

IMAGENS ORBITAIS PARA ANÁLISE ESPECTRAL DA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

HUGO DIAS NUNES¹, JORGE WILSON CORTEZ², GUSTAVO NAVES DOS REIS³

¹M. Sc. em Agronomia, Doutorando da UFGD, Dourados-MS, hugodiasnunes@hotmail.com;

²Dr. em Agronomia, Prof. Ass. da UFGD, Dourados-MS, jorgewcortez@gmail.com;

³Dr. em Agronomia, Adecoagro, Ivinhema-MS, gnreis@adecoagro.com

Apresentado no
Congresso Técnico-Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
06 a 09 de outubro de 2025

RESUMO: Este trabalho objetivou analisar o uso de imagens orbitais para o monitoramento e avaliação de uma área comercial de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). O trabalho foi realizado em área comercial de cana-de-açúcar de 84,40 ha, localizada no município de Angélica-MS, cultivada no sistema de sequeiro. Foram utilizadas imagens orbitais do satélite Sentinel 2A e os índices de vegetação estudados foram: NDVI e NDRE. Os dados foram processados com o auxílio do *software* QGIS. Pelos resultados obtidos, os índices NDVI e NDRE apresentaram valores máximos de 0,84 e 0,24; respectivamente, já o CV, valores classificados como baixo. O mapa de variabilidade de NDVI revelou homogeneidade na biomassa da lavoura de cana-de-açúcar com valores superiores a 0,60 e o comportamento do índice NDRE foi semelhante ao NDVI. O NDVI apresentou valores predominantemente altos, indicando boa cobertura vegetal e vigor da cultura em grande parte da área. Por outro lado, o NDRE, mais sensível à concentração de clorofila e ao estresse fisiológico, mostrou maior variabilidade espacial, com regiões pontuais de baixos valores. Tais informações são essenciais para subsidiar decisões no contexto da agricultura de precisão, como o manejo localizado de insumos, correção de deficiências nutricionais e planejamento de intervenções agrônômicas e zonas de manejo.

PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento remoto, NDVI, NDRE, agricultura de precisão, geotecnologias.

ORBITAL IMAGES FOR SPECTRAL ANALYSIS OF SUGARCANE

ABSTRACT: This study aimed to analyze the use of satellite imagery for monitoring and evaluating a commercial sugarcane (*Saccharum officinarum*) cultivation area. The research was conducted in a commercial sugarcane field of 84.40 ha, located in the municipality of Angélica-MS, cultivated under rainfed conditions. Satellite images from Sentinel-2A were used, and the vegetation indices studied were NDVI and NDRE. Data were processed using QGIS software. According to the results, the NDVI and NDRE indices reached maximum values of 0.84 and 0.24, respectively, while the coefficient of variation (CV) showed values classified as low. The NDVI variability map revealed homogeneity in the sugarcane crop biomass, with values above 0.60, and the NDRE index exhibited behavior similar to the NDVI. The NDVI showed predominantly high values, indicating good vegetative cover and crop vigor in most of the area. On the other hand, the NDRE, which is more sensitive to chlorophyll concentration and physiological stress, showed greater spatial variability, with specific regions of lower values. Such information is essential to support decision-making in the context of precision agriculture, such as site-specific input management, correction of nutritional deficiencies, and planning of agronomic interventions and management zones.

KEYWORDS: Remote sensing, NDVI, NDRE, precision agriculture, geotechnologies.

INTRODUÇÃO

O Brasil lidera a produção global de cana-de-açúcar e é um dos principais exportadores de açúcar e etanol no mundo. Ao longo do tempo, o aprimoramento genético da cana-de-açúcar tem sido

fundamental para elevar a produtividade, com a introdução constante de variedades superiores para a indústria brasileira (Cursi et al., 2022).

A área cultivada com cana-de-açúcar em Mato Grosso do Sul, Brasil, tem aumentado significativamente nos últimos anos, em que, para atender à demanda das usinas o uso de variedades adaptadas tem se mostrado uma estratégia fundamental (Silva et al., 2023).

