

COMPARAÇÃO DE TRÊS DIFERENTES SENSORES ESPECTRAIS NA PRODUÇÃO DE NDVI E NDRE PARA AGRICULTURA DE PRECISÃO

Wedja Barbosa Ferreira¹, e-mail: wedja.ferreira@ceca.ufal.br; Luiz Quintela da Silva¹, e-mail: luiz.quintela@ceca.ufal.br; Ascanio da Cunha Moreno², e-mail: ascanio.moreno@ceca.ufal.br; Laysa Mirelly Ramalho da Silva², e-mail: laysa.ramalho@ceca.ufal.br; Arthur Costa Falcão Tavares³, e-mail: acftavar@ceca.ufal.br

¹ ²Graduandos do Curso de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas.

³Professor Dr. Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas.

RESUMO: Este estudo buscou comparar os índices espectrais NDVI e NDRE, considerando as características específicas de diferentes sensores. O estudo foi realizado em uma área experimental do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias CECA/UFAL, situado no município de Rio Largo, AL. Foi realizado um imageamento com o drone Mavic 3M DJI e adquiridas imagens multiespectrais dos satélites Sentinel Hub e PlanetScope. A partir dos ortomosaicos do drone e das imagens de satélite, foram calculados os índices utilizando o software QGIS. Os ortomosaicos, com resolução espacial de 3 cm, proporcionaram uma análise detalhada das variações nos tons de verde ao vermelho, com os valores de NDVI variando entre -0,270587 e 0,859991. A análise dos coeficientes de variação (CV) indicou dispersão elevada e baixa representatividade da média para o NDVI da PlanetScope e para o NDRE da Sentinel Hub e do drone, cujos CVs foram 0,40 e 0,26, respectivamente. Em contraste, CVs mais baixos, como no NDVI do Sentinel e drone (-0,07 e 0,24), tiveram maior representatividade. Além disso, o NDRE do PlanetScope apresentou um CV baixo. Os resultados deste estudo ressaltam a importância do uso combinado dos índices espectrais NDVI e NDRE para a agricultura de precisão. Esta combinação dos índices NDVI e NDRE, aliada à análise em múltiplas escalas e resoluções, oferece uma compreensão mais abrangente da dinâmica vegetativa.

PALAVRAS CHAVE: Drone, PlanetScope, Sentinel hub, Vigor de plantas.

COMPARISON OF THREE DIFFERENT SPECTRAL SENSORS IN THE PRODUCTION OF NDVI AND NDRE FOR PRECISION AGRICULTURE

ABSTRACT: This study aimed to compare the NDVI and NDRE spectral indices, taking into account the specific characteristics of each sensor. The research was conducted in an experimental agricultural area at the CECA/UFAL Campus, located in Rio Largo, AL. A flight was carried out using the DJI Mavic 3M drone, and multispectral images were also acquired from the Sentinel Hub and PlanetScope satellites. From the orthomosaics and satellite images, the NDVI and NDRE indices were calculated using QGIS's raster calculator. The drone-captured images, with a spatial resolution of 3 cm, enabled a detailed analysis of variations in green and red tones, with NDVI values ranging from -0.270587 to 0.859991. Regarding data representativeness, the analysis of coefficient of variation (CV) provided key insights. The findings of this study highlight the significance of combining the NDVI and NDRE spectral indices for precision agriculture. The results demonstrate that the integration of these indices, along with multi-scale and multi-resolution analysis, offers a more comprehensive understanding of vegetation dynamics.

KEYWORDS: Drone, PlanetScope, Sentinel hub, Plant vigor.

INTRODUÇÃO

O uso das práticas de agricultura de precisão tem se consolidado como uma estratégia essencial no manejo agrícola, especialmente em diferentes estágios fenológicos das culturas. Essas práticas permitem o controle eficiente de variáveis críticas para o desenvolvimento das plantas, como estresse hídrico, detecção de plantas daninhas e

condições fitossanitárias (Santaga, 2021; Maes, 2019).

