 1995, 235f. *Tese* (Doutorado em Geologia) – Universidade de Brasília. Instituto de Geociências, Brasília, DF.

[11] Farias, M.F.R.; Carvalho, A.P.F.; Martins, E.S et al.. Levantamento de Solos do Parque Nacional de Brasília, escala 1:50.000. *Boletim de pesquisa e desenvolvimento – Embrapa Cerrados*, 2008.

[12] ICMBio. *Incêndio no Parque Nacional de Brasília*. 2017. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/ultimas-noticias/20-geral/9130-fogo-no-parque-nacional-de-brasilia-esta-sob-controle>. Acesso em: 03.10.2018

[13] USGS. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 40.out.2018

[14] Key, C.H.; Benson, N.C. The Normalized Burn Ratio (NBR): A Landsat TM radiometric measure of burn severity. U.S. Department of the Interior, Northern Rocky Mountain *Science Centre*, 1999.

[15] Trigg, S.; Flasse, S. An Evaluation of different bi-spectral spaces for discriminating burned shrub-savannah. *International Journal of Remote Sensing*. v. 22, n. 13, p. 3161–3168. 2001.

[16] Rouse, J.W; Haas, R.H; Schell, J.A; Deering, D.W. Third ERTS Symposium, 1973. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *NASA*, v. I, p. 309-317.

[17] Huete, A.; Justice, C.; Liu, H. Development of vegetation and soil indices for MODIS-EOS. *Remote Sensing of Environment*, v. 49(3), 224-234, 1994.

[18] Pessoa, O. A. A.; Meneses, P. R. Evolução do comportamento espectral de cicatrizes de incêndio florestal no Cerrado. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16, Foz do Iguaçu, PR. Anais... 2013.

[19] Schepers, L.; Haest, B.; Veraverbeke, S.; et al. Burned Area Detection and Burn Severity Assessment of a Heathland Fire in Belgium Using Airborne Imaging Spectroscopy (APEX). *Remote Sens.*, v. 6, p. 1803 - 1826, 2014

[20] Pereira, J.M.C. A comparative evaluation of NOAA/AVHRR vegetation indexes for burned surface detection and mapping. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v.37, n. 1. p. 217–226. 1999.