A previsão da produtividade agrícola é uma ferramenta fundamental para o planejamento agrícola sustentável e para garantir segurança alimentar em regiões criticamente afetadas pelas alterações climáticas e por fenômenos meteorológicos extremos. Podendo utilizar-se de meios práticos, como sensoriamento remoto, em diferentes estádios e métricas fenológicas (Dimov et al., 2022).

Na agricultura de precisão, as zonas de manejo são uma estratégia eficaz para otimizar práticas agrícolas. Para a cana-de-açúcar, a tradicional amostragem de solo é demorada e cara. O sensoriamento remoto, combinado com análise de vegetação, oferece uma alternativa eficiente, pois é econômica, menos trabalhosa e permite a rápida cobertura de grandes áreas (Oliveira Maia et al., 2023).

Considerando-se a importância da produção de cana-de-açúcar em nível nacional, faz-se necessário o uso de tecnologias que favoreçam o desempenho da cultura e o planejamento das operações agrícolas, favorecendo a sustentabilidade do sistema produtivo.

Portanto, este trabalho objetivou analisar o uso de imagens orbitais para o monitoramento e avaliação de uma área comercial de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) por meio dos índices de vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em área comercial de cana-de-açúcar de 84,40 ha, localizada no município de Angélica-MS, cultivada no sistema de sequeiro. O local situa-se na latitude de -22,105546 S e longitude de -53,839303 W (WGS84), com altitude média de 332 m. O solo da área considerando a classificação de Santos et al. (2018) é considerado região de Latossolo vermelho Distrófico e/ou Latossolo vermelho-amarelo Distrófico, com textura média, conforme dados do IBGE (2001). O clima é do tipo tropical úmido com inverno seco - Cwa (Köppen, 1948).

A variedade de cana-de-açúcar cultivada na área foi a CTC 4, desenvolvida pelo Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), com data de plantio em 10 de setembro do ano de 2023 no espaçamento de 1,5 m entre linhas. Os tratos culturais e outros manejos foram realizados conforme necessidade da cultura.

Para a determinação do índice de vegetação “*Normalized Difference Vegetation Index*” (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada - NDVI), “*Normalized Difference Red Edge Index*” (Índice RedEdge de Diferença Normalizada - NDRE), foram utilizadas imagens orbitais obtidas por meio da plataforma Sentinel Hub EO Browser (EO Browser, 2025). As bandas estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Dados de ordem das bandas utilizadas do Sentinel 2.

Resolução (m)	Banda	Nome da Banda	Comprimento de onda central (nm)
10	B4	Vermelho (Red - R)	665
	B8	Infravermelho Próximo (NIR)	842
	B5	Infravermelho (RedEdge)	705

Com as imagens de satélites realizou-se o processamento no *software* QGIS (QGIS, 2024). Os índices foram calculados seguindo as expressões matemáticas (Tabela 2) de cada índice: NDVI, Equação (1) e NDRE, Equação (2).

Tabela 2. Equações dos índices de vegetação.

Índice	Equação	Fonte
NDVI = NIR – Red / NIR + Red	(1)	Rouse et al. (1973)
NDRE = RedEdge – Red / RedEdge + Red	(2)	Barnes et al. (2000)

Foram estabelecidas cinco classes de interpretação dos índices de vegetação de: 0-0,20; 0,20-0,40; 0,40-0,60; 0,60-0,80; e 0,80-1,0, (Chedid et al., 2024) de maneira a que se possa compará-los.

Para a interpretação do coeficiente de variação (CV), seguiu-se Warrick e Nielsen (1980) classificando como: baixo se menor que 15%, médio entre 15 e 50% e alto acima de 50%.

A espacialização foi realizada com o auxílio do *software* QGIS (QGIS, 2024).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos resultados obtidos, os índices NDVI e NDRE apresentaram valores máximos de 0,84 e 0,24; respectivamente, já o CV, valores classificados como baixo, segundo Warrick e Nielsen (1980), sendo 0,042% e 0,058%; respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3. Estatística descritiva dos índices de vegetação.

