

# SÉRIES TEMPORAIS DE IMAGENS DE SATÉLITE APOIANDO A TOMADA DE DECISÃO POR PEQUENOS PRODUTORES

Tamires Lima da Silva<sup>1</sup>, Luciana Alvim Santos Romani<sup>2</sup>, Celia Regina Grego<sup>3</sup>, Ariovaldo Luchiari Junior<sup>4</sup>, Glauber José De Castro Gava<sup>5</sup>, Ademar Pereira<sup>6</sup> e Silvia Maria Fonseca Silveira Massruhá<sup>7</sup>

<sup>1,2,3,4,7</sup> Embrapa Agricultura Digital, Av. Dr. André Tosello, 209 – Cidade Universitária, CEP: 13083-886, Campinas – SP, tamires.silva@colaborador.embrapa.br, luciana.romani@embrapa.br, celia.grego@embrapa.br, ariovaldo.luchiari@embrapa.br e silvia.massruha@embrapa.br

<sup>5</sup> Instituto Agrônômico de Campinas, Centro de Ação Regional, Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento de Jaú “Hélio de Moraes” Rodovia SP-304 (Jaú-Bariri), km 304 Rural, CEP: 17201970, Jaú-SP, glauber.castro@sp.gov.br

<sup>6</sup> Sindicato Rural de Caconde, R. Benedito de Oliveira Santos, 64 – Centro, CEP: 13770-000, Caconde-SP, ademarpereira.caconde@hotmail.com

## RESUMO

Este estudo investigou a relação entre a variabilidade temporal do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), Índice de Vegetação Melhorado (EVI) e a precipitação pluviométrica em pequenas propriedades produtoras de café e cana-de-açúcar nos municípios paulistas de Caconde e Alto Alegre. Utilizando dados do Sistema de Análise Temporal da Vegetação (SATVeg), foram monitorados o NDVI no Sítio Progresso, área cafeeira de Caconde, e o EVI no Bairro Santana, região produtora de cana-de-açúcar em Alto Alegre, de 2002 a 2023. Os índices foram correlacionados aos dados de precipitação pluviométrica do Sistema Agritempo. A análise revelou uma correlação positiva e moderada entre a precipitação pluviométrica e os índices, indicando que tanto o NDVI quanto o EVI tendem a aumentar com o aumento da precipitação pluviométrica. Conclui-se que a análise temporal dos índices NDVI e EVI é útil para o ajuste de práticas agrícolas, auxiliando pequenos produtores na tomada de decisão.

**Palavras-chave** — NDVI, EVI, café, cana-de-açúcar.

## ABSTRACT

*This study investigated the relationship between the temporal variability of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), the Enhanced Vegetation Index (EVI) and rainfall on small coffee and sugarcane farms in the São Paulo municipalities of Caconde and Alto Alegre. Using data from the Temporal Vegetation Analysis System (SATVeg), NDVI was monitored in Sítio Progresso, a coffee-growing area in Caconde, and EVI in Bairro Santana, a sugarcane-producing region in Alto Alegre, from 2002 to 2023. The indices were correlated with rainfall data from the Agritempo system. The analysis revealed a positive and moderate correlation between rainfall and the indices, indicating that both NDVI and EVI tend to increase with increasing rainfall. It is concluded that the temporal analysis of the NDVI and EVI*

*indices is useful for the adjustment of agricultural practices, helping small producers to make decisions.*

**Key words** — NDVI, EVI, coffee, sugarcane.

## 1. INTRODUÇÃO

O Sistema de Análise Temporal da Vegetação (SATVeg), uma ferramenta web desenvolvida pela Embrapa Agricultura Digital, permite a observação e obtenção de séries temporais dos índices de vegetação, como o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e o Índice de Vegetação Melhorado (EVI), para qualquer local na América do Sul [1]. Esses índices são derivados de imagens do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), a bordo das plataformas orbitais Terra e Aqua do programa *Earth Observing System* (EOS). O sensor possui resolução espacial de 250 m e resolução temporal de 16 dias [2].

