

ANÁLISE ESPECTRAL DA CULTURA DO CAFÉ COM IMAGENS ORBITAIS

JORGE WILSON CORTEZ¹, HUGO DIAS NUNES², LOURENÇO QUINTÃO SCALON³

¹Dr. em Agronomia, Prof. Ass. da UFGD, Dourados-MS, jorgewcortez@gmail.com;

²M. Sc. em Agronomia, Doutorando da UFGD, Dourados-MS, hugodiasnunes@hotmail.com;

³M. Sc. em Agronomia, Doutorando da UFGD, Dourados-MS, lourenso.scalon@hotmail.com;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
6 a 9 de outubro de 2025

RESUMO: O objetivo do presente trabalho foi avaliar os índices de vegetação NDVI, NDRE, EVI e o SAVI, em um talhão agrícola da cultura do café, utilizando de imagens orbitais da constelação do Planet. A área escolhida para avaliação está inserida na região do Cerrado Mineiro, no Triângulo Mineiro no município de Romaria-MG, implantado no final do ano de 2001. O talhão compreende duas áreas de 2,87 e 3,46 ha de café arábica, Mundo Novo. A área vem recebendo manejo e intervenções agrônomicas conforme recomendações para a cultura do café. A imagem utilizada da constelação Planet foi na data de 05/03/2025. Nesse momento a cultura do café está no estágio de maturação. Os índices NDVI e SAVI indicam vegetação vigorosa e uniforme, enquanto o NDRE mostra maior sensibilidade ao estresse. A distribuição da vegetação é heterogênea, com menor vigor em áreas mais elevadas, destacando a importância de considerar o relevo no planejamento agrícola.

PALAVRAS-CHAVE: Geotecnologias, índices de vegetação, cafeicultura de precisão.

SPECTRAL ANALYSIS OF COFFEE CROP WITH ORBITAL IMAGES

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the vegetation indices NDVI, NDRE, EVI, and SAVI in a coffee cultivation plot using satellite images from the Planet constellation. The selected area is located in the Cerrado Mineiro region, in the Triângulo Mineiro, within the municipality of Romaria-MG, established at the end of 2001. The plot consists of two areas measuring 2.87 and 3.46 hectares, cultivated with Mundo Novo coffee. The area has been managed and treated with agronomic practices recommended for coffee crops. The Planet constellation image used was captured on March 5, 2025, during the coffee crop's maturation stage. The NDVI and SAVI indices indicate vigorous and uniform vegetation, while the NDRE shows greater sensitivity to stress. Vegetation distribution is heterogeneous, with reduced vigor in higher areas, highlighting the importance of considering terrain in agricultural planning.

KEYWORDS: Geotechnologies, vegetation indices, precision coffee farming.

INTRODUÇÃO

A segunda estimativa para a safra brasileira de café em 2025, ano de bialidade negativa, prevê uma produção de 55,7 milhões de sacas beneficiadas das espécies arábica e conilon. Esse volume representa um aumento de 2,7% em relação a 2024 e é o maior já registrado em anos de baixa bialidade. Em comparação com a safra de 2023, também de bialidade negativa, o crescimento é de aproximadamente 1,1% e para o estado de Minas Gerais a produção estimada em 26,1 milhões de sacas. Esses fatos consolidam a expressiva importância econômica e social da cultura do café para o Brasil (CONAB, 2025).

O sensoriamento remoto por satélite tem se consolidado como uma ferramenta eficaz para auxiliar na tomada de decisões pelos produtores. A utilização de imagens multiespectrais possibilita o acompanhamento espaço-temporal das áreas agrícolas, oferecendo uma ampla gama de informações valiosas. Plantas submetidas a estresses bióticos ou abióticos manifestam alterações que podem ser detectadas por meio de imagens orbitais (Silva et al., 2021).

O aprimoramento na identificação dessas informações, possibilita empregar não apenas os dados brutos, mas também produtos derivados, como os índices de vegetação, que são sensíveis às variações na resposta espectral do dossel vegetal e levam em conta a interação entre diferentes características intrínsecas da cultura, além de gerar modelos preditivos de produtividade e auxiliar o produtor em escolher o melhor manejo para uma área específica (Zanella et al., 2024). Estes índices de vegetação são combinações matemáticas de bandas espectrais que destacam a vegetação, reduzindo os efeitos do solo e da interferência atmosférica (Vieira et al., 2021).

