

VARIAÇÃO ESPECTRAL DE ÍNDICE DE VEGETAÇÃO NDVI PELOS ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DA CULTURA DO AMENDOIM (*Arachis hypogaea*)

Veridiany Gabriele Garcia Santos¹

Victor Clemente dos Santos¹

Renata Bruna dos Santos Coscolin Favan²

João Ricardo Favan²

RESUMO: O amendoim é uma importante cultura no estado de São Paulo, sendo destinado principalmente para a produção de óleo. Por ser uma planta de crescimento indeterminado e de manejo complexo, incluindo colheita indireta, é necessário acompanhamento constante dos produtores e consultores. Portanto, o objetivo desse trabalho foi monitorar a variabilidade espacial e temporal de um índice de vegetação em uma área comercial de amendoim e associar esses valores com os estádios fenológicos da planta. Para isso, foram adquiridas imagens de satélite da plataforma Sentinel-2, referentes a uma área no município de Iacri, SP. Foram coletadas imagens de seis datas diferentes dentro do ciclo da cultura. As imagens foram processadas em uma aplicação de SIG (Sistemas de Informações Geográficas) denominada QGIS para geração do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). Como resultado, foram observadas diferenças espaciais nos valores de NDVI, produzindo duas subáreas dentro da mesma área. Além disso, foi possível associar os valores de NDVI com os estádios fenológicos (EF), como o início do período reprodutivo devido ao aumento substancial dos valores do índice de vegetação. Portanto, o uso de imagens de satélite e índices de vegetação pode ser adequado para monitorar a variabilidade espacial e temporal do amendoim, auxiliando na tomada de decisão dos produtores.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto orbital; Monitoramento fenológico; Sentinel-2, NDVI

11 INTRODUÇÃO

O amendoim (*Arachis hypogaea*) destaca-se globalmente devido à sua significativa importância econômica, estando entre as culturas mais

¹ Discente em Mecanização em Agricultura de Precisão na FATEC Pompeia, Pompeia-SP,

² Docentes do curso Mecanização em Agricultura de Precisão, FATEC Pompeia, Pompeia-SP.

proeminentes na produção de óleo e proteína em todo o mundo, tendo como maiores produtores a China, Índia, Nigéria e Estados Unidos (USDA, 2023).

No Brasil, a safra 2023/2024 registrou uma produção de 910,9 mil toneladas de amendoim, com uma produtividade média de 3.589 kg.ha⁻¹. A expectativa é de aumento na área cultivada nas próximas safras, impulsionado pelos atrativos preços no mercado e pela perspectiva otimista no setor exportador, onde o amendoim brasileiro apresenta competitividade internacional (CONAB, 2023).

O estado de São Paulo assume a posição de principal produtor de amendoim no Brasil, respondendo por 90% da produção nacional desse importante grão. Notavelmente, cinco regiões - Tupã, Marília, Presidente Prudente, Jaboticabal e Assis - despontam como os epicentros de maior produção no estado (SAMPAIO et al., 2021). Entretanto, a safra 2023/2024 trouxe consigo desafios significativos para São Paulo, com a janela de semeadura sendo restrita devido à escassez de chuvas durante a semeadura, demandando o retrabalho em várias áreas. Apesar desses contratemplos, as perspectivas são de recuperação ao longo do ciclo produtivo (CONAB, 2023).

O amendoim possui crescimento indeterminado, sua parte vegetativa desenvolve-se horizontalmente e suas vagens abaixo do solo. Após a polinização, o amendoim desenvolve o gineceu, estrutura de crescimento geotrópico, que enterra o fruto (vagem) abaixo do solo (SUN et al., 2013). Este crescimento é contínuo, consequentemente na mesma área e/ou planta é encontrado diferentes estádios de maturação (BOOTE, 1982).

A maturação é classificada manualmente, sendo necessário raspar o exocarpo para visualizar a cor do mesocarpo, de modo que: branco, amarelo e laranja para imaturo e marrom e preto para maduro (SHENG et al., 2019).

Colher muito cedo resulta em prejuízos econômicos devido a vagens imaturas, enquanto colher tarde demais leva a perdas devido à deterioração do pedúnculo (SANTOS et al., 2013).

A avaliação da maturidade para estabelecer o momento adequado para colheita é um grande desafio para os produtores, onde método tradicional baseia-se na raspagem do exocarpo, para revelar a verdadeira cor do mesocarpo, necessitando de julgamento especializado para precisão e confiabilidade (DOS SANTOS et al., 2021).

