

CONSTRUÇÃO DE UMA SÉRIE TEMPORAL DE NDVI COM O PRODUTO HLS, PARA DETECÇÃO DE DESFOLHA EM EUCALIPTOS

Marcos Augusto Ananias Dassan¹, Eduardo Moré de Mattos², Arthur Vrechi³, José Henrique Bazani⁴, Gabriel Simões Buzzo⁵, Peterson Ricardo Fiorio⁶

¹Geplant Tecnologia Florestal, marcos@geplant.com; ²Geplant Tecnologia Florestal, eduardo@geplant.com; ³Geplant Tecnologia Florestal, arthur@geplant.com; ⁴Geplant Tecnologia Florestal, bazani@geplant.com; ⁵Iniciativa Agronegócios, gabriel.buzzo@iniciativaagro.com.br; ⁶Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, fiorio@usp.br

RESUMO

O estudo propõe a criação de uma série temporal do índice de vegetação NDVI, com a finalidade de detectar a desfolha em um plantio comercial de eucalipto, utilizando o produto Harmonized Landsat Sentinel (HLS). O produto HLS possibilitou criar uma série temporal longa o suficiente para acompanhar o desenvolvimento desde o início do plantio. Com a inserção das cenas Sentinel 2 a partir de 2017, a alta resolução temporal possibilitou a aquisição de dados mensais sem necessidade de interpolação. A série temporal de NDVI apresentou sensibilidade para apontar os talhões que sofreram com o ataque de pragas, mesmo nas condições iniciais da desfolha.

Palavras-chave — HLS, Série temporal, NDVI, desfolha, eucalipto.

ABSTRACT

This study proposes the creation of NDVI vegetation index time series to detect defoliation in a commercial eucalyptus plantation using the Harmonized Landsat Sentinel (HLS) product. With HLS product it was possible to create a time series long enough to track the development of the forest since planting. With the insertion of Sentinel 2 scenes from 2017, the high temporal resolution allowed the acquisition of monthly data without interpolation. The time series of NDVI showed sensitivity to point out the stands that suffered from pests, even in the initial conditions of defoliation.

Key words — HLS, Time series, NDVI, defoliation, eucalyptus.

1. INTRODUÇÃO

A observação terrestre através de sensores tem seu surgimento ligado ao desenvolvimento tecnológico militar, as primeiras fotografias aéreas feitas em balões datam do século XIX. Durante a segunda metade do século XX, durante a Guerra Fria, ocorreu um período de grande desenvolvimento na área espacial, período em que foram lançados diversos satélites com câmeras embarcadas, marcando o início das fotografias orbitais [1].

As câmeras embarcadas nos satélites são poderosos sensores multiespectrais, que captam a energia eletromagnética refletida pela superfície em diversos comprimentos de onda, possibilitando o monitoramento de recursos naturais como a vegetação, que possui um padrão de reflectância da energia eletromagnética no comprimento de onda do vermelho e do infravermelho próximo [2].

A vegetação sadia possui baixa reflectância da energia eletromagnética no comprimento de onda do vermelho, e alta reflectância no infravermelho. A partir deste conceito foi criado um índice que leva em consideração a diferença entre esses dois comprimentos de onda: o Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI, Normalized Difference Vegetation Index) [3]. Diversos estudos apontam o NDVI como poderoso visualizador da variabilidade da vegetação, nas ciências agrícolas essa variabilidade motivou estudos, que quantificaram e relacionaram essa variabilidade com alguns fatores de produtividade nos plantios [4].

Uma característica importante dos sensores é sua resolução, que se divide em três tipos: espacial, espectral e radiométrica. A resolução espacial está intimamente relacionada com distinção de objetos em uma imagem, a resolução espectral está relacionada com o número de bandas que o sensor pode captar, a resolução temporal, que está relacionada ao veículo e não ao sensor, aponta para a frequência de revisita do satélite em um local [5].

Existem diversos sensores orbitais disponíveis, que diferem quanto as suas resoluções. Para monitoramento dos plantios através de fotografias orbitais, é preciso resolução temporal alta, de forma que seja possível adquirir imagens em um intervalo de tempo capaz de acompanhar o ciclo de crescimento do plantio [6], uma dificuldade comum no monitoramento é a interferência de nuvens, que diminui a quantidade de imagens utilizáveis [7].