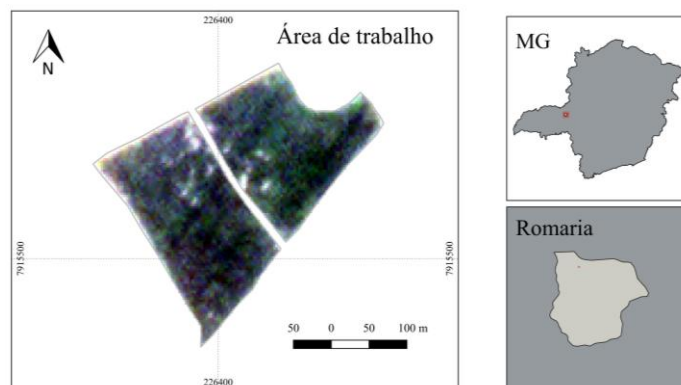
Nos últimos anos, o uso de geotecnologias, como sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas, tem crescido na agricultura brasileira, graças ao lançamento de satélites de alta resolução que oferecem baixo custo, dispensam mão de obra técnica e cobrem grandes áreas com precisão (Campos; Danelichen, 2021). Essa exploração na agricultura de precisão, combinada com outros tipos de tecnologias, está aprimorando suas práticas e trazendo vantagens interessantes, além de impor diferentes desafios (Tang et al., 2021).

Assim, objetivou-se avaliar os índices de vegetação NDVI, NDRE, EVI e o SAVI, em uma área agrícola da cultura do café, utilizando imagens orbitais da constelação do Planet.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em propriedade comercial do Município de Romaria-MG com área total de 6,33 ha, sendo duas áreas de 2,87 e 3,46 ha de café e com altitude média de 1000,50 m (Figura 1). A implantação desse cafezal foi no final do ano de 2001 sendo do tipo arábica, Mundo Novo. A área vem recebendo manejo e intervenções agrônômicas conforme recomendações para a cultura do café. A área está inserida em solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa (Santos et al., 2018).

Figura 1. Localização da área de trabalho.



Fonte: Os autores (2025); Planet Labs PBC (2022).

As imagens orbitais para a determinação dos índices de vegetação (IVs) foram obtidas por meio da plataforma PlanetScope (Planet Labs PBC, 2022) da data de 05 de março de 2025. Os índices foram calculados seguindo as expressões matemáticas de cada índice:

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{NIR} - \text{RED})}{(\text{NIR} + \text{RED})}$$

$$\text{NDRE} = \frac{(\text{NIR} - \text{RedEdge})}{(\text{NIR} + \text{RedEdge})}$$

$$\text{EVI} = G \times \frac{(\text{NIR} - \text{RED})}{(\text{NIR} + C1 \times \text{RED} - C2 \times \text{BLUE} + L)}$$

$$\text{SAVI} = \frac{(\text{NIR} - \text{RED})}{(\text{NIR} + \text{RED} + L)} \times (1 + L)$$

Sendo que: NIR = reflectância na banda do infravermelho próximo; RED = reflectância na banda do vermelho; RedEdge = reflectância na borda do vermelho; BLUE = reflectância no azul; G =

fator de ganho (2,5); C_1 = coeficiente para o RED (6,0); C_2 = coeficiente para o BLUE (7,5); LEVI = 1,0; LSAVI = fator de correção do solo ($L = 0,5$).

Os dados foram submetidos a estatística descritiva, seguida da análise de normalidade pelo teste de Ryan-Joiner. Os mapas temáticos dos índices de vegetação foram apresentados no pixel de 30 x 30 m, acompanhando a resolução espacial original dos dados de altitude, por meio do *software* QGIS (QGIS, 2024).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a estatística descritiva dos índices de vegetação. O EVI e o NDRE apresentaram os maiores coeficientes de variação (CVs), sendo 28,88% e 28,31%, respectivamente, entretanto, todos os CVs foram classificados como médio (15-50%), segundo Warrick e Nielsen (1980) refletindo maior heterogeneidade na vegetação observada por esses índices.

Em relação aos valores máximos, todos os índices indicaram boa cobertura vegetal, com o SAVI atingindo o maior valor (0,91), seguido de perto pelo NDVI (0,84) e EVI (0,79). O NDRE, mais sensível ao conteúdo de clorofila, teve o menor valor máximo (0,45). A assimetria foi negativa para todos os índices, evidenciando uma concentração de valores acima da média. O NDVI apresentou a maior assimetria negativa (-1,72), indicando uma distribuição mais enviesada à direita. A curtose, por sua vez, foi mais acentuada no SAVI e NDVI (2,83), sugerindo distribuições mais alongadas (leptocúrticas), com maior concentração de valores nas extremidades em comparação ao EVI (1,25) e NDRE (0,01), este último com distribuição mais próxima da normal. Esses parâmetros ajudam a compreender o comportamento da vegetação em diferentes índices e suas respostas espaciais dentro da área estudada.