Nesse contexto, o sensoriamento remoto (SR) emerge como uma tecnologia útil para a análise da cobertura vegetal, integrando índices de vegetação como o Índice de Vegetação Por Diferença Normalizada (NDVI) ao estágio fenológico das culturas (JENSEN, 2009). Essa abordagem possibilita a coleta de dados sem a necessidade de contato físico com o alvo, utilizando satélites, e permite associá-los ao período ideal de colheita das áreas em estudo. Os dados provenientes do sensoriamento remoto (SR) não apenas oferecem contribuições significativas para o monitoramento, mas também possibilitam a estimativa de parâmetros biofísicos das culturas agrícolas. Esses parâmetros são essenciais para embasar as decisões de gestão das áreas cultivadas pelos agricultores (FORMAGGIO & SANCHES, 2017).

O monitoramento da resposta espectral é amplamente realizado através de índices de vegetação, que são operações algébricas com base na reflectância em bandas espectrais específicas (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012). O NDVI é o índice mais usado na literatura, calculado através da diferença normalizada das bandas do vermelho e infravermelho próximo, sendo um importante indicador de quantidade e qualidade da massa verde na superfície da vegetação (ROUSE et al., 1974).

Diante do crescimento indeterminado do amendoim e da dificuldade em avaliar a variabilidade das plantas no campo, a aplicação do sensoriamento remoto é uma alternativa viável em busca de melhorias na cadeia produtiva da cultura, em especial o momento de colheita. Desse modo o objetivo desse trabalho foi monitorar a variação espectral do amendoim ao longo de seu ciclo de desenvolvimento, utilizando o NDVI associando aos estágios fenológicos da cultura.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização das áreas de estudo

O monitoramento por imagens de satélite foi realizado em área comercial de 77ha, nas coordenadas geográficas 21° 42' 2.00"S, 50° 33' 39.62"O, cultivada

com a cultura do amendoim na safra 2022/23, localizada no município de Iacri, no estado de São Paulo (Figura 1).

Figura 1 – Área de estudo no município de Iacri, SP.



Fonte: Autores, 2023

O amendoim foi semeado em 19 de setembro de 2022, em solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelado, de acordo com o Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (ROSSI, 2017). A cultivar utilizada foi a IAC OL3, com ciclo aproximado de 130 dias, semeada com espaçamento de 0,90 m entre linhas. A cultivar tem ciclo aproximado de 130 dias, comumente utilizada em renovação de áreas com cana-de-açúcar.

O estágio fenológico (EF) da cultura de amendoim foi estimado com base na quantidade de dias após a semeadura (DAS) no talhão (Tabela 1), conforme definido no estudo de (PEIXOTO et al, 2008).

Tabela 1 – Desenvolvimento Fenológico da Cultura do Amendoim

Símbolo	Denominação	Descrição
E	Emergência	6 DAS
FT	Primeiras folhas tetrafoliadas	9 DAS
PR	Primeiros ramos	14 DAS
FL	Florescimento	29 DAS
AG	Aparecimento do ginóforo	36 DAS
ALG	Alongamento do ginóforo	40 DAS
FV	Formação de vagem (frutificação)	47 DAS

FF	Final da floração	74 DAS
MCV	Maduração completa da vagem	99 DAS

Essas variáveis foram empregadas como componentes do atributo EF na análise dos dados realizada neste estudo.

2.2 Aquisição das imagens de satélite

As imagens de satélite utilizadas para área de estudo foram adquiridas entre 19 de setembro a 27 de dezembro de 2022, sendo 19/set, 25/set, 28/set, 03/10, 18/10, 25/10, 29/10, 05/11 02/12 e 27/12, abrangendo o ciclo de semeadura à colheita. As imagens foram obtidas pelo satélite Sentinel-2 (SENTINEL, 2014), por meio da plataforma *Google Earth Engine* (GEE) (GORELICK et al., 2017), com um *script* desenvolvido em linguagem JavaScript. Foi utilizado como critério de seleção a permanência apenas das imagens com menos de 20% de cobertura de nuvens.

Posteriormente, foram eliminados *pixels* com presença de nuvens, resultando em um mosaico de imagens adequadas para análise (COLUZZI et al., 2018). As imagens desses sensores possuem resolução espacial de 10 m e quatro bandas espectrais, sendo três no visível, Azul-*Blue* (490 nm), Verde-*Green* (560 nm), vermelho-*Red* (665 nm) e uma no infravermelho próximo-NIR (842 nm) (SENTINEL, 2014).

