

CÁLCULO DAS VARIAÇÕES DE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO COM CENAS PLANETSCOPE ADQUIRIDAS NO MESMO DIA E EFEITO SOBRE A ANÁLISE DE SÉRIES TEMPORAIS

Vandoir Bourscheidt¹, Fábio Marcelo Breunig², Daniele Artnt Earthal², Andressa Ferla², Janderlei Dal Oslo², Rafaelo Balbinot²

¹Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, vandoir@ufscar.br. ²Universidade Federal de Santa Maria – Campus Frederico Westphalen, Frederico Westphalen, RS, breunig@ufsm.br; ²

RESUMO

O uso de séries temporais de sensoriamento remoto é fundamental para capturar variações dos fenômenos ambientais e das características fenológicas da vegetação. A presença de artefatos introduzidos pelas aquisições de imagens e horários distintos podem afetar as saídas dos modelos. Assim, o objetivo do estudo foi quantificar a amplitude das variações de índices de vegetação associadas a distintos horários de aquisição de dados PlanetScope e seu efeito sobre as séries temporais. Foram utilizadas 663 imagens de reflectância de superfície adquiridas sobre uma floresta subtropical do sul do Brasil, no período de 2016 a 2022. O NDVI e EVI foram selecionados para a análise do efeito da amplitude derivada da hora de aquisição da imagem. Os resultados mostraram uma amplitude média de 0,040 ($\pm 0,006$) e 0,035 ($\pm 0,010$) para o NDVI e EVI, respectivamente. As variações observadas parecem não ter relação com o horário de aquisição. Por outro lado, elas podem ter impactos significativos na análise de séries temporais de produtos de vegetação.

Palavras-chave — floresta, sensoriamento remoto, series temporais, EVI, NDVI.

ABSTRACT

The use of remote sensing time series is essential to capture variations in environmental and phenological vegetation characteristics. Artifacts introduced by image acquisitions and different times can affect the outputs of the models. Thus, the objective of the study was to quantify the amplitude of variations in vegetation indices associated with different PlanetScope data acquisition times and their effect on the time series. We used 663 surface reflectance images acquired over a subtropical forest in southern Brazil, from 2016 to 2022. The NDVI and EVI were selected to analyze the effect of the amplitude derived from the time of image acquisition. The results showed a mean amplitude of 0.040 (± 0.006) and 0.035 (± 0.010) for NDVI and EVI, respectively. The observed variation does not seem to be related with the acquisition time. On the other hand, they may lead to significant impact on vegetation time series analysis.

Key words — forest, remote sensing, time series, EVI, NDVI.

1. INTRODUÇÃO

As séries temporais têm sido amplamente utilizadas nas aplicações diversas dos produtos do sensoriamento remoto [1], [2], [3]. Considerando a alta disponibilidade de dados orbitais obtidos por sensores de alta resolução temporal [4], [5], média [6], [7], [8] e grosseira [9], [10], a construção dos cubos temporais se coloca como uma realidade mister, que deve ser explorada nas diversas aplicações. Com o lançamento da constelação de satélites 3U com o sensor planetScope (PS), uma grande repetibilidade de dados de alta resolução espacial passou a estar disponível [11]. Contudo, esses dados, avaliados na perspectiva temporal, são muito suscetíveis a efeitos externos ao alvo, demandando técnicas de correção [12] ou avaliação [1]. Considerando a amplitude de variação horária das imagens PS adquiridas num mesmo dia, abre-se uma oportunidade de avaliar o efeito das variações espectrais associadas ao horário da aquisição das imagens e assim, calcular o efeito sobre as análises de uma série temporal.

Nesse contexto, uma floresta subtropical foi selecionada para avaliar as variações temporais de índices de vegetação considerando um conjunto de imagens PS. As florestas subtropicais no sul do Brasil e norte da Argentina representam um grande estoque de carbono [13] e demandam estudos de dinâmica temporal.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

Como área de estudo foi selecionado um fragmento florestal de aproximadamente 55 ha, localizado no noroeste do Rio Grande do Sul (RS). O fragmento consiste em uma Floresta Estacional Decidual, com forte concentração de biomassa nas espécies dominantes [13], [14]. Os ciclos anuais são caracterizados por perda de folhas de aproximadamente 50% das espécies dominantes, resultando em uma variabilidade nos índices de vegetação [15], [16], [17], [18].