O EVI e o NDVI apresentam forte correlação com o índice de área foliar e a biomassa, ambos parâmetros cruciais para o monitoramento do desenvolvimento fenológico de culturas agrícolas [3]. Essa correlação permite detectar estresses ao longo do ciclo de produção e prospectar intervenções necessárias.

O estresse hídrico é um fator limitante ao desenvolvimento pleno das plantas. Nesse contexto, a associação dos índices NDVI e EVI a dados de precipitação pluviométrica oferece suporte valioso ao planejamento agrícola e à elaboração de planos de ação.

Nos municípios de Alto Alegre e Caconde, que apresentam grande concentração de pequenos produtores rurais, a cana-de-açúcar e o café são, respectivamente, as principais culturas produzidas.

Estudos comparativos entre NDVI e EVI, realizados para monitorar o desenvolvimento da cana-de-açúcar e do café, apontam que o EVI é mais adequado para o monitoramento da cana-de-açúcar, uma cultura com maior adensamento [3]. Em contrapartida, o NDVI se mostra mais apropriado para a cafeicultura, uma planta cultivada com menor adensamento [4].



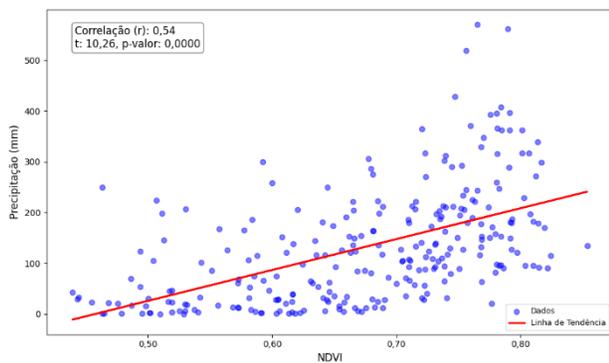
Esses dados de precipitação pluviométrica foram agrupados em valores acumulados mensais, resultando em uma série com 264 observações, de janeiro de 2002 a dezembro de 2023.

#### 2.4. Análise estatística

A correlação linear de Pearson foi utilizada para avaliar a relação entre os dados de precipitação pluviométrica e os índices de vegetação NDVI e EVI. A significância estatística foi testada pelo teste t de Student, adotando-se um nível de significância de  $\alpha = 0,05$ .

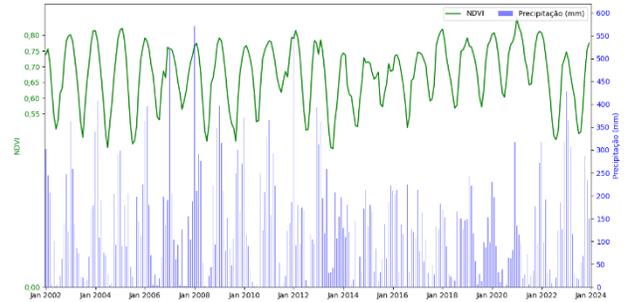
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Sítio Progresso, o NDVI variou entre 0,5 e 0,8, enquanto a precipitação pluviométrica esteve majoritariamente na faixa de 0 a 400 mm. O coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ), igual a 0,54, indica uma correlação moderada e positiva entre a precipitação pluviométrica e o NDVI conforme a classificação de [5], sendo ela significativa ( $p \leq 0,05$ ), sugerindo que os valores de NDVI aumentam conforme há incremento de precipitação pluviométrica (Figura 3). Em um estudo realizado por [6] na região sul de Minas Gerais, de 2000 a 2010, foram registrados valores de NDVI para o café entre 0,5 e 0,9, similares aos encontrados neste estudo.