Parâmetro	NDVI	NDRE
Mínimo	0,27	0,04
Média	0,80	0,17
Máximo	0,84	0,24
Dp ¹	0,034	0,01
CV ²	0,042	0,058

¹Desvio padrão; ²Coeficiente de variação

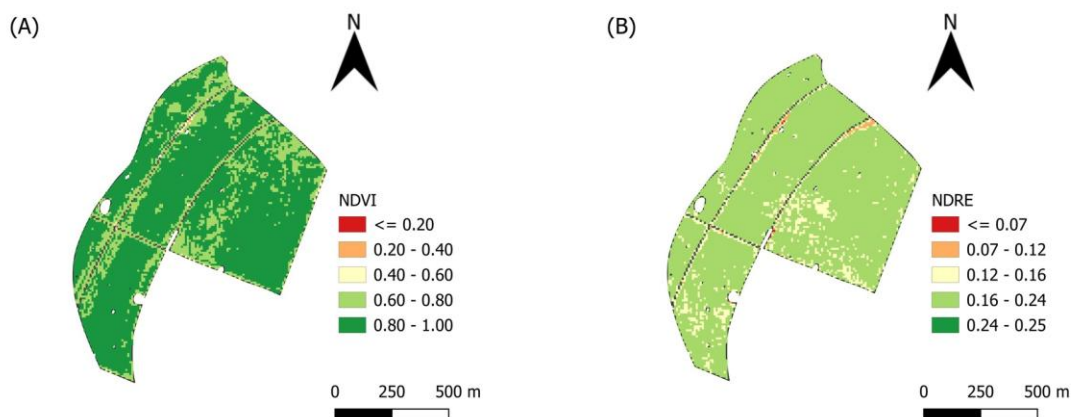
Lucas e Schuler (2007) em análise de NDVI na cana-de-açúcar obtiveram o valor máximo deste índice no mês de julho com 0,58; sendo este o sétimo mês de idade da cultura, nesta pesquisa, concluíram que no início do ciclo da cultura, no intervalo de 1 a 2 meses, não é possível distinguir diferenças fenológicas através do NDVI.

Os índices de vegetação possuem aplicabilidades diversas, a mais utilizada é a função de uso em predições da produtividade de culturas. Como citado por Speranza et al. (2023) concluindo que na fase de maturação o índice NDVI apresentou o maior potencial preditor para a estimativa da produtividade da cana-de-açúcar, pois é um índice baseado na quantificação de biomassa, portanto foi escolhido como variável preditora para possíveis modelos de estimativa de produtividade na cana-de-açúcar.

O mapa de variabilidade de NDVI (Figura 1A) revelou homogeneidade na biomassa da lavoura de cana-de-açúcar com valores superiores a 0,60 e o comportamento do índice NDRE (Figura 1B) foi semelhante ao NDVI.

O NDVI e NDRE são descritos por Naguib e Daliman (2022), diferenciando a aplicabilidade de cada índice, sendo o primeiro para quantificar o volume do dossel da cultura, já o segundo, mensurar concentração de clorofila nas folhas, refletindo o conteúdo de nitrogênio nas plantas.

Figura 1. Mapa dos índices de NDVI (A) e NDRE (B).



Fonte: Os autores (2025)

As análises de índices de vegetação são essenciais para as indústrias de cana-de-açúcar, pois ajudam no planejamento da safra, incluindo dimensionamento de frota e colaboradores. Antes da colheita, as lavouras passam por uma avaliação de produtividade, permitindo que as usinas realizem o planejamento de produção e capacidade de moagem. Essa previsão de produtividade é crucial para o manejo eficiente das culturas e facilita a tomada de decisões (Jha et al., 2022).