Entre os índices espectrais mais utilizados, o NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) destaca-se pela capacidade de avaliar o vigor das plantas (Ponzoni et al., 2012). No entanto, o NDRE (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada na Faixa do RedEdge) tem ganhado importância devido à sua maior sensibilidade para detectar condições de estresse em culturas com estágios fenológicos avançados (Boris e Hideo 2019).

A comparação entre o NDVI e o NDRE pode aprimorar o manejo agrícola, fornecendo uma visão mais abrangente do vigor das culturas e permitindo intervenções mais precisas em momentos críticos (Borges, 2020). Nesse contexto, este estudo comparou os índices espectrais NDVI e NDRE, considerando as características específicas de cada sensor. Como contribuições, foram apresentadas orientações mais eficazes para aplicações desses índices como ferramentas da agricultura de precisão no monitoramento agrícola, maximizando a eficiência do manejo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma área experimental do CECA/UFAL, situado no município de Rio Largo, AL. Os experimentos contemplam cultivos de eucalipto, cana-de-açúcar, pastagem, laranja, pitaia e cambuí, proporcionando condições ideais para a análise comparativa dos índices NDVI e NDRE. Foi realizado um voo com o drone Mavic 3M DJI, equipado com um sensor multispectral capaz de captar quatro bandas espectrais: RGB, Green, Red, Near Infrared (NIR) e Red Edge. O imageamento ocorreu em 10 de outubro de 2024, às 14h20 (horário local) com altitude de 110 m. O processamento dos dados obtidos pelo drone foi realizado com o software Agisoft Metashape Professional, para gerar um ortomosaico da área sobrevoada. Foram utilizados ortomosaicos com resolução espacial de 3cm.

Além disso, foram adquiridas imagens multiespectrais dos satélites Sentinel Hub com resolução espacial de 10 metros, em 22/01/2024, e PlanetScope com resolução espacial de 3 metros, em 11/07/2024. As imagens foram baixadas com correção atmosférica. A partir dos ortomosaicos e das imagens de satélite, foram calculados os índices de NDVI e NDRE utilizando a ferramenta “calculadora raster” do QGIS. As fórmulas utilizadas para o cálculo dos índices de vegetação foram:

- NDVI: $\frac{NIR-RED}{NIR+RED}$
- NDRE: $\frac{NIR-REDEEDGE}{NIR+REDEEDGE}$

Onde:

- NIR: Reflectância na banda do infravermelho próximo.
- RED: Reflectância na banda do vermelho.
- RED EDGE: Reflectância na banda RedEdge.