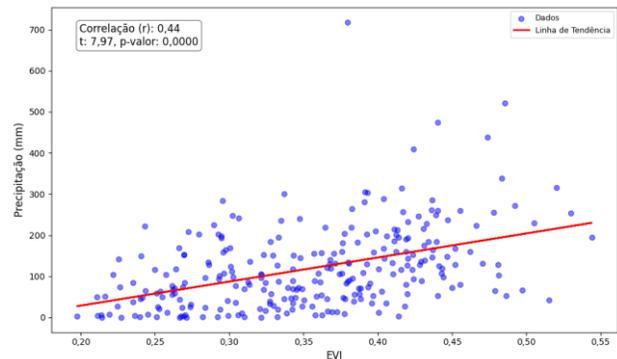
**Figura 3. Correlação entre o NDVI e a precipitação pluviométrica no Sítio Progresso**

De acordo com [4], no cultivo de café, valores de NDVI entre 0,4 e 0,6 indicam condições climáticas desfavoráveis, enquanto valores entre 0,6 e 0,8 refletem intensa atividade vegetativa. Ao analisar os dados (Figura 4), observa-se que, durante os meses de baixa precipitação pluviométrica, especialmente em agosto e setembro, as plantas de café do Sítio Progresso enfrentaram estresse hídrico.



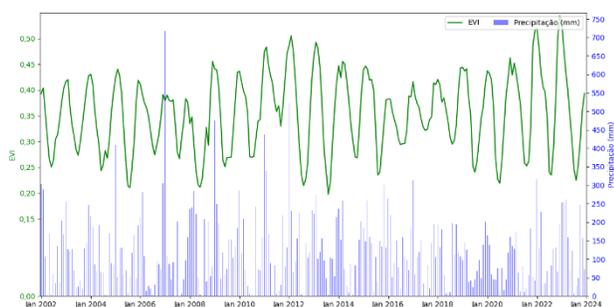
**Figura 4. Série temporal do NDVI e da precipitação pluviométrica mensal (jan. 2002 a dez. 2023) no Sítio Progresso**

No Bairro Santana, os valores de EVI oscilaram entre 0,2 e 0,5, e a precipitação pluviométrica se concentrou principalmente na faixa de 0 a 300 mm. O coeficiente de correlação de Pearson, igual a 0,44, indica uma correlação moderada e positiva entre a precipitação pluviométrica e o EVI, sendo ela significativa ( $p \leq 0,05$ ), o que demonstra que os valores de EVI aumentam à medida que a precipitação pluviométrica se eleva (Figura 5).



**Figura 5. Correlação entre o EVI e a precipitação pluviométrica no Bairro Santana**

No cultivo de cana-de-açúcar, os valores de EVI reduzem durante o período seco, principalmente nos meses de agosto e setembro. Nestes períodos de baixa precipitação pluviométrica, o EVI fica próximo de 0,25, chegando a valores abaixo desse limite em anos com maior déficit hídrico, enquanto nos períodos chuvosos o EVI varia entre 0,40 e 0,50 (Figura 6). Os valores mais altos de EVI, observados durante o período chuvoso, indicam incremento de biomassa e desenvolvimento da cultura, enquanto os valores mais baixos, verificados durante o período seco, refletem épocas de palhada e solo exposto devido à colheita. Valores intermediários indicam o período de rebrota, caracterizado pelo aumento da fitomassa [7].



**Figura 6. Série temporal do EVI e da precipitação pluviométrica mensal (jan. 2002 a dez. 2023) no Bairro Santana**

A irrigação, que oferece suplementação hídrica complementar às plantas durante períodos de baixa precipitação pluviométrica, é uma estratégia essencial de combate ao estresse hídrico. Entretanto, em 2017, Caconde e Alto Alegre apresentavam, respectivamente, apenas 219 e 76 hectares irrigados [8].