O NDVI (Equação 1) foi calculado a partir das imagens processadas utilizando a função padrão para essa finalidade. O valor do NDVI foi incorporado como uma banda em cada imagem processada (AMIRI & POURGHASEMI, 2022). Após a geração do NDVI, os dados resultantes para cada área e cada data de coleta foram exportados em arquivos no formato de valores separados por vírgulas (CSV).

(1)

$$NDVI = \left(\frac{NIR - Red}{NIR + Red} \right)$$

2.3 Análise dos dados

Os arquivos de dados NDVI foram importados para uma plataforma de análise de dados, composta pela *Integrated Development Environment* (IDE)

Jupyter Notebook na versão 7.0.6 (JUPYTER, 2015). A análise foi conduzida usando a linguagem de programação Python na versão 3.12.0 (VAN ROSSUM & DRAKE, 2009).

Os dados foram formatados e incluíram os seguintes atributos: geo (coordenadas geográficas dos pontos de coleta de dados), Area (área experimental à qual o ponto pertence), EF (estádio fenológico estimado da cultura naquele ponto na data de coleta), Data (data da obtenção da imagem pelo satélite) e NDVI (valor do NDVI para o ponto na data correspondente). Para a formatação dos dados, foram utilizadas as bibliotecas Pandas na versão 2.1.1 (PANDAS, 2020) e Numpy na versão 1.26.0 (HARRIS et al., 2020).

A análise exploratória dos dados compreendeu a criação de boxplots para os valores do NDVI em relação às áreas de estudo (Área 1 e Área 2, subáreas) e às datas de coleta, considerando os estádios fenológicos estimados da cultura do amendoim. Essa análise foi realizada com a biblioteca Seaborn, na versão 0.13 (WASKOM, 2021) e incluiu o teste de normalidade dos valores por meio do Teste de Shapiro-Wilk (SHAPIRO & WILK, 1965), implementado na biblioteca Scipy versão 1.11.3 (VIRTANEN et al., 2020).

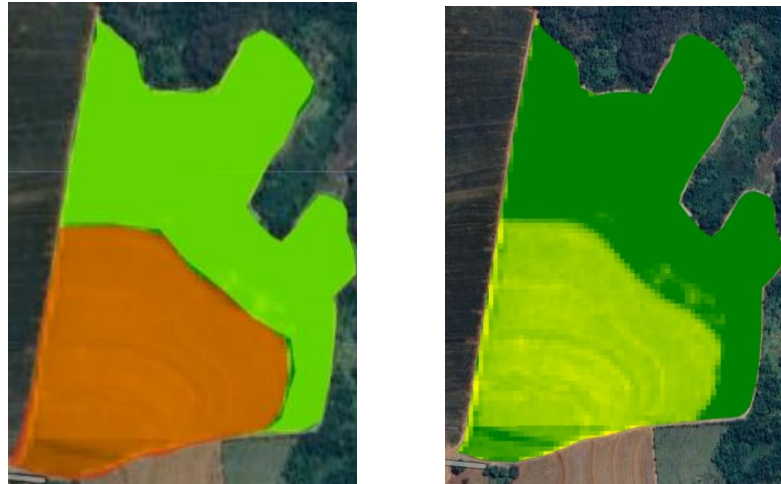
Os dados de NDVI foram submetidos a análises estatísticas avançadas, incluindo a técnica de Análise de Medidas Repetidas (AMR) (GIRDEN, 1992), que compara os dados de uma amostra em relação a ela mesma ao longo das diferentes datas de coleta das imagens. A AMR foi implementada com a biblioteca Pingouin versão 0.5.3 (VALLAT, 2018). Além disso, os dados foram analisados quanto às variações nos estádios fenológicos estimados por meio da análise de variância e teste de medianas, utilizando o teste de Kruskal-Wallis (KRUSKAL & WALLIS, 1952) e o teste de Dunn (DINNO, 2015), estes testes foram implementados nas bibliotecas Scipy versão 1.11.3 (VIRTANEN et al., 2020) e Scikit-posthocs versão 07.0 (TERPILOWSKI, 2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise temporal ao longo do ano de 2022, conforme observado na Figura 2 foi possível verificar uma diferença no comportamento do índice NDVI em duas frações distintas da área de estudo denominadas Subárea 1

(Sub1) correspondente à fração inferior do talhão e Subárea 2 (Sub 2) correspondente à área superior do talhão.