O clima da região é caracterizado com Cfa (Subtropical úmido) de acordo com a classificação Köppen-Geiger [19], [20], estando a uma altitude média entre 520 a 550 m. A média de precipitação anual da área está entre 1700 e 1900 mm, bem distribuídos ao longo do ano. A temperatura média oscila entre 20 e 23 °C [21]. O solo da região é predominantemente formado por latossolos [22].



Figura 1. Localização da área de estudo em Frederico Westphalen, RS, no sul do Brasil. Composição cor verdadeira adquirida por VANT (Phantom 4, câmera RGB) em 2022. Essas imagens foram adquiridas a 250 metros de altura, em condição de céu limpo.

2.2. Aquisição e processamento dos dados

Foram utilizadas 663 imagens de reflectância de superfície de alta resolução temporal e espacial da constelação PlanetScope [23]. Foi realizada uma filtragem visual para capturar sombras, nuvens e artefatos (ruídos) presentes nas imagens. O período de análise iniciou em setembro de 2016 e foi até agosto de 2022. Todos os sensores da constelação (Doves 3U) foram considerados. Após a filtragem, que resultou na seleção de 496 imagens, foi realizado o coregistro entre as cenas utilizando um algoritmo Arosics 1.7.8, implementado em Python [24]. Como referência, foi utilizada a imagem mais recente. A partir do banco de dados coregistrados, foram calculados índices de vegetação e elaboradas análises das séries temporais dos dados observando, entre outros aspectos, a amplitude diária resultante da aquisição de mais de uma imagem no mesmo dia, sendo que 123 datas apresentaram mais de uma imagem adquirida no dia. Para calcular a amplitude, foi feita a subtração de imagens, considerando os extremos (máximos e mínimos). Para datas em que não foram adquiridas múltiplas cenas, foi computado o valor médio da amplitude da série.

2.3. Análise dos dados

A análise inicial consistiu na avaliação das amplitudes diurnas associadas ao *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) [26] e o *Enhanced Vegetation Index* (EVI) [27], que são índices amplamente utilizados e apresentam maior sensibilidade a concentração de pigmentos e parâmetros estruturais do dossel, respectivamente [28].

A avaliação do efeito da amplitude na série temporal consistiu na reconstrução da série temporal original, acompanhada de variações para mais e para menos (delta), numa abordagem bidimensional qualitativa. Considerando os

fragmentos florestais, foram computadas estatísticas para um fragmento de grande porte (G), médio (M) e pequeno (P).

3. RESULTADOS

As séries temporais médias do NDVI e EVI mostram diferenças em relação ao delineamento dos ciclos sazonais da floresta (Figura 2). O NDVI aparentemente é mais sensível à presença de oscilações e sombra em relação ao EVI, visto que os ciclos do EVI foram melhor definidos. O EVI apresenta maior estabilidade ao longo dos anos.

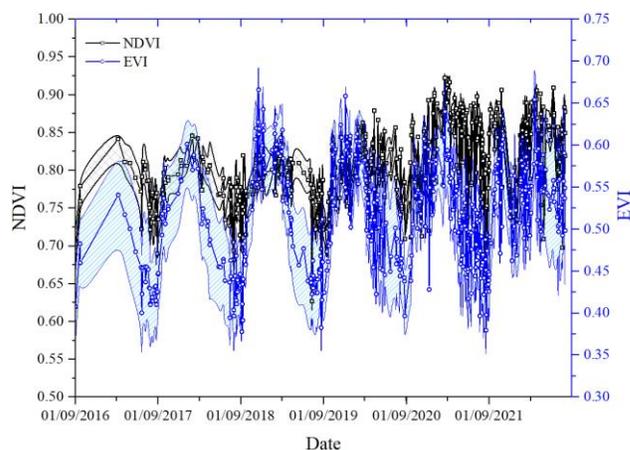


Figura 2. Variação temporal do NDVI e EVI originais médios, considerando as 479 datas de imagens PlanetScope, sobre a floresta subtropical em estudo. O desvio padrão é ilustrado através de uma função B-Spline.

A Figura 3 apresenta as variações obtidas entre as imagens adquiridas durante um mesmo dia pelos sensores PS. Uma maior disponibilidade de repetições foi constatada a partir de 2020, o que se evidencia pela maior presença de vazios antes desse período. Os valores de variação, tanto para o NDVI (Figura 3a) quanto para o EVI (Figura 3b) podem atingir até 15%, dependendo do sensor utilizado no dia. Constatou-se ainda que as imagens adquiridas antes de 2020 tende a apresentar menores flutuações do que as adquiridas após esse ano. Em média, a amplitude (delta) do NDVI foi de 0,040 ($\pm 0,006$) e o EVI de 0,035 ($\pm 0,010$). O NDVI apresentou amplitudes maiores do que o EVI, considerando os dados analisados.