Em plantios comerciais de eucalipto as pragas causadoras da desfolha prejudicam a produtividade final da cultura [8]. Por conta disso, este estudo propõe utilizar a metodologia para unificar os produtos dos sensores multiespectrais a bordo da constelação Sentinel 2, e do satélite Landsat 8 gerando o produto Harmonized Landsat Sentinel (HLS) [9], que será utilizado na construção de uma série temporal de NDVI para monitoramento da desfolha.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma fazenda localizada no município de Água Clara – MS, com 900 ha de plantio comercial de eucalipto. Através de observações *in situ* foi identificada a presença da Lagarta desfolhadora *Glena spp* nos talhões 02, 04, 05, 18 e 21. A composição NDVI na Figura 1, destaca em tons de amarelo as regiões afetadas.

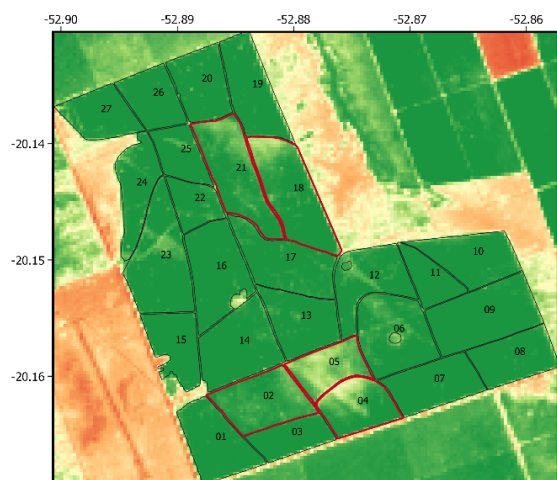


Figura 1. Local de estudo em Água Clara - MS, com composição NDVI do produto HLS 15/07/2018, destacando os talhões afetados em vermelho.

A constelação sentinel 2 é composta pelos satélites Sentinel 2A e 2B, ambos possuem abordo o sensor Multispectral Instrument (MSI), com 13 bandas diferentes. Para este estudo foram utilizadas as bandas: 04 (vermelho 665 nm), 8A (infravermelho próximo 865 nm) e banda para identificação de nuvem (SCL). A resolução temporal da constelação com os dois satélites operante é de 5 dias [10]. O satélite Landsat 8 possui o sensor Operational Land Imager (OLI), com 9 bandas. Para este estudo foram utilizadas as bandas 04 (vermelho 655 nm), 05 (infravermelho próximo 865 nm) e a banda para identificação de nuvem (aerosol). A resolução temporal do Landsat 8 é de 16 dias [11].

A aquisição de dados da constelação Sentinel 2 foi feita através do portal Copernicus Open Access Hub da ESA, onde foram adquiridas todas as cenas disponíveis, compreendendo o período de 22/03/2017 a 20/07/2018. Os dados do Landsat 8 foram adquiridos através do portal Earth Explorer da USGS onde foram armazenadas todas as cenas disponíveis entre o período de 18/07/2013 a 16/07/2018.

Para realizar monitoramento do plantio através dos índices de vegetação é preciso que os dados obtidos dos satélites representem a reflectância de superfície, por isso se faz necessário o processo de correção atmosférica. Para as cenas Landsat 8 foi feita a requisição desse formato pelo próprio portal Earth Explorer, onde foram selecionadas as cenas com Nível de processamento C1 Level-2. Para o Sentinel 2, as cenas foram adquiridas da forma

padrão, posteriormente sendo processadas para reflectância de superfície através do software Sen2Cor versão 02.05.05.

A elaboração da série temporal foi feita com uma rotina para processamento em lote das imagens, utilizando a biblioteca de funções Raster no software R[12]. Essa rotina foi dividida em 7 etapas.

A primeira etapa consiste em organizar os arquivos utilizados, organizando as bandas de interesse de ambos sensores em um mesmo local. Com as bandas selecionadas é feito um corte na área de estudo descartando o entorno das imagens, e posteriormente, padronizando seu sistema de coordenadas, as funções utilizadas foram: crop e projectRaster.

A segunda etapa, consiste em ajustar os rasters de identificação de nuvem. O sentinel 2 com o raster SCL e o Landsat 8 com o raster aerosol, ambos são uma imagem classificada em que cada valor de pixel corresponde a um tipo de objeto presente na cena, dessa forma os valores de nuvem e sombra de nuvens foram identificados, podendo ser vistos na Tabela 1. Para padronização de ambas bandas, foi feita uma nova classificação, atribuído um alto valor numérico para nuvens, e valor 0 para outros objetos.