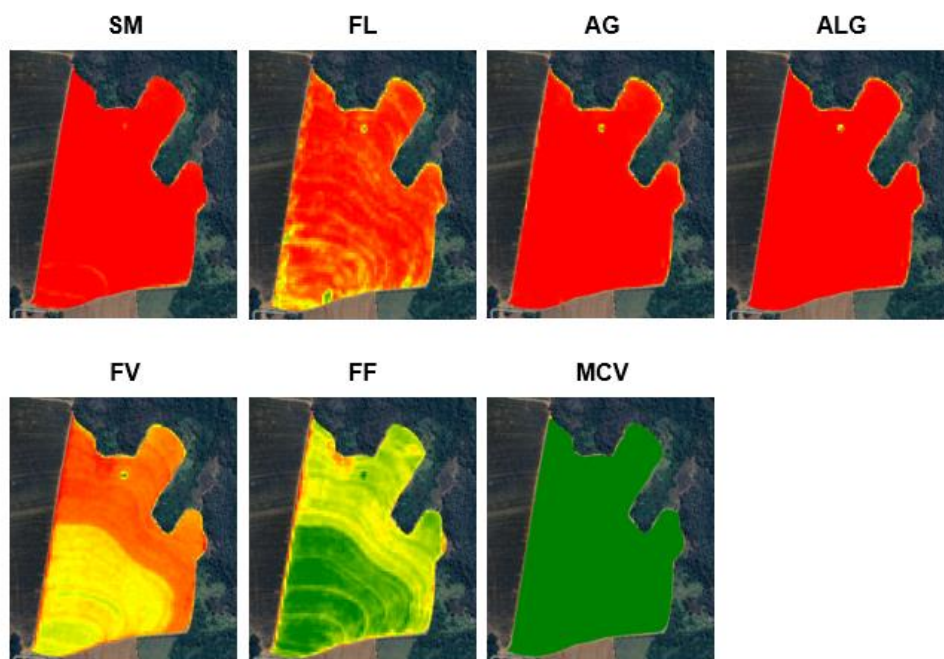
Figura 2 – Subdivisão da área com base na diferença entre os valores de NDVI. Primeira figura com a subdivisão, segunda figura com os valores de NDVI 0 à 1.



Fonte: os autores. (2024).

Durante o período de avaliação, foram obtidas 7 imagens para o NDVI ao longo do ciclo da cultura (Figura 3). Foram identificados pela literatura 10 estádios para realização das leituras de NDVI ao longo do ciclo da cultura, distribuídas entre os estádios SM e MCV, entretanto somente a partir do estágio FL as imagens abrangeram ambas as subáreas apresentadas na Figura 3.

Figura 3 – Mapas de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) comparados aos estádios de desenvolvimento fenológico do amendoim



Fonte: os autores (2024).

Pode-se verificar que durante os estádios EM, FT e PR, correspondentes a 6 DAS até 15 DAS, referente as imagens do período entre 19/09 à 04/10 não abrangeram toda as extensões das Sub1 e Sub2, o que impediu o acompanhamento principalmente no início do período vegetativo da cultura (Tabela 2).

Pesquisas realizadas por Simões et al. (2021) destacaram a influência causada pela precipitação prévia à passagem do satélite na variação no comportamento espectral da vegetação, influenciada por fenômenos climáticos, como *La Niña* e *El Niño*, principalmente na região sudeste. Assim, ao longo dos últimos anos, a distribuição pluviométrica e, por conseguinte, o balanço hídrico não têm se mantido constantes.

Segundo o trabalho de Abreu e Hernandez (2021) a avaliação do balanço hídrico sequencial durante alguns anos mesmo em períodos chuvosos na região de Pereira Barreto SP, mostrou períodos de déficit hídricos em meses como janeiro e fevereiro. Logo, estudos que envolvam a identificação das regiões com maior variação na demanda evapotranspiratória através de índices de vegetação são fortemente recomendados.

A dificuldade para o produtor e/ ou profissional agrícola em gerir e integrar essas informações como NDVI, informações climáticas e balanço hídrico, não favorecem um bom planeamento agrícola o qual deve ser baseado nesses fatores limitantes a produção do amendoim como temperatura e água (FERRARI NETO et al., 2012).

