

DEFINIÇÃO DE ZONAS DE MANEJO EM CANA-DE-AÇÚCAR USANDO SÉRIES TEMPORAIS DE NDVI DERIVADOS DO SATÉLITE SENTINEL-2A

Celia Regina Grego¹, Eduardo Antonio Speranza², Cristina Aparecida Gonçalves Rodrigues³, Sandra Furlan Nogueira⁴, Gustavo Bayma⁵, Ricardo Rodrigues Ciferri⁶, Ariovaldo Luchiari Jr.⁷

^{1,2,7} Embrapa Informática Agropecuária, Av. Dr. André Tosello, 209 - Cidade Universitária, Campinas - SP, 13083-886, celia.grego@embrapa.br, eduardo.speranza@embrapa.br, ariovaldo.luchiari@embrapa.br; ³ Embrapa Territorial, Av. Sd. Passarinho, 303 - Jardim Chapadão, Campinas - SP, 13070-115, cristina.rodrigues@embrapa.br; ^{4,5} Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP 340, KM 127,5, S/N - Tanquinho Velho, Jaguariúna - SP, 13820-000, Jaguariúna - SP, sandra.nogueira@embrapa.br, gustavo.bayma@embrapa.br; ⁶ Universidade Federal de São Carlos, Rodovia Washington Luís, km 235, São Carlos - SP, 13565-905, ricardo@dc.ufscar.br

RESUMO

O uso de imagens de satélite gratuitas e de média resolução temporal tem grande aplicação na agricultura de precisão. Este estudo avaliou a evolução de mapas de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) obtidos de imagens orbitais do satélite Sentinel-2A, analisados quanto a variabilidade espacial, para auxiliar na identificação de diferentes zonas de manejo para a cana-de-açúcar. Para tanto, uma área de cana-de-açúcar, em Mogi Mirim (SP), foi analisada durante os anos de 2016 e 2017 utilizando a geoestatística para o zoneamento. Imagens do satélite Sentinel-2A de seis datas foram obtidas e analisadas quanto à variabilidade espacial do NDVI. Houve dependência espacial dos índices de vegetação em todas as datas das imagens obtidas. Os dados interpolados de NDVI durante o desenvolvimento fenológico da cana-de-açúcar até a colheita indicam variabilidade espacial no sentido do declive e permitiram delimitar as diferentes zonas de manejo.

Palavras-chave — *geoestatística*, agricultura de precisão, imagem de satélite

DEFINITION OF SUGAR CANE MANAGEMENT ZONES USING NDVI TIME SERIES DATA FROM SENTINEL-2A SATELLITE

The use of free and medium spatial resolution satellite images has great application in precision agriculture. This study evaluated the evolution of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) maps acquired from images of the Sentinel-2A satellite, analyzed for spatial variability to support the identification of differentiated management zones for sugarcane. Therefore, an area of sugarcane in Mogi Mirim (SP) was analyzed during the years 2016 and 2017 using the geostatistical analyses for the identification of management zones. Images of the Sentinel-2A satellite of six dates were obtained and analyzed for spatial variability of NDVI. Spatial dependence was observed for vegetation indices on all dates of the images obtained. Interpolated data of NDVI during the growing development of sugarcane

to harvest indicated spatial variability in the slope direction and was able to define different management zones.

Key words — *geostatistics, precision agriculture, satellite image*

1. INTRODUÇÃO

A área cultivada de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) no Brasil abrange 8,7 milhões de hectares do território nacional [1] e a sua produção contribui com 28% da produção global de bioetanol (27 bilhões de litros) [2].

A aplicação da agricultura de precisão historicamente teve foco na aplicação em culturas de grãos [3], por isso, ainda é incipiente sua aplicação na cultura da cana-de-açúcar frente a realidade dos produtores e das usinas. Mas como atualmente a cana é uma cultura altamente mecanizada [4], os estudos indicam que a agricultura de precisão é compatível quando aplicada à cana-de-açúcar, trazendo benefícios no sistema de gerenciamento da propriedade e consequentemente no aumento da produtividade de açúcar e álcool.

Segundo [5], a agricultura de precisão visa o gerenciamento mais detalhado do todo sistema de produção agrícola, partindo da variabilidade espacial para diferenciar as lavouras, permitindo o manejo localizado das culturas. Para tanto, os produtos derivados de imagens de satélite podem reproduzir os ciclos de desenvolvimento das culturas, em relação às suas distribuições espaciais, por meio dos índices de vegetação (IV).

Em função da disponibilidade cada vez maior das imagens de satélite com alta resolução espaço-temporal, seu uso para monitoramento de culturas anuais e semi-perenes tornou-se viável [6], como é o caso das imagens de satélite Sentinel-2A que possuem resolução espacial média (10 m), alta capacidade de revisita, e com uma imagem obtida a cada cinco dias.

A hipótese deste trabalho é que séries temporais de imagens de satélite podem contribuir na análise da variