



Avaliação de séries históricas do *Radar Vegetation Index* para detecção de eventos de corte e plantio em *Eucalyptus* spp.

Mateus Tinoco Silva^{1,2}
Tulio Barroso Queiroz¹
José Jorge Monteiro Junior^{1,3}
Caio Ítalo de Oliveira Santos¹

¹Bracell Bahia Specialty Cellulose S.A. (tulio_queiroz@bracell.com), ²Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) (mateus-tinoco@hotmail.com), ³Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP) (jorgem@usp.br)

RESUMO: *Objetivo deste estudo é avaliar séries históricas dos coeficientes de retroespalhamento e do Radar Vegetation Index (RVI) derivados da imagem do Sentinel-1 disponível no Google Earth Engine, para se identificar eventos de corte e plantio e determinar a idade de plantios de Eucalyptus spp., utilizando duas abordagens: uma com base na decomposição da série histórica (BFAST) e outra com base na detecção de mínimos valores trimestrais (MinTrim). Os menores erros foram encontrados quando se utilizou a técnica MinTrim aplicada ao RVI, com r de 0,92 e RMSE de 0,5 e MAE de 0,3 anos.*

Palavras-chave: sensoriamento remoto, silvicultura, Sentinel-1

Introdução

A demanda global por fontes de energia continua a aumentar e o uso de combustíveis fósseis, como petróleo, pode causar impacto ambiental negativo (Melaibari et al., 2023; Oliveira et al., 2021). Para reduzir tal impacto, tornou-se tendência mundial o aumento em pesquisas para otimizar tecnologias em fontes de energia renováveis, atendendo ao acordo climático de Paris (Christoff, 2016).

A prospecção de áreas é indispensável para se garantir abastecimento em indústrias florestais frente a períodos de oscilações na oferta de matéria-prima. Sendo assim, metodologias de mapeamentos a nível de paisagem podem auxiliar a responder perguntas relacionadas a esta atividade, tal como: Onde tem madeira na idade, volume e características que a indústria necessita?

As agências espaciais mundiais têm lançado missões que forneçam dados de mapeamento da superfície terrestre de forma contínua. Um exemplo é o Sentinel-1 (S1), missão de imageamento SAR (Radar de Abertura Sintética) que possui como objetivo viabilizar estudos de monitoramento da Terra e mudança climática.

O objetivo deste estudo foi avaliar séries históricas dos coeficientes de retroespalhamento e *Radar Vegetation Index* derivados da imagem S1, para identificar os eventos de corte e plantio e determinar a idade de plantios de *Eucalyptus* spp.



Material e métodos

Área de Estudo

O estudo foi desenvolvido em plantios de eucalipto localizados no Litoral Norte do estado da Bahia (Figura 1), com precipitação média anual variando entre 1300 e 1600 mm (Abatzoglou et al., 2018), clima tropical sem estação seca, de acordo com a classificação de Köppen (Alvares et al., 2013). Foram utilizados 50 talhões, com idades entre zero e cinco anos (25 em regime de alto fuste e 25 em regime de talhadia).

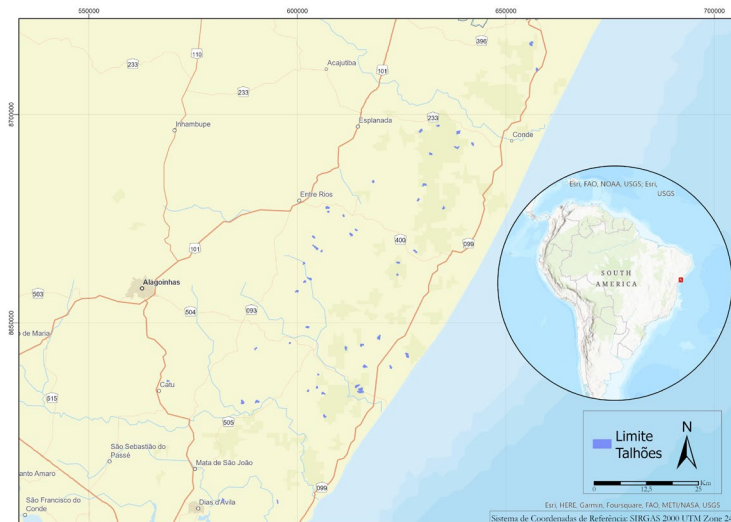


Figura 1 - Localização da Área de Estudo.

Processamento da série histórica Sentinel-1

Foram utilizadas imagens Sentinel 1 (S1) no modo *Interferometric Wide Swath* (IW), polarizações VV e VH, com resolução espacial nominal de 10-m, disponibilizadas no *Google Earth Engine* (GEE) (Gorelick et al., 2017). Tais imagens são disponibilizadas após passarem por processamento detalhado em: <https://developers.google.com/earth-engine/guides/sentinel1>.