O trabalho desenvolvido por [9], mostrou que a irrigação da cana-de-açúcar resulta em aumento de produtividade e rentabilidade. Já [10] destacaram que a irrigação está entre as soluções a serem adotadas a fim de evitar perdas de produtividade devido ao estresse hídrico no cultivo de café. Nessa pesquisa, os autores também mencionaram o sombreamento (arborização), uso de espécies geneticamente modificadas para adaptação à seca, plantio em altas densidades e manutenção de cobertura vegetal como estratégias de adaptação.

#### 4. CONCLUSÕES

O SATVeg e o Agritempo são ferramentas digitais inovadoras destinadas a pequenos produtores rurais. O SATVeg oferece acesso a séries temporais dos índices de vegetação NDVI e EVI, possibilitando um monitoramento preciso das condições de desenvolvimento das culturas. Por sua vez, o Agritempo fornece dados climáticos essenciais para a tomada de decisões baseadas em dados.

Os resultados indicam que tanto o NDVI quanto o EVI têm uma relação positiva com a precipitação pluviométrica, proporcionando informações essenciais para identificar estresses hídricos e desenvolver estratégias de manejo adequadas. Além disso, a análise da variação temporal desses índices, considerando suas especificidades para cada cultura, favorece a gestão agrícola eficiente, possibilitando intervenções direcionadas e melhorias na produtividade.

O uso da irrigação assim como outras práticas de manejo voltadas à mitigação da variação climática, como a adoção de cultivares resistentes à seca, a manutenção da cobertura vegetal no solo e o sombreamento, são decisões que podem minimizar os impactos das variações de precipitação pluviométrica na produtividade agrícola.

#### 5. AGRADECIMENTOS

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Brasil. Processo nº 2024/10569-5”. Pesquisa vinculada ao Centro de Ciência para o Desenvolvimento em Agricultura Digital Processo FAPESP nº 2022/09319-9.

#### 6. REFERÊNCIAS

- [1] Embrapa. *SATVeg*. Disponível em: <https://www.satveg.cnptia.embrapa.br/satveg/login.html>. Acesso em: out. 2024.
- [2] J. C. D. M. Esquerdo, J. F. G. Antunes, A. C. Coutinho, E. A. Speranza, A. A. Kondo, J. L. dos Santos. *SATVeg: A web-based tool for visualization of MODIS vegetation indices in South America. Computers and Electronics in Agriculture*. 175:105516, 2020.
- [3] F. C. de O. Maia, V. Bof Bufon, T. P. Leão. Vegetation indices as a Tool for Mapping Sugarcane Management Zones. *Precision Agriculture*. 24: 213–234, 2023.
- [4] V. Chedid, J. W. Cortez, S. N. S. Arcoverde. Monitoring the vegetative state of coffee using vegetation indices. *Engenharia Agrícola*. 44:e20220212, 2024.
- [5] C. P. Dancey, J. Reidy. *Estatística sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 608 p. Tradução: Lorí Viali.
- [6] T. Bernardes, M. A. Moreira, M. Adami, A. Giarolla, B. F. T. Rudorff. Monitoring Biennial Bearing Effect on Coffee Yield Using MODIS Remote Sensing Imagery. *Remote Sensing*. 4:2492-2509, 2012.
- [7] M. E. D. Chaves Simão. *Uso de dados multitemporais de índices de vegetação para a identificação de culturas agrícolas no Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba-MG*. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.
- [8] SIDRA-IBGE. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6857>. Acesso em: out. 2024.
- [9] F. V. Scarpate, T. A. D. Hernandez, S. T. Ruiz-Corrêa, M. C. A. Picoli, B. R. Scanlon, M. F. Chagas, D. G. Duft, T. de F. Cardoso. Sugarcane land use and water resources assessment in the expansion area in Brazil. *Journal of Cleaner Production*. 133:1318-1327, 2016.
- [10] M. B. P. de Camargo MBP. The impact of climatic variability and climate change on arabic coffee crop in Brazil. *Bragantia*. 69:239-247, 2010.