Tabela 1. Resultado da análise descritiva para os dados dos índices de vegetação

Parâmetros	EVI	SAVI	NDRE	NDVI
Média	0,57	0,74	0,31	0,71
Desvio padrão	0,17	0,15	0,09	0,12
CV ¹	28,88	20,62	28,31	16,97
Mínimo	0,07	0,22	0,08	0,30
Mediana	0,63	0,79	0,33	0,75
Máximo	0,79	0,91	0,45	0,84
Amplitude	0,72	0,68	0,38	0,54
Assimetria	-1,25	-1,72	-0,78	-1,72
Curtose	1,25	2,83	0,01	2,83
Normalidade	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

¹CV: coeficiente de variação

O entendimento da análise descritiva dos índices de vegetação possibilita criar zonas de manejo, elaborando-se modelos utilizando valores de limites inferior e superior a partir da mediana, por exemplo, em relação ao desvio padrão. As zonas de manejo facilitam principalmente quando se trata de cultivos perenes como o café. Isto foi evidenciado por Biazoto e Rosa (2024), concluindo em pesquisa sobre análise da dinâmica temporal de índices de vegetação na geração de zonas de manejo agrícola que as variáveis utilizadas para realizar o zoneamento da área foram eficientes para produzir delineamentos, sendo possível aplicar até 5 zonas de manejos.

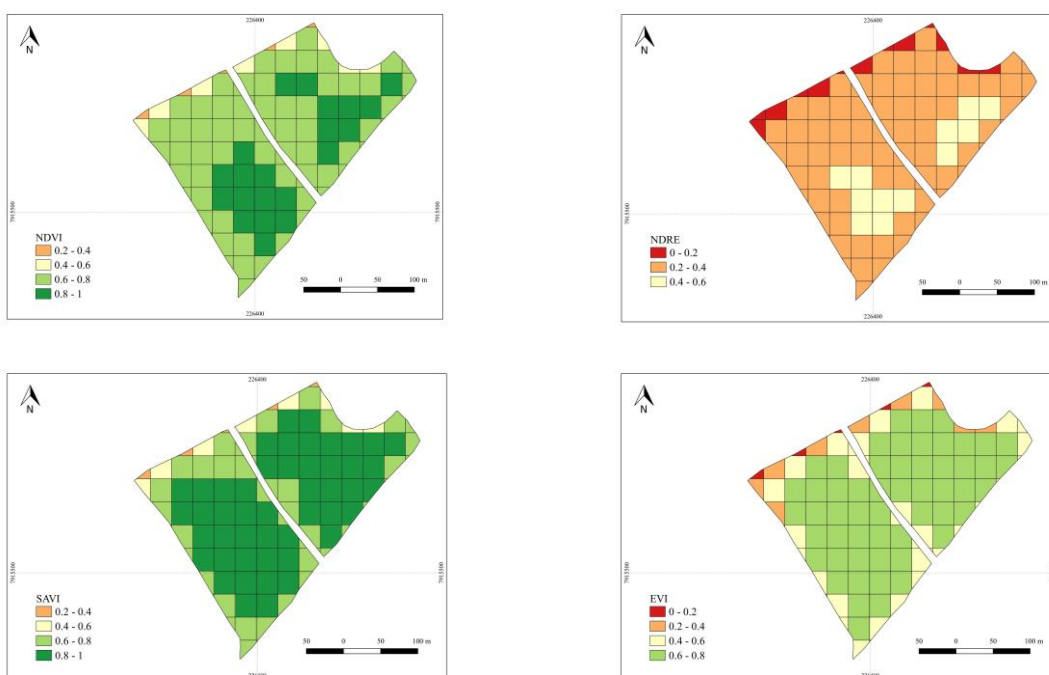
Na Figura 2, estão dispostos os mapas dos índices de vegetação do NDVI, NDRE, SAVI e EVI. O mapa de NDVI revela predominância de valores entre 0,6 e 0,8, indicando boa cobertura vegetal e vigor das plantas na maior parte da área. As regiões com NDVI entre 0,8 e 1, refletem alta atividade fotossintética. Poucas áreas apresentam NDVI abaixo de 0,4, sugerindo possíveis estresses ou menor desenvolvimento vegetativo.

A espacialização do índice NDRE mostra predominância de valores entre 0,2 e 0,4, indicando níveis moderados de clorofila e vigor vegetal. As regiões com valores entre 0,4 e 0,6 apresentam maior atividade fotossintética. Já as áreas com NDRE abaixo de 0,2 podem sinalizar estresse fisiológico ou deficiência nutricional.