SCL Sentinel 2	
Valor	Objeto
3	Sombra de Nuvem
8	Média probabilidade de Nuvem
9	Alta probabilidade de Nuvem
10	Cirrus
Aerosol Landsat 8	
Valor	Objeto
8, 72, 136, 200	Nuvem e Cirrus
16, 80, 144, 208	Nuvem e Sombra
194, 196, 200, 208, 224, 228	Altos valores de aerosol

Tabela 1. Significado dos valores filtrados nas bandas de nuvens do Sentinel 2 e Landsat 8.

A terceira etapa consiste em aplicar o ajuste linear nas bandas do Sentinel 2 para relacioná-las com o Landsat 8 conforme proposto pela metodologia HLS na equação abaixo [13].

$$HLS v = MSI B04 \times 1.017 - 0.00104$$

$$HLS iv = MSI B8A \times 0.999 - 0.00025$$

Em que *HLS v* é a banda na faixa do vermelho do Sentinel 2 ajustada para harmonização com o Landsat 8, MSI B04 é a banda 04 do Sentinel 2. *HLS iv* é a banda na faixa do infravermelho do Sentinel 2 ajustada para harmonização com o Landsat 8, MSI B8A é a banda 8A do Sentinel 2.

A quarta etapa consiste em padronizar a resolução espacial de todas as imagens e calcular o NDVI. O método utilizado para padronização foi o downscaling das imagens do sentinel transformando a resolução espacial das bandas do sentinel para 30 m. A função utilizada foi: resample com interpolação bilinear. O cálculo do NDVI foi feito segundo a equação abaixo:

$$NDVI = \frac{(Infravermelho - vermelho)}{(Infravermelho + vermelho)}$$

Na quinta etapa no processamento das imagens consiste em extrair a média dos valores dos pixels por talhão. A função stack empilha todas as imagens, para que a função extract extraia a média de cada imagem. Resultando em uma planilha com os valores médios de NDVI e da banda de nuvem, classificada por data e talhão.

A sexta etapa consiste em realizar o filtro de nuvem, que é feito retirando da tabela as observações em que o valor da banda de nuvem seja maior que 0. Posteriormente é feito um filtro para remover outliers [14] segundo a equação abaixo:

$$X_t = \frac{X_{(t-1)} + X_{(t+1)}}{2}$$

{Se $X_t - X_{(t-1)} < -0.01 \times X_{(t-1)}$ & $X_t - X_{(t+1)} < -0.01 \times X_{(t+1)}$ }

Em que X_t é uma observação da série temporal no tempo t , e $X_{(t-1)}$ é a observação anterior, e $X_{(t+1)}$ é a observação posterior. O valor em X_t é substituído pela média do anterior mais o posterior caso a diferença entre $X_t - X_{(t-1)}$ for inferior a -1% e a diferença entre $X_t - X_{(t+1)}$ for inferior a -1%.

A sétima etapa consiste em gerar um valor mensal de NDVI por talhão, realizando a média entre os valores observados no mês. No caso de meses sem observações (devido a filtragem de nuvem), realizou-se uma interpolação pelo método spline [15].

Com a série mensal de NDVI para cada talhão da fazenda gerou-se o gráfico com a série temporal dos talhões afetados, e a série média dos talhões sadio, para evidenciar e facilitar a visualização da interferência da desfolha.

3. RESULTADOS

Através da série temporal de NDVI foi possível identificar padrões de crescimento da floresta, como desenvolvimento inicial a partir do plantio em abril de 2015, marcado pela forte ascendência da série até sua estabilização em fevereiro de 2016. Observa-se que a série possui uma oscilação a partir do primeiro ano de plantio, que está relacionada à resposta do dossel da floresta quanto a variação da disponibilidade hídrica local ao longo do ano [16] como mostra o Gráfico 1.

A resposta da série de NDVI na condição de desfolha dos talhões pode ser observada no gráfico 2, em que a média das séries de NDVI dos talhões sadios foi utilizada como referência para destacar as diferença entre os talhões afetados. Observa-se que no início do crescimento os talhões afetados tiveram índices acima da média, e a partir de junho de 2017, no início do período seco, os talhões tiveram uma queda brusca, abaixo da média dos talhões sadios, que foi evidenciado pela região em vermelho.