Foram obtidas 756 cenas S1, entre setembro de 2016 e dezembro de 2022. As imagens diárias foram reduzidas para um agregado da mediana mensal e submetidas a um filtro *boxcar* (3x3 pixels) para evitar interferência de fatores externos e ruídos (Vreugdenhil et al., 2018; Xulu et al., 2020). Foi calculado ainda o *Radar Vegetation Index* (RVI) por meio da Equação 1 (Nasirzadehdizaji et al., 2019).

$$RVI = \frac{4\sigma^{VH}}{\sigma^{VH} + \sigma^{VV}}$$

Em que: RVI = *Radar Vegetation Index*; σ^{VH} = coeficiente de restroespalhamento na polarização VH em unidades de potência; σ^{VV} = coeficiente de restroespalhamento na polarização VV em unidades de potência.



Para identificar os eventos de corte e plantio, as séries históricas foram submetidas a uma abordagem, utilizando-se o algoritmo BFAST (*Breaks For Additive Seasonal and Trend*) proposto por Verbesselt et al. (2010), capaz de integrar a decomposição iterativa de séries históricas nos componentes tendência, sazonal e erro, com métodos para detecção mudanças (*breakpoints*). Definiu-se como *proxy* para a data de plantio, a data do *breakpoint* que provocasse na componente tendência uma rápida queda, seguido de uma rápida ascensão, como ilustrado na Figura 2.

Na segunda abordagem (doravante chamada MinTrim), as observações mensais foram agregadas em um mínimo valor por trimestre, para detectar o trimestre em que queda brusca dos valores do retroespalhamento e RVI indicaram a atividade de corte raso. A data de menor valor do trimestre dentro da série foi definida como *proxy* para a data de plantio. Dessa forma, foi calculada a estimativa de idade do talhão e validada com relação à idade cadastral fazendo-se uso das métricas descritas na Tabela 1. Os dados foram processados utilizando a linguagem R (R Core Team, 2023).

Resultados e discussão

Na Figura 2, observa-se os componentes da decomposição da série histórica para um talhão em manejo de alto fuste. Pode-se visualizar as alterações relacionadas à sazonalidade, as linhas de tendência divididas pelos eventos detectados como *breakpoints* pelo algoritmo (linha pontilhada) e o erro associado à decomposição.

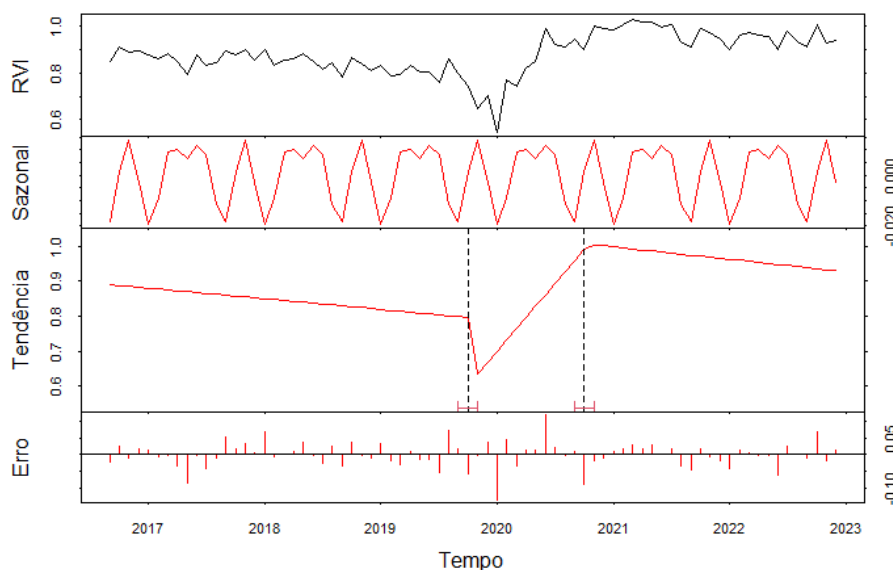


Figura 2 – Exemplo de componentes da decomposição da série histórica do RVI derivadas pelo *bfast*.

Na Tabela 1, observa-se que a melhor acurácia para estimativa da idade foi obtida quando se



utilizou a abordagem MinTrim com a banda do RVI. Foi encontrado um coeficiente de correlação de 0,92 entre a idade estimada e a cadastral, com RMSE e MAE de 0,5 e 0,3 anos (respectivamente).

Tabela 1 - Métricas de validação das estimativas de idade obtidas pelas diferentes abordagens utilizadas.

Bandas Utilizadas	Abordagem Utilizada	r	RMSE (anos)	MAE (anos)	MAE (%)
$\sigma^{\circ}VH$	BFAST	0,35	1,88	1,10	38,14
$\sigma^{\circ}VV$	BFAST	0,25	1,96	1,44	47,73
RVI	BFAST	0,28	1,77	1,08	38,79
$\sigma^{\circ}VH$	MinTrim	0,76	0,98	0,52	17,40
$\sigma^{\circ}VV$	MinTrim	0,49	1,71	1,13	38,04
RVI	MinTrim	0,92	0,50	0,30	10,28

Em que: r: coeficiente de correlação de Pearson; RMSE: raiz do erro quadrático médio, MAE: erro médio absoluto, $\sigma^{\circ}VH$: coeficiente de restroespalhamento na polarização VH, $\sigma^{\circ}VV$: coeficiente de restroespalhamento na polarização VV, RVI: *Radar Vegetation Index*; BFAST: *Breaks For Additive Seasonal and Trend*; MinTrim: Detecção do trimestre com menor valor.