Embora as variações sejam significativas, não foi possível associar as mesmas a horário de aquisição das imagens, de modo que os resultados não apresentaram correlações significativas e conclusivas ($r=0,28$ a 10% sig.).

Buscando avaliar os efeitos das variações observadas de forma mais explícita, a Figura 4 ilustra o valor do NDVI, acompanhado das amplitudes médias observadas para toda a série, com o detalhe para um pequeno intervalo de tempo. No exemplo, ao se considerar a máxima amplitude possível e a variação temporal, diferentes conclusões sobre o ciclo de crescimento podem ser obtidas.

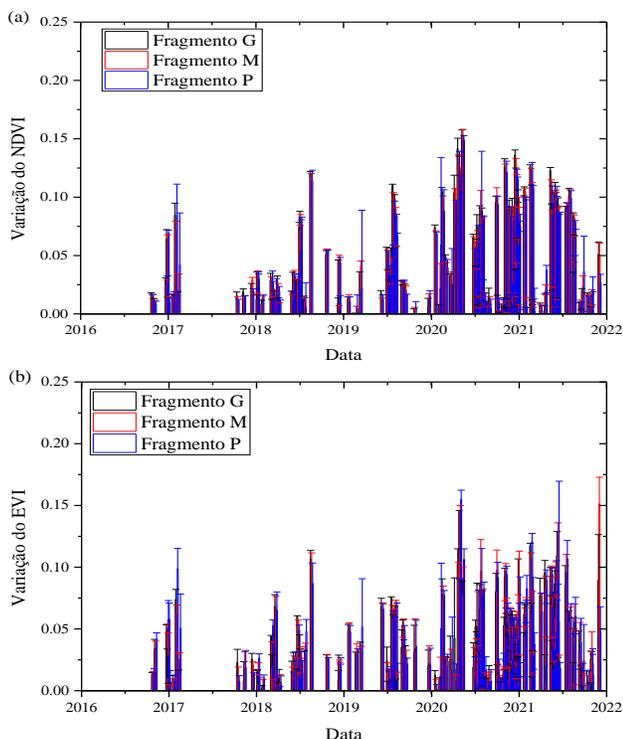


Figura 3. Amplitude de variação dos índices de vegetação a) NDVI e b) EVI em função da hora de aquisição da imagem. Um total de 123 imagens foram utilizadas.

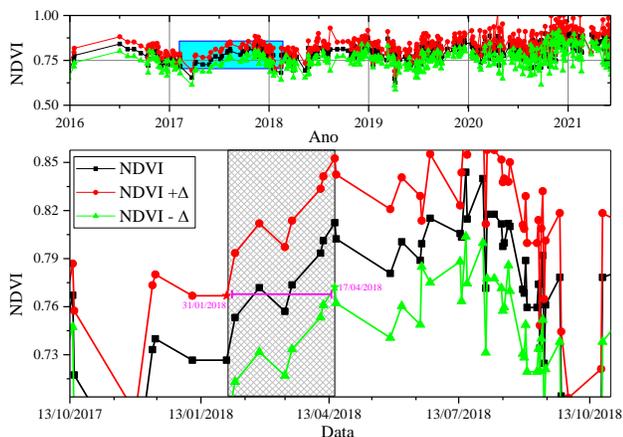


Figura 4. Serie temporal do NDVI com zoom para intervalo destacando a variação média assumida com base nos resultados obtidos (\pm delta).

4. DISCUSSÃO

A maior variabilidade do NDVI possivelmente está associada a maior sensibilidade desse índice a pigmentos e sombra. O EVI apresenta uma maior correlação a banda do infravermelho próximo [15]. A magnitude da variação pode estar associada a mudanças na geometria de iluminação e observação [29], [30], [31] e apresenta valores similares aos identificados na literatura [32], [33]. Quanto ao horário de aquisição da imagem e as variações diárias dos VIs, não

foram identificadas correlações, sugerindo que as diferenças são oriundas de outras fontes, assim como um bom desempenho, de modo geral, das correções realizadas nos dados (incluindo a determinação da reflectância). Vale ressaltar, no entanto, que, considerando que a face leste e norte predominam pela manhã, a variação de horário teria impacto minorado. A análise do impacto das amplitudes diurnas observadas, por outro lado, sugere que essa informação tem grande relevância na análise de séries temporais, que podem levar a resultados com grande variabilidade dependendo das imagens escolhidas para compor a série temporal durante as análises fenológicas, por exemplo.