O constante aumento na média de NDVI para ambas as subáreas foi detectado a partir do estágio AG (40 DAS) até MCV (95 DAS), no qual se atingiu o ponto máximo para Sub1 de 0,701 e para Sub2 de 0,681 respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2 – Valores de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) comparativo aos estádios de desenvolvimento fenológico do amendoim.

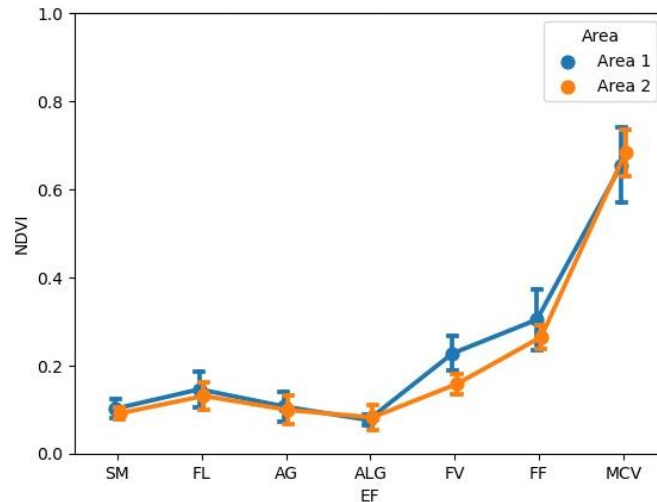
Estádio	SM	E	FT	PR	FL	AG	ALG	FV	FF	MCV
DAS	0	6	9	14	29	36	40	47	74	99
Data Estimada	19/09/22	25/09/22	28/09/22	03/10/22	18/10/22	25/10/22	29/10/22	05/11/22	02/12/22	27/12/22
DAS – NDVI	0			15	25	35	40	60	70	95
Data – NDVI	19/09/22			04/10/22	14/10/22	24/10/22	29/10/22	18/11/22	28/11/22	23/12/22
NDVI – Sub 1	0,101			0,092	0,146	0,106	0,076	0,227	0,34	0,701
NDVI – Sub2	0,092				0,132	0,101	0,084	0,159	0,265	0,681

DAS - EDF: dias após a semeadura da realização da leitura do estágio de desenvolvimento fenológico; **DAS - NDVI:** dias após a semeadura da realização da leitura de NDVI; **NDVI:** valores médios de NDVI para os referidos dias e estádios 1 e 2.

A planta de amendoim em estágio de desenvolvimento fenológico AG é caracterizada por apresentar as folhas tetrafoliadas e ramos totalmente desenvolvidos, enquanto MCV período próximo a maturação completa das vagens (Peixoto et al, 2008).

A partir do gráfico 1 foi possível identificar a elevação do índice NDVI entre o final do período vegetativo (25 DAS) e durante o período reprodutivo (FL – 29 DAS e MCV- 95 DAS).

Gráfico 1 – Perfil do NDVI para Sub1 e Sub2 (Áreas 1 e 2) para cada estágio fenológico



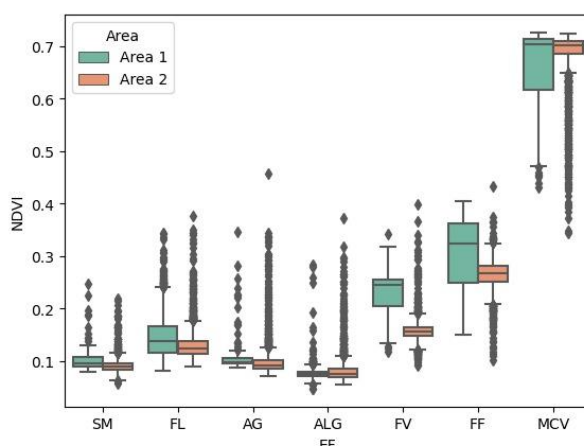
Essa elevação mais acentuada do NDVI durante o período reprodutivo demonstra estar associada ao período de florescimento desuniforme (Kassai et al 1996), plasticidade adaptativa e mecanismos fisiológicos que lhe conferem a capacidade de se desenvolver em ambientes edafoclimáticos com alta variabilidade espacial e por meio das modificações morfológicas ao longo dos estádios fenológicos da cultura. (BOOTE, 1982, NAKAGAWA et al, 2000, FERRARI – NETO 2012).

Com isso, a planta de amendoim pode manter seu vigor mesmo no período reprodutivo, sendo difícil identificar o período de senescência (DOS SANTOS et al., 2021).