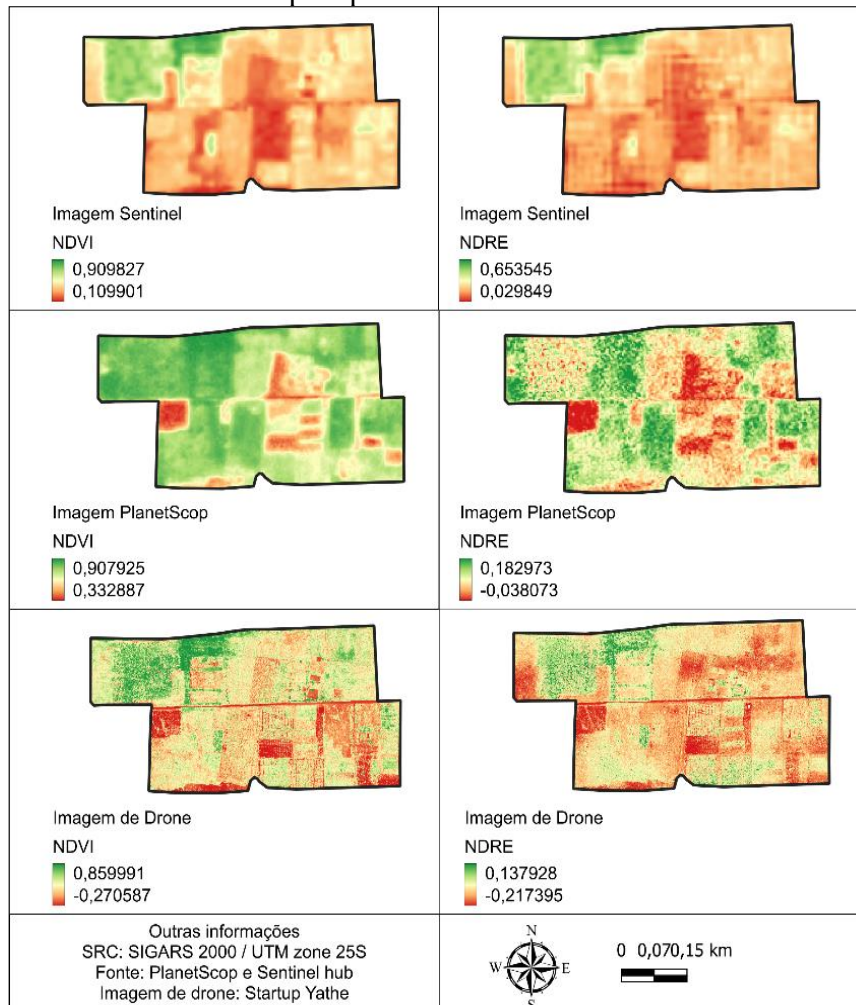
Como as imagens Sentinel Hub apresentam resolução espacial de 10 metros, foi realizada uma reamostragem dos pixels para uma resolução de 3 metros, visando aproximar à resolução das imagens PlanetScope e otimizar a comparação entre ambos os conjuntos de dados. Posteriormente, foram realizadas análises estatísticas descritivas dos índices vegetativos de cada sensor pelo software QGIS utilizando a ferramenta “estatísticas da camada raster”.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As imagens dos satélites Sentinel Hub e PlanetScope, em conjunto com o ortomosaico do drone, demonstraram variações significativas nos índices espectrais aplicados em diferentes culturas (Figura 1). Destaca-se que o NDVI apresentou maior

variação na cor vermelha nas imagens do Sentinel Hub em comparação com os sensores PlanetScope e drone. Os resultados encontrados corroboram com estudos de Carrijo et al., (2021), que comparou NDVI e NDRE. Embora os valores dos pixels tenham se mantido constantes nas imagens Sentinel Hub e PlanetScope, variando entre 0,109901 e 0,909827, a estabilidade pode ser atribuída às diferentes datas de aquisição e resolução das imagens. As imagens do Sentinel Hub foram capturadas em 22/01/2024, quando a vegetação apresentava menor vigor, enquanto as imagens do PlanetScope, registradas em 11/07/2024, evidenciaram maior vigor das culturas na área experimental do CECA.

Figura 1. Mapas NDVI e NDRE para as imagens dos satélites Sentinel Hub e PlanetScope e para o ortomosaico de drone.



Fonte: FERREIRA, B. W., 2024.

Os ortomosaicos do drone, com resolução espacial de 3 cm, proporcionaram uma análise detalhada das variações nos tons de verde e vermelho, com o NDVI variando entre -0,270587 e 0,859991. Essa alta resolução permitiu a identificação precisa de variações nas culturas, como cana-de-açúcar, eucalipto, cambuí e laranjas. Boiarskii et al., (2019), detectaram baixos níveis de clorofila em algumas das culturas analisadas, sugerindo deficiências nutricionais. A utilização do NDVI, no entanto, é mais apropriada para monitorar o desenvolvimento inicial das culturas, conforme salientado por Voitik et al., (2023).

O NDRE, por sua vez, apresentou diferentes comportamentos entre os sensores analisados. Nos sensores PlanetScope e drone, o índice variou entre -0,038073 e

0,182973, indicando áreas com baixo vigor vegetativo de forma mais detalhada. Já no Sentinel Hub, o NDRE variou entre 0,029849 e 0,653545, demonstrando maior eficiência na detecção do vigor das culturas, especialmente durante o período de verão no Estado de Alagoas, quando o desenvolvimento vegetativo é mais intenso. Santos et al., (2022), destacam que o NDRE oferece melhor ajuste produtivo, particularmente na cultura da soja.