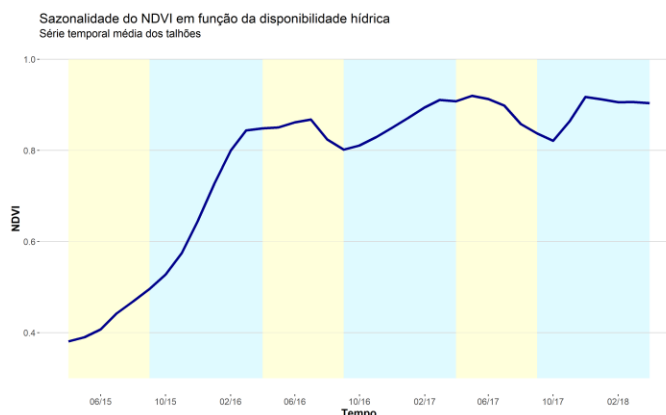


Gráfico 1. Sazonalidade da série temporal de NDVI com disponibilidade hídrica, destacando períodos de seca (amarelo) e períodos de chuva (azul).

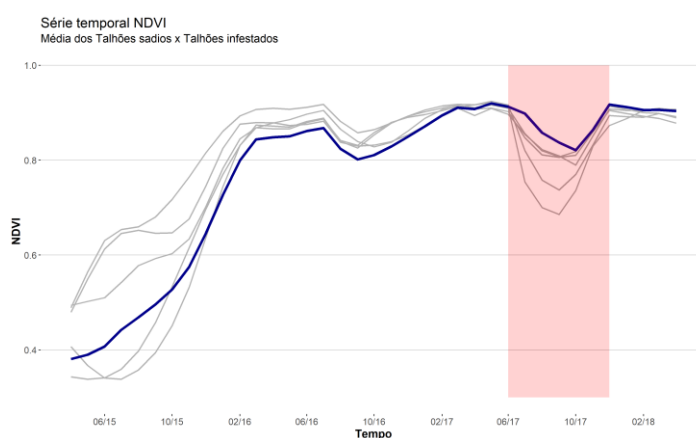


Gráfico 2. Comparação entre as séries de NDVI média dos talhões não afetados (azul) e dos talhões afetados (cinza), a região em vermelho destaca o período da desfolha.

4. DISCUSSÃO

A unificação do Landsat 8 com Sentinel 2, apresentou um ganho na resolução temporal. Isso levou a um aumento no número de cenas sem interferência de nuvem, que podem ser vistas no Gráfico 3. O período anterior a 2017 possui baixa frequência de cenas, assim o método de interpolação utilizado, preencheu os períodos vazios, não comprometendo a série temporal. Com o incremento do Sentinel 2, foi possível adquirir um o valor mensal de NDVI sem necessidade de interpolação.

Pode-se destacar um importante ganho na série histórica com o produto HLS, possibilitando dados a partir de 2013, conseguindo traçar o início de uma cultura de ciclo longo como o eucalipto, e acompanhar seu desenvolvimento a cada mês.

A série temporal de NDVI mostrou-se sensível à desfolha, mesmo analisando a média dos pixels na escala do talhão, com uma periodicidade mensal. Essa sensibilidade é provada pela queda brusca nos valores de NDVI, se comparado com os talhões sadios da mesma fazenda, diferenciando também os talhões em

que o processo de desfolha estava no início, como nos talhões 2 e 21 da Figura 1. Outra evidência é ter ocorrido a desfolha junto com o período descendente da série, onde todos talhões apresentaram queda nos valores de NDVI, porém os afetados tiveram uma queda mais abrupta.

Após a identificação do ataque da lagarta desfolhadora ocorreu a aplicação de defensivos, esse manejo foi captado na série temporal mostrando a recuperação do índice, podemos observar também que os talhões mais afetados atingiram os menores valores de NDVI e conseqüentemente uma recuperação mais lenta aos valores normais, evidenciando a resposta coerente da série com a resiliência do plantio.

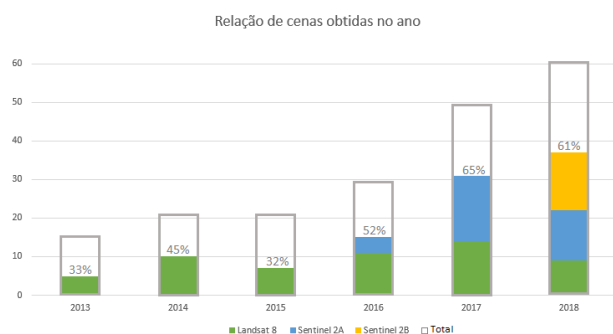


Gráfico 3. Número de cenas sem interferência de nuvens somadas por ano

5. CONCLUSÕES

Utilizar o produto HLS possibilitou construir uma série de NDVI longa o suficiente para monitorar a área em estudo do plantio até a situação atual (com dados mensais). A Série temporal teve sensibilidade para identificar talhões afetados por pragas desfolhadoras.