Outra característica observada na área a partir do box plot (Gráfico 2) é a maior variabilidade do NDVI durante os estádios fenológicos do amendoim na Sub1 em relação a Sub2. Isso sinaliza que as plantas presentes na subárea 1 foram submetidas a maior variação entre os fatores limitantes a produção do amendoim como água, temperatura (FERRARI NETO, 2012).

De acordo com o autor, a cultivares precoces como a IAC OL3 durante a safra das águas não terão restrição hídrica, entretanto a distribuição, retenção de água no perfil de solo e alta variação de temperatura durante esse período pode ter sido fator contribuinte para essa variação maior na Sub 1, Santos et al (2020) também observou em seu trabalho relações entre NDVI e temperatura.

Gráfico 2 – Boxplot dos valores de NDVI para cada área em cada estágio fenológico estimado.



Conforme indicado na tabela 3, as Sub 1 e Sub 2 demonstram diferenças significativas nos estádios FL, AG, FV e FF, evidenciadas pela disparidade no desenvolvimento das plantas entre essas subáreas até o estágio MCV. Já em relação a diferença entre os estádios fenológicos dentro de cada subárea observamos que para Sub 1, apenas o SM e AG não diferem entre si apresentando os menores valores de NDVI, 0,09 e 0,08 respectivamente. Já para Sub 2 todos os estádios fenológicos diferem entre si.

Tabela 3 – Teste estatístico de Dunn para diferença entre valores de NDVI para os estádios e sub-áreas .

	Sub 1			Sub 2		
	Mediana	IQR		Mediana	IQR	
SM	0,094	0,01	a E	0,089	0,01	b F
FL	0,137	0,05	a D	0,123	0,02	b D
AG	0,097	0,01	a E	0,091	0,016	b E
ALG	0,075	0,009	a F	0,075	0,016	a G
FV	0,244	0,05	a C	0,155	0,017	b C
FF	0,323	0,11	a B	0,267	0,02	b B
MCV	0,703	0,09	a A	0,701	0,02	a A

a: letras minúsculas diferentes significa que a mediana se difere significativamente entre as áreas (linha); A: letras maiúsculas diferentes significa que a mediana se difere significativamente entre os estádios fenológicos na mesma área(coluna); Significancia de 95% de probabilidade calculada por meio do teste Dwass_steel-Critchlow-Fligner.

Após esse período, os estágios posteriores que marcam o desfecho do ciclo da cultura não foram contemplados nesta pesquisa devido à reduzida influência do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) durante essas fases segundo Zerbato et al (2016).

Souza et al. (2020) em seu trabalho sobre qualidade da aquisição de NDVI na cultura do amendoim a partir de sensores terrestres demonstra que aos 75 DAS e 85 DAS (estádios R2 e R4) a cultura apresentou o mesmo

comportamento, explicado pela vegetação mais densa e valores de NDVI entre 0,6 a 0,9. O trabalho também aponta uma diferença na alta variabilidade do processo entre os sensores testados, o que justifica que a maior variabilidade temporal detectada por esses sensores está associada a características biofísicas da planta principalmente a biomassa, largura do dossel e índice de clorofila (CARNEIRO et al 2020).

Sendo assim, um ponto importante é destacar no presente estudo é que os estágios mencionados foram estimados com base na literatura existente, no entanto, para aprimorar a precisão dessa relação entre o NDVI e os estágios fenológicos da cultura do amendoim, é essencial complementar essas estimativas com um acompanhamento *in loco* dos estágios fenológicos da desta cultivar e levar em consideração o método de aquisição dos dados.

4 CONCLUSÃO

Através do NDVI, foi possível identificar diferentes padrões deste índice o que acarretou a discriminação da área de estudo em duas subáreas (SUB 1 e SUB 2).

Os valores de NDVI tiveram maior variabilidade tanto espacial quanto temporal na Sub1 em relação a Sub 2 ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura, principalmente ao final do ciclo vegetativo e durante o ciclo reprodutivo demonstrada pela variação espectral das imagens.