5. CONCLUSÕES

O EVI apresentou uma melhor capacidade de delimitação dos ciclos anuais da série. Já o NDVI ($0,040; \pm 0,006$) apresentou oscilações maiores quando comparado ao EVI ($0,035; \pm 0,031$) em termos da amplitude observada nas imagens de um mesmo dia. Essas oscilações não puderam ser associadas ao horário de aquisição dos dados. Por outro lado, os resultados sugerem que as oscilações são importantes para imagens adquiridas em uma mesma data, podendo impactar significativamente a análise e as diferentes métricas aplicadas em séries temporais.

6. AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ; processo 305084/2020-8). A Planet Labs pelo fornecimento das imagens.

7. REFERÊNCIAS

- [1] K. OYOSHI, W. TAKEUCHI, and Y. YASUOKA, "Noise reduction algorithm for time-series NDVI data in phenological monitoring," *J. Japan Soc. Photogramm. Remote Sens.*, vol. 47, no. 1, pp. 4–16, 2008.
- [2] M. A. J. S. Pletsch, T. S. Körting, F. C. Morita, C. H. L. Silva-Junior, L. O. Anderson, and L. E. O. C. Aragão, "Near Real-Time Fire Detection and Monitoring in the MATOPIBA Region, Brazil," *Remote Sens.*, vol. 14, no. 13, p. 3141, Jun. 2022.
- [3] F. M. Breunig, W. P. Filho, L. S. Galvao, and F. Wachholz, "Assessing the Long-Term Variability of TSS and Chlorophyll in Subtropical Reservoirs Using MODIS Data," *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.*, vol. 9, no. 12, pp. 5406–5412, 2016.
- [4] R. Houborg, M. McCabe, R. Houborg, and M. F. McCabe, "Daily Retrieval of NDVI and LAI at 3 m Resolution via the Fusion of CubeSat, Landsat, and MODIS Data," *Remote Sens.*, vol. 10, no. 6, p. 890, Jun. 2018.
- [5] Planet Team, "Planet Application Program