A Figura 3 demonstra dispersão entre a idade estimada MinTrim usando RVI e a cadastral. Percebe-se que os talhões em regime de talhadia apresentaram maiores erros.

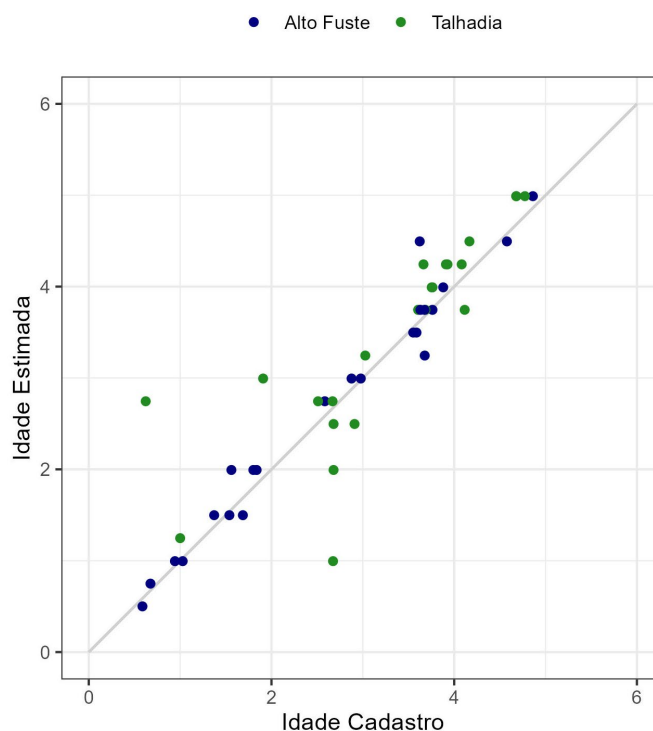


Figura 3 - Dispersão da estimativa de idade obtida pela abordagem MinTrim usando RVI.

Conclusão

Resultados obtidos nesse trabalho demonstram que a técnica de que buscou identificar os menores valores do RVI dentro dos trimestres apresentou melhores resultados, viabilizando a



estimativa de idade com base nas imagens do S1. São recomendadas investigações para detecção de anomalias em plantios de eucalipto com o algoritmo BFAST.

Referências bibliográficas

- ABATZOGLOU, J. T.; DOBROWSKI, S. Z.; PARKS, S. A.; HEGEWISCH, K. C. Terraclimate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958-2015, *Scientific Data*, v. 5, n. 1, p. 1-12, 2018.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- CHRISTOFF, P. The promissory note: COP 21 and the Paris Climate Agreement. *Environmental Politics*, v. 25, n. 5, p. 765-787, 2016.
- 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*, v. 202, p. 18-27, 2017.
- MELAIBARI, A. A.; ALAMOUDI, A. S.; MOSTAFA, M. E.; ABU-HAMDEH, N. H. Utilization of various waste sources in Saudi Arabia as a new clean and renewable energy source: Adsorption of phenol pollutants and removal from petroleum industrial wastes via molecular dynamics simulation. *Engineering Analysis with Boundary Elements*, v. 147, p. 164-170, 2023.
- OLIVEIRA, R.; SANTOS, L. T. V.; MELO, S. C.; CHAGAS, M. P.; RIBEIRO, D.; REIS, C. A. F.; NOVAES, E.; SETTE JR, C. R. Wood energy yield for Eucalyptus clones growing under seasonal drought-stress in Brazil. *Biomass and Bioenergy*, v. 154, p. 106264, 2021
- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.Rproject.org/>. 2023.
- VREUGDENHIL, M.; WAGNER, W.; BAUER-MARSCHALLINGER, B.; PFEIL, I.; TEUBNER, I.; RÜDIGER, C.; STRAUSS, P. Sensitivity of Sentinel-1 backscatter to vegetation dynamics: An Austrian case study. *Remote Sensing*, v. 10, n. 9, p. 1396, 2018.
- XULU, S.; MBATHA, N.; PEERBHAY, K.; GEBRESLASIE, M. Detecting harvest events in plantation forest using sentinel-1 and-2 data via google earth engine. *Forests*, v. 11, n. 12, p. 1283, 2020.
- VERBESSELT, J.; HYNDMAN, R.; NEWNHAM, G.; CULVENOR, D. Detecting trend and seasonal changes in satellite image time series. *Remote sensing of Environment*, v. 114, n. 1, p. 106-115, 2010.