Com base nas estatísticas descritivas apresentadas na Tabela 1, observou-se variações significativas nos índices NDVI e NDRE entre as plataformas analisadas (drone, PlanetScope e Sentinel Hub).

Tabela 1. Análise estatística dos valores dos índices NDVI e NDRE para ortomosaicos de drone, e imagens dos satélites PlanetScope e Sentinel hub.

Plataforma	Índice	N. P	Média	D.P	C.V (%)
Drone (Mavic 3M)	NDVI	220.294.884	0,26	0,28	107,69
	NDRE	220.370.872	-0,07	0,08	-114,29
PlanetScope	NDVI	24.057	0,72	0,11	15,28
	NDRE	24.247	0,07	0,05	71,43
Sentinel Hub	NDVI	54.514	0,40	0,14	35,00
	NDRE	54.514	0,24	0,10	41,67

Conforme Pimentel-Gomes e Garcia (2002) os valores de coeficientes de variação (CV) podem ser: baixos, quando inferiores a 10%; médios, entre 10 e 20%; altos, quando entre 20 e 30%; e muito altos, quando são superiores a 30%. Verifica-se na tabela 1 que nas plataformas drone e Sentinel o CV foi alto para NDVI e NDRE. Sendo que para a plataforma PlanetScope o CV do índice NDRE foi superior a 30% enquanto o NDVI apresentou um CV médio. Esses dados corroboram com o estudo de Gomes (2023) que teve uma representação de coeficiente de variação variado para os dois índices. É possível analisar que o NDVI obtém uma menor variação nos valores dos pixels, sendo possível uma saturação do vigor vegetativo mais fechado em estágio fenológico avançado das culturas agrícolas, comparado ao NDRE, para o sensor Sentinel (Figura 1).

Os dados médios de NDVI foram maiores que o NDRE para todas as plataformas estudadas. Indicando que o índice NDVI capta mais cedo possíveis crescimento de biomassa das culturas, ao mesmo tempo atinge ponto máximo de saturação mais cedo, o que foi observado na plataforma PlanetScope. Mesmo quando o NDVI esteve em 0,72, o NDRE médio não passou de 0,07. Fabri et al., (2023), obteve esses mesmos resultados ao aplicar os índices NDVI e NDRE na cultura do café.

Os resultados do índice NDRE refletem plantas com vigor vegetativo excelente. Ao contrário do índice NDVI, o NDRE apresentou resultados com uma variação entre plantas em ótimo estado, podendo ser observado problemas de manejo nas culturas mais cedo. Esses resultados podem ser explicados devido a utilização da banda espectral do RedEdge no NDRE, pois o índice fornece uma medida menos absorvida pelas camadas superiores das folhas, podendo penetrar mais no interior do dossel das folhas (Souza et al., 2020).

O índice NDRE é similar ao índice NDVI, utilizado para avaliar o teor de clorofila nas plantas, podendo fornecer uma análise nas culturas em estágio superior (Taipale, 2021).

CONCLUSÕES

Este estudo destaca a importância da aplicação combinada dos índices NDVI e NDRE na agricultura de precisão. O NDVI mostrou-se eficaz na avaliação do vigor das

culturas nos estágios fenológicos iniciais, enquanto o NDRE evidenciou maior sensibilidade para detectar variações na clorofila. O uso de sensores variados, como os satélites Sentinel Hub e PlanetScope, além de drones de alta resolução, permitiu uma análise detalhada das condições vegetativas, ressaltando a importância das datas de aquisição das imagens. A baixa dispersão dos dados, refletida nos coeficientes de variação, reforça a confiabilidade dos resultados. Assim, a integração de sensores e metodologias multiescalares e multitemporais possibilita um monitoramento agrícola contínuo e mais eficiente, antecipando respostas a estresses biótico e abióticos e otimizando a produtividade de forma sustentável, conforme exigido pela agricultura moderna.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Boiarskii, B.; Hasegawa, H.; Comparison of NDVI and NDRE Indices to Detect Differences in Vegetation and Chlorophyll Content. International Conference on Applied Science, Technology and Engineering J. Mech. Cont.& Math. Sci., Special Issue, No. -4, November (2019) pp 20-29