CONCLUSÃO

A análise dos índices espectrais NDVI e NDRE obtidos por meio de imagens orbitais evidenciou variações espaciais no desenvolvimento da cana-de-açúcar na área comercial estudada. O NDVI apresentou valores predominantemente altos (entre 0,60 e 1,00), indicando boa cobertura vegetal e vigor da cultura em grande parte da área. Por outro lado, o NDRE, mais sensível à concentração de clorofila e ao estresse fisiológico, mostrou maior variabilidade espacial, com regiões pontuais de baixos valores ($\leq 0,12$), sugerindo possíveis áreas com menor eficiência fotossintética ou limitações nutricionais. Essa discrepância entre os dois índices ressalta a importância do uso combinado de diferentes bandas espectrais para uma avaliação mais detalhada do estado vegetativo da cultura.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de pesquisa ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- Barnes, E. M.; Clarke, T. R.; Richards, S. E.; Colaizzi, P. D.; Haberland, J.; Kostrzewski, M.; Waller, P.; Choi, C.; Riley, E.; Thompson, T.; Lascano, R. J.; Li, H.; Moran, M. S. Coincident detection of crop water stress, nitrogen status and canopy density using ground-based multispectral data. Proceedings of the Fifth International Conference on Precision Agriculture, Bloomington, MN, USA, 2000. p. 16-19.
- Chedid, V.; Cortez, J. W.; Arcoverde, S. N. S. Monitoring the vegetative state of coffee using vegetation indices. Engenharia Agrícola, v. 44, 2024.
- Cursi, D. E.; Hoffmann, H. P.; Barbosa, G. V. S.; Fernandes Junior, A. R.; Balsalobre, T. W. A.; Bressiani, J. A.; Gazaffi, R.; Chapola, R. G.; Diniz, C. A.; Santos, J. M.; Carneiro, M. S. History and Current Status of Sugarcane Breeding, Germplasm Development and Molecular Genetics in Brazil. Sugar Tech, v. 24, n. 1, p. 112-133, 2022.

- Dimov, D.; Uhl, J. H.; Low, F.; Seboka, G. N. Sugarcane yield estimation through remote sensing time series and phenology metrics. *Smart Agricultural Technology*, v. 2, 2022.
- EO Browser. Sinergise Ltd. Disponível em: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2025.
- IBGE - EMBRAPA - Mapa de Solos do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2001 - Escala 1:500.000.
- Jha, S. K.; Patil, V. C.; Bu, R.; Virnodkar, S. S.; Bartalev, S. A.; Plotnikov, D.; Elkina, E.; Patel, N. Sugarcane Yield Prediction Using Vegetation Indices in Northern Karnataka, India. *Universal Journal of Agricultural Research*, v. 10, n. 6, p. 699-721, 2022.
- Köppen, W. Climatologia: con um estúdio de los climas de la Tierra. Ciudad de México: Fondo de Cultura Economica, 1948.
- Lucas, A. A.; Schuler, C. A. B. Análise do NDVI/NOAA em cana-de-açúcar e Mata Atlântica no litoral norte de Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, n.6, p. 607-614, 2007.
- Naguib, N. S.; Daliman, S. Analysis of NDVI and NDRE Indices Using Satellite Images for Crop Identification at Kelantan. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, v. 1102, 2022.
- Oliveira Maia, F. C.; Bufon, V. B.; Leao, T. P. Vegetation indices as a Tool for Mapping Sugarcane Management Zones. *Precision Agriculture*, v. 24, p. 213-234, 2023.
- QGIS.org. QGIS Geographic Information System. QGIS Association. Disponível em: https://qgis.org/pt_BR/site/index.html. Acesso em: 10 de agosto de 2024.
- Rouse, J. W.; Haas, R. H.; Schell, J. A.; Deering, D. W.; Harlan, J. C. Monitoring the Vernal Advancement of Retrogradation (Green Wave Effect) of Natural Vegetation. *Greenbelt, Maryland, USA: NASA/GSFC*, 1973, 390 p.
- Santos, H. G.; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C.; Oliveira, V. A.; Lumberras, J. F.; Coelho, M. R.; Almeida, J. A.; Araújo, J. C.; Oliveira, J. B.; Cunha, T. J. F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.
- Silva, C. J.; Flumignan, D. L.; Arcoverde, S. N. S.; Comunello, E. Growth and production of sugarcane varieties under supplementary irrigation and no irrigation. *Revista Caatinga*, v. 36, n. 4, p. 885-896, 2023.
- Speranza, E. A.; Antunes, J. F. G.; Barbosa, L. A. F.; Cançado, G. M. A.; Vasconcelos, J. C. Importância de índices de vegetação para modelos de estimativa de produtividade em cana-de-açúcar. In: *Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 2023, Florianópolis, Anais...Florianópolis*, 2023.
- Warrick, A. W.; Nielsen, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: *Environmental soil physics*. New York: Academic, p. 665 - 675, 1980.