A utilização do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) permitiu a diferenciação entre os estádios fenológicos analisados da cultura tanto para Sub1 e Sub2 a partir de FL devido à falta de dados (imagens) referentes aos estádios iniciais do período vegetativo da cultura durante o período analisado. Como impacto prático, a técnica poderia ser aprimorada para o uso de cooperativas, que monitorariam as áreas de seus associados para quantificar o percentual de área próxima a colheita ou com atraso no desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

- ABREU, P. A. da S.; HERNANDEZ, F. B. T. Balanço hídrico climatológico normal e sequencial do município de Pereira Barreto - SP como auxílio para o planejamento da agricultura irrigada. **Irriga**, [S. l.], v. 1, n. 3, p. 530–545, 2021. DOI: 10.15809/irriga.2021v1n3p530-545. Disponível em: <https://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/4390>. Acesso em: 20 abril. 2024.
- AMIRI, M., POURGHASEMI, H. Chapter 8 - Mapping the NDVI and monitoring of its changes using Google Earth Engine and Sentinel-2 images in POURGHASEMI, H (ed). **Computers in Earth and Environmental Sciences**. Elsevier, 2022, p. 127-136. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-89861-4.00044-0>. Acesso em 22 out 2023.
- BOOTE, K. J. Growth Stages of Peanut (*Arachis hypogaea* L.)1. **Peanut Science**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 35–40, 1982.
- CONAB. **Conab - Safra Brasileira de Grãos**. 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 2 fev. 2024.
- MORLIN CARNEIRO, F.; ANGELI FURLANI, C. E.; ZERBATO, C.; CANDIDA DE MENEZES, P.; DA SILVA GÍRIO, L. A.; FREIRE DE OLIVEIRA, M. Comparison between vegetation indices for detecting spatial and temporal variabilities in soybean crop using canopy sensors. **Precision Agriculture**, [s. l.], v. 21, n. 5, p. 979–1007, 2020.
- COLUZZI, R. IMBREDI, V. LANDREDI, M. SIMONIELLO, T. A first assessment of the Sentinel-2 Level 1-C cloud mask product to support informed surface analyses. **Remote Sensing of Environment**, v. 217, 2018, p. 426-443. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.08.009>. Acesso em 22 out 2023
- DINNO, A. Nonparametric Pairwise Multiple Comparisons in Independent Groups using Dunn's Test. **The Stata Journal**, n. 15. v. 1. 2015. p 292-300. doi: <https://doi.org/10.1177/1536867X1501500117>. Acesso em 22 out 2023.
- DOS SANTOS, A. F.; CORRÊA, L. N.; LACERDA, L. N.; TEDESCO-OLIVEIRA, D.; PILON, C.; VELLIDIS, G.; DA SILVA, R. P. High-resolution satellite image to predict peanut maturity variability in commercial fields. **Precision Agriculture**, [s. l.], v. 22, n. 5, p. 1464–1478, 2021.
- FEITOSA, C. T.; NOGUEIRA, S. S. S.; GERIN, M. A. N.; RODRIGUES FILHO, F. S. O. Avaliação do crescimento e da utilização de nutrientes pelo amendoim. **Scientia Agrícola**, v. 50, n. 3, p. 427–437, out. 1993.
- FERRARI NETO, J.; COSTA, C. H. M. da; CASTRO, G. S. A. Ecofisiologia do amendoim. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 11, n. 4, p. 01–13, 2013. DOI: 10.18188/sap.v11i4.6033. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/6033>. Acesso em: 05 março 2024.
- FORMAGGIO, R.; SANCHES, I. D. **Sensoriamento remoto em agricultura**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

GIRDEN, E. ANOVA: Repeated measures. 1992. **Sage Publications**. Newbury Park. doi: <https://doi.org/10.4135/9781412983419>.

GORELICK, N., HANCHER, M., DIXON, M., ILYUSHCHENKO, S., THAU, D., MOORE, R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, Elsevier, 2017. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>. Acesso em 22 out 2023

HARRIS, C.R., MILLMAN, K.J., VAN DER WALT, S.J. et al. Array programming with NumPy. **Nature**. 2020. n. 585, p. 357–362 . doi: 10.1038/s41586-020-2649-2. disponível em: <https://numpy.org>. Acesso em 22 out 2023

JENSEN, John. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma perspectiva em recursos terrestres**. 2. ed. São José Carlos: Parentese, 2009. v. 2 .