Borges, R. Agointeli. O que é NDRE. 2020. Disponível em: <https://blog.agointeli.com.br/blog/ndre%E2%80%8C/>. Acesso em 29 de outubro de 2024

Boris, B., Hideo, H. Comparison of NDVI and NDRE Indices to Detect Differences in Vegetation and Chlorophyll Content. International Conference on Applied Science, Technology and Engineering J. Mech. Cont.& Math. Sci., Special Issue, N. 4, November p. 20-29, 2019.

Carrijo, W. R.; Borges, M. T.; Souza, F. G. Comparação entre os Índices NDVI e NDRE para identificação de estresse no plantio antes de ter o vigor vegetativo afetado. Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2021. Disponível online: CONBEA - Congresso Brasileiro De Engenharia Agrícola - Geomática, Instrumentação e Agricultura de Precisão (GIAP). Acesso em 26/10/2024

Fabri, T. M. P.; Mello, G. M.; Ferrari, J. L.; Peluzio, J. B. E.; Souza, M. N. Comportamento de índices de vegetação em cafeeiros utilizando sensor multiespectral em aeronave remotamente pilotada. *Revista Ifes Ciência*, 2023, 9, 1, 1-15. DOI: 10.36524/ric.v9i1.1850

florestais. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

Gomes, W. C. Índice de vegetação red edge nas bandas b05, b06 e b07 do sentinel-2. Prof. Dr. Jorge Wilson Cortez. 2023. TCC (Conclusão de Curso Engenheiro Agrônomo) - Universidade Federal da Grande Dourados, Mato Grosso do Sul, 2023.

Maes, W. H.; Steppe, K. Perspectives for Remote Sensing with Unmanned Aerial Vehicles in Precision Agriculture. *Trends in Plant Science*, 2019, 24, 2. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2018.11.007>

Pimentel-Gomes, F.; Garcia, C. H. Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e Ponzoni, J., Shimabukuro, Y. E., Kuplich, T.M. Sensoriamento Remoto da Vegetação. 2. edição atual ampliada São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

Santaga, F. S.; Benincasa, P.; Toscano, P.; Antognelli, S.; Ranieri, E. Marco, V. Gerenciamento de nitrogênio de precisão baseado em Sentinel-2 simplificado e avançado de trigo. *Agronomy*, 2021, 11, 1156. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061156>

Santos, L. M. G.; Penatti, N. C.; Delalibera, H. C.; Guimarães, M. F. Relação entre os mapas dos índices vegetativos NDRE, NDVI E EVI com um mapa de zonas de potencial produtivo para soja. Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2022. Disponível online: CONBEA - Congresso Brasileiro De Engenharia Agrícola - Geomática, Instrumentação e Agricultura de Precisão (GIAP). Acesso em 24/10/2024

Souza, J. B. C.; Brito Filho, A. L.; Carneiro, F. M.; Santos, A. F.; Silva, R. P. Avaliação da qualidade dos índices (NDRE e NDVI) para a cultura do amendoim, utilizando cartas de controle. *South American Sciences*, **2020**, 1, 1, e2095.

Taipale, E, S. NDVI vs. NDRE: What's the Difference? (2018). Disponível em:<<https://sentera.com/ndvi-vs-ndre-whats-difference/>>. Acesso em: 13 jan. 2021.

Voitik, A.; Kravchenko, V.; Pushka, O.; Kutkovetska, T.; Shchur, T.; Kocira, S. Comparison of ndvi, ndre, msavi and ndsi indices for early diagnosis of crop problems. *Agricultural Engineering*, **2023**, 27, 1, 47-57. DOI: 10.2478/agriceng-2023-0004