O índice SAVI estava com a maioria da área variando entre 0,6 e 1, indicando boa cobertura vegetal e poucas áreas apresentando valores entre 0,2 e 0,4, sugerindo vegetação mais esparsa. O padrão sugere condições favoráveis para o desenvolvimento da cultura.

O mapa do índice EVI, com a maior parte da área apresentando valores entre 0,6 e 0,8, sugerindo vegetação mais densa, já as bordas norte e oeste mostram valores entre 0,0 e 0,4, indicando menor vigor vegetal. O padrão aponta para áreas centrais mais saudáveis em termos de vegetação.

Figura 2. Índices de vegetação na área de estudo



Fonte: Os autores (2025)

A análise dos mapas de índices de vegetação (Figura 2) confirma a eficácia dos IVs na avaliação do desempenho da cultura do café, especialmente em estudos de manejo hídrico e eficiência no uso da água. Os valores de NDVI e NDRE indicam boa cobertura vegetal e vigor das plantas, refletindo tolerância ao estresse hídrico. Esses padrões espaciais validam os IVs como ferramentas úteis para identificar variações no desenvolvimento vegetativo e orientar o manejo de forma mais precisa. A correlação com variáveis climáticas ao longo do ano amplia ainda mais seu potencial no monitoramento da produtividade e na definição de estratégias hídricas por genótipo (Silva et al., 2024).

CONCLUSÃO

A vegetação mostra-se, em geral, vigorosa, com destaque para os índices NDVI e SAVI, que apresentaram maiores valores médios e menor dispersão. O NDRE revelou maior variabilidade, refletindo maior sensibilidade ao estresse fisiológico. A análise estatística e espacial dos índices evidencia uma distribuição heterogênea da vegetação, com menor vigor em áreas elevadas e inclinadas.

AGRADECIMENTOS

A CAPES pela bolsa de Doutorado do segundo e terceiro autor.

REFERÊNCIAS

- Biazoto, J. C.; Rosa, H. A. Análise da dinâmica temporal de índices de vegetação na geração de zonas de manejo agrícola. *Revista Cultivando o Saber*, v. 17, p. 265-277, 2024.
- Campos, M. B. L. M. B.; Danelichen, V. H. M. Sensoriamento Remoto e Estudos de Clima Urbano. *Ensaio e Ciência*, v. 25, p. 195-199, 2021.
- Conab - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de café, Brasília, DF, v.12, n. 2, segundo levantamento, maio 2025.
- Planet Labs PBC. Planet Application Program Interface: In Space for Life on Earth. San Francisco, CA. Disponível em: <https://www.planet.com/>. Acesso em: 10 de agosto de 2022.
- QGIS.org. QGIS Geographic Information System. QGIS Association. 2022. Disponível em: <http://www.qgis.org> Acesso em: 03 de fevereiro de 2024.
- Santos, H. G.; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C.; Oliveira, V. A.; Lumbrellas, 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, M. V.; Pandorfi, H.; Almeida, G. L. P.; Lima, R. P.; Santos, A.; Jardim, A. M. R. F.; Rolim, M. M.; Silva, J. L. B.; Batista, P. H. D.; Silva, R. A. B.; Lopes, P. M. O.; Silva, D. C. Spatio-temporal monitoring of soil and plant indicators under forage cactus cultivation by geoprocessing in Brazilian semi-arid region. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 107, 2021.
- Silva, P. C.; Ribeiro Junior, W. Q.; Ramos, M. L. G.; Lopes, M. F.; Santana, C. C.; Casari, R. A. C. N.; Brasileiro, L. O.; Veiga, A. D.; Rocha, O. C.; Malaquias, J. V.; Souza, N. O. S.; Roig, H. L. Multispectral Images for Drought Stress Evaluation of Arabica Coffee Genotypes Under Different Irrigation Regimes. *Sensors*, v. 24, 2024.
- Tang, Y.; Dananjayan, S.; Hou, C.; Guo, Q.; Luo, S.; He, Y. A survey on the 5G network and its impact on agriculture: Challenges and opportunities. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 180, 2021.
- Vieira, D. P. C. M.; Danelichen, V. H. M.; Campos, M. B. L. M. Investigação do Uso de Parâmetros Biofísicos na Influência do Microclima Dentro de Áreas Urbanas. *Ensaio e Ciência*, v. 25, p. 16-20, 2021.
- Zanella, M. A.; Martins, R. N.; Silva, F. M.; Carvalho, L. C. C.; Alves, M. C.; Rosas, J. T. F. Coffee yield prediction using high-resolution satellite imagery and crop nutritional status in Southeast Brazil. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 180, 2021.
- 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.