JUPYTER. Jupyter Notebook. Jupyter Team. 2015. Versão 7.0.6. Disponível em: <https://docs.jupyter.org>. Acesso em 22 out 2023

KRUSKAL, W., WALLIS, W. Use of Ranks in One-Criterion Variance Analysis. **Journal of the American Statistical Association**, n. 47. 1952. p. 583-621. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/01621459.1952.10483441>. Acesso em 22 out 2023

PANDAS DEVELOPMENT TEAM. Pandas. Zonodo. 2020. versão 2.1.1. doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3509134>. Disponível em : <https://pandas.pydata.org>. Acesso em 22 out 2023

PEIXOTO, C. P.; GONÇALVES, J.A.; PEIXOTO, M. F.; CARMO, D.O. Características agronômicas e produtividade de amendoim em diferentes espaçamentos e épocas de semeadura no recôncavo Baiano. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 3, p. 563-568, 2008.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento remoto da vegetação** - 2a ed. 2012.

ROSSI, M. 2017. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado**. São Paulo: Instituto Florestal, v.1, p.118, 2017.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. Em: 1974, Anais... [s.l: s.n.] Disponível em: <<https://ntrs.nasa.gov/citations/19740022614>>. Acesso em: 02 fev. 2024.

SAMPAIO, R. M.; FREDO, C. E. Características socioeconômicas e tecnologias na agricultura: um estudo da produção paulista de amendoim a partir do Levantamento das Unidades de Produção Agropecuária (LUPA) 2016/17. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, [s. l.], v. 59, p. e236538, 2021.

SANTOS, E. P. ; SILVA, R. P.; BERTONHA, R. S.; NORONHA, R. H. de F.; ZERBATO, C. Produtividade e perdas de amendoim em cinco diferentes datas de arranquio. **Revista Ciência Agronômica**, [s. l.], v. 44, p. 695–702, 2013.

SENTINEL, E. S. A. Missions-Sentinel Online. ESA: Paris, France, 2014.

SIMÕES, E.M; LIMA, J.R.; MENDONÇA, I.F.C. Índice de vegetação por diferença normalizada associado às variáveis pluviométricas para a sub-bacia do Rio Espinharas – PB/RN. **Nativa, Sinop**, v. 9, n. 1, p. 106–114, jan. 2021.

SHAPIRO, S., WILK, M. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v. 52. n. 3–4. 1965. p. 591–611. doi: <https://doi.org/10.1093/biomet/52.3-4.591>

SHENG ZOU.; TSENG, Y. C.; ZARE, A.; DIANE, L.; ROWLAND. B.; TILLMAN, S.; SEUNG-CHUL, Y. Peanut maturity classification using hyperspectral imagery. **Biosystems Engineering**. v. 188, p. 165-177, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2019.10.019>

SUN, Y.; WANG, Q.; LI, Z.; HOU, L.; DAI, S.; LIU, W. Comparative proteomics of peanut gynophore development under dark and mechanical stimulation. **Journal of proteome research**, v. 12, n. 12, 5502-11, 2013. <https://doi.org/10.1021/pr4003504>

TERPILOWSKI, M. Scikit-posthocs: Pairwise multiple comparison tests in Python. **Journal of Open Source Software**, n. 4, v. 36. 2019. 1169 p, doi: <https://doi.org/10.21105/joss.01169>. Acesso em: 22 out 2023.

USDA. **Explorador de amendoim**. 2023. Disponível em: <<https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/cropview/commodityView.aspx?cropid=2221000>>. Acesso em: 2 fev. 2024.

VAN ROSSUM, G. DRAKE, F. Python 3 Reference Manual. CreativeSpace. 2009. Scotts Valey. Disponível em: <https://www.python.org>. Acesso em 22 out. 2023

VIRTANEN, P. et al. SciPy 1.0: Fundamental Algorithms for Scientific Computing in Python. **Nature Methods**, v. 17. n. 3. 2020. p 261-272. doi: 10.1038/s41592-019-0686-2. Disponível em: <https://scipy.org>. Acesso em 22 out 2023

WASKOM, M., Seaborn: statistical data visualization. **Journal of Open Source Software**. v. 6, n. 60. 3021 p. 2021. doi: <https://doi.org/10.21105/joss.03021>. Disponível em: <https://seaborn.pydata.org>. Acesso em 22 out. 2023

VALLAT, R. Pingouin: statistics in Python. **Journal of Open Source Software**, n. 3, v. 31. 2018. 1026 p. doi: <https://doi.org/10.21105/joss.01026>. Disponível em: <https://doi.org/10.21105/joss.01026>. Acesso em: 22 out. 2023

Zerbato, C.; Rosalen, D. L.; Furlani. C. E. A.; Deghaid, J. M. Agronomic characteristics associated with the normalized difference vegetation index (NDVI) in the peanut crop. **Australian Journal of Crop Science**, n.10, v.5, 758-764 (2016).