- Interface: In Space for Life on Earth.” Planet Labs, San Francisco, CA, p. n/a, 2020.
- [6] M. A. Wulder *et al.*, “Current status of Landsat program, science, and applications,” *Remote Sens. Environ.*, vol. 225, pp. 127–147, May 2019.
- [7] J. G. Masek *et al.*, “Landsat 9: Empowering open science and applications through continuity,” *Remote Sens. Environ.*, vol. 248, p. 111968, Oct. 2020.
- [8] European Space Agency (ESA), “Sentinel Mission Online,” *Sentinel online*, 2017. [Online]. Available: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/home>. [Accessed: 21-Oct-2017].
- [9] Y. Shao, G. N. Taff, and R. S. LUNETTA, “A Review of Selected MODIS Algorithms, Data Products, and Application,” in *Advances in Remote Sensing*, Q. Weng, Ed. Boca Raton, FL: CRC Press LLC, 2011, p. 556.
- [10] GOES-R Series Program, “NOAA GOES-R Series Advanced Baseline Imager (ABI) Level 1b Radiances, Channel 6,” 2017.
- [11] Planet Labs Inc, “Planet Surface Reflectance Product v2.0.” Planet Labs, San Francisco, p. 10, 2020.
- [12] R. Houborg and M. F. McCabe, “A Cubesat enabled Spatio-Temporal Enhancement Method (CESTEM) utilizing Planet, Landsat and MODIS data,” *Remote Sens. Environ.*, vol. 209, pp. 211–226, May 2018.
- [13] R. Balbinot, J. W. Trautenmüller, B. O. Caron, J. Borella, S. Costa, and F. M. Breunig, “Vertical distribution of aboveground biomass in a seasonal deciduous forest,” *Rev. Bras. Ciências Agrar.*, vol. 12, no. 3, pp. 361–365, 2017.
- [14] F. E. Rex, P. S. Käfer, F. M. Breunig, and R. B. S. R. S. Santos, “CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA DE COPAS DE ÁRVORES EM IMAGEM DE ALTA RESOLUÇÃO ESPACIAL,” *BIOFIX Sci. J.*, vol. 3, no. 2, pp. 216–223, 2018.
- [15] F. M. Breunig *et al.*, “Spectral anisotropy of subtropical deciduous forest using MISRand MODIS data acquired under large seasonal variation in solarzenith angle,” *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, vol. 35, no. PB, pp. 294–304, Mar. 2015.
- [16] W. Gaida, F. M. Breunig, L. S. Galvao, T. S. Teles, and R. Balbinot, “Variações da reflectância e dos índices de vegetação em função dos parâmetros da modelagem topográfica no Parque Estadual do Turvo, Rio Grande do Sul, Brasil,” *Investig. Geográficas, Boletín del Inst. Geogr. UNAM*, vol. x, no. x, pp. 1–19, 2016.
- [17] P. A. da Rosa, F. M. Breunig, C. M. de Almeida, and R. Balbinot, “DINÂMICA DE FRAGMENTOS FLORESTAIS NO NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL,” *Geogr. Ensino Pesqui.*, p. 177, Apr. 2017.
- [18] P. A. Rosa, F. M. Breunig, R. Balbinot, and L. S. Galvão, “Dinâmica da Floresta do Parque Estadual do Turvo com Índices de Vegetação,” *Floresta e Ambient.*, vol. 20, no. 4, pp. 487–499, 2013.
- [19] C. A. Alvares, J. L. Stape, P. C. Sentelhas, J. L. De Moraes Gonçalves, and G. Sparovek, “Köppen’s climate classification map for Brazil,” *Meteorol. Zeitschrift*, vol. 22, no. 6, pp. 711–728, Dec. 2013.
- [20] M. Kottek, J. Grieser, C. Beck, B. Rudolf, and F. Rubel, “World map of the Köppen-Geiger climate classification updated,” *Meteorol. Zeitschrift*, vol. 15, no. 3, pp. 259–263, 2006.
- [21] M. S. Rossato, “Os climas do Rio Grande do Sul: tendências e tipologias,” in *Os climas do Sul: em tempos de mudanças climáticas globais*, 2014, pp. 217–271.
- [22] Humberto Gonçalves dos Santos and E. Al., *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2018.
- [23] Planet Labs PBC, “pytho,” Mountain View, 2022.
- [24] D. Scheffler, A. Hollstein, H. Diedrich, K. Segl, and P. Hostert, “AROSICS: An automated and robust open-source image co-registration software for multi-sensor satellite data,” *Remote Sensing*, vol. 9, no. 7. 2017.
- [25] Agisoft Inc, “Agisoft Metashape.” Agisoft LLC, Petersburg, Russia, 2022.
- [26] J. W. Rouse, R. H. Hass, J. A. Schell, and D. W. Deering, “Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS,” in *Third Earth Resources Technology Satellite (ERTS) symposium*, 1973, vol. 1, pp. 309–317.
- [27] A. Huete, K. Didan, T. Miura, E. P. Rodriguez, X. Gao, and L. G. Ferreira, “Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices,” *Remote Sens. Environ.*, vol. 83, no. 1–2, pp. 195–213, Nov. 2002.
- [28] L. S. Galvão, J. C. N. Epiphany, F. M. Breunig, and A. R. Formaggio, “Crop Type Discrimination Using Hyperspectral Data: Advances and Perspectives,” in *Biophysical and Biochemical Characterization and Plant Species Studies*, 2nd ed., A. H. Prasad S. Thenkabail, John G. Lyon, Ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2018, pp. 183–2114.
- [29] L. S. Galvão, J. R. dos Santos, D. A. Roberts, F. M. Breunig, M. Toomey, and Y. M. de Moura, “On intra-annual EVI variability in the dry season of tropical forest: A case study with MODIS and hyperspectral data,” *Remote Sens. Environ.*, vol. 115, no. 9, pp. 2350–2359, May 2011.
- [30] Y. M. Moura, L. S. Galvão, J. R. dos Santos, D. A. Roberts, and F. M. Breunig, “Use of MISR/Terra data to study intra- and inter-annual EVI variations in the dry season of tropical forest,” *Remote Sens. Environ.*, vol. 127, pp. 260–270, Dec. 2012.
- [31] E. E. Maeda and L. S. Galvão, “Sun-sensor geometry effects on vegetation index anomalies in the Amazon rainforest,” *GIScience Remote Sens.*, vol. 52, no. 3, pp. 332–343, 2015.
- [32] D. Meyer, M. Verstraete, and B. Pinty, “The effect of surface anisotropy and viewing geometry on the estimation of NDVI from AVHRR,” *Remote Sens. Rev.*, vol. 12, no. 1–2, pp. 3–27, Jan. 1995.
- [33] F. M. F. M. Breunig *et al.*, “Directional effects on NDVI and LAI retrievals from MODIS: A case study in Brazil with soybean,” *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, vol. 13, no. 1, pp. 34–42, Jul. 2011.