Mesmo utilizando cenas dos satélites com produtos gratuitos, e uma resolução espacial de 30 metros, foi possível desenvolver uma ferramenta para identificação de desfolha, possibilitando o monitoramento dos plantios de eucalipto.

6. REFERÊNCIAS

[1] FLORENZANO, Teresa Galotti. Iniciação em Sensoriamento Remoto. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 128 p.

[2] ALLEN, W. A.; RICHARDSON, A. J.. Interaction of Light with a Plant Canopy. *Journal Of The Optical Society Of America*. Washington., p. 1023-1028. 1968.

[3] ROUSE et al., Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS, In: S.C. Freden, E.P. Mercanti, and M. Becker (eds) *Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium*. Volume I: Technical Presentations, NASA SP-351, NASA, Washington, 1974, 309-317 p.

[4] YANG, C. et al. Airbone multispectral digital imagery for detecting plant growth and yield variability for a grain sorghum field., *International conference on geospatial information in agriculture and forestry*, 2., 2000, Flórida. *Proceedings...* Lake Buena Vista: 2000. p. 477-485.

[5] FLORENZANO, Teresa Galotti. *Iniciação em Sensoriamento Remoto*. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 128 p.

[6] CLAVERIE, Martin et al. Maize and sunflower biomass estimation in southwest France using high spatial and temporal resolution remote sensing data. *Remote Sensing Of Environment*. Toulouse, p. 844-857. set. 2012.

[7] MORAN, M. S., Inoue, Y., & Barnes, E. M. (1997). Opportunities and limitations for image-based remote sensing in precision crop management. *Remote Sensing of Environment*, 61, 319e346.

[8] REIS FILHO, Wilson et al. Danos causados por diferentes níveis de desfolha artificial para simulação do ataque de formigas cortadeiras em *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis*. *Brazilian Journal Of Forestry Research*. Colombo, p. 37-42. mar. 2011.

[9] ZANTER, K. *Harmonized Landsat-8 Sentinel-2 (HLS) Product User's Guide*. 2. ed. Sioux Falls, 2016. 106 p. Disponível em: <https://landsat.usgs.gov/sites/default/files/documents/LSDS-1574_L8_Data_Users_Handbook.pdf>. Acesso em: 14 set. 2018.

[10] European Agency Survey (ESA). *Sentinel-2 User Handbook*, 2013. 64 p. Disponível em: <https://sentinels.copernicus.eu/documents/247904/685211/Sentin-el-2_User_Handbook>. Acesso em: 18 set. 2018.

[11] ZANTER, K. USGS. *LANDSAT 8 (L8) DATA USERS HANDBOOK*. 2. ed. Sioux Falls, 2016. 106 p. Disponível em: <https://landsat.usgs.gov/sites/default/files/documents/LSDS-1574_L8_Data_Users_Handbook.pdf>. Acesso em: 18 set. 2018.

[12] Robert J. Hijmans (2017). raster: Geographic Data Analysis and Modeling. R package version 2.6-7. <https://CRAN.R-project.org/package=raster>

[13] ZANTER, K. *Harmonized Landsat-8 Sentinel-2 (HLS) Product User's Guide*. 2. ed. Sioux Falls, 2016. 106 p. Disponível em: <https://landsat.usgs.gov/sites/default/files/documents/LSDS-1574_L8_Data_Users_Handbook.pdf>. Acesso em: 14 set. 2018.

[14] BENDINI, Hugo N. et al. Assessment of a Multi-Sensor approach for Noise Removal on Landsat-8 OLI Time Series Using CBERS-4 MUX Data to Improve Crop Classification Based on Phenological Features. In: *BRAZILIAN SYMPOSIUM ON GEOINFORMATICS*, 17., 2016, Campos do Jordão. *Proceedings XVII GEOINFO*. Campos do Jordão: Geoinfo, 2016. p. 240 - 248.

[15] BOOR, Carl de. *A Practical Guide to Splines*. New York: Springer-verlag, 1978. 348 p.

[16] FLUMIGNAM, Danilton Luiz; FIETZ, Carlos Ricardo; COMUNELLO, Éder. *O clima na região do bolsão de Mato Grosso do Sul*. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2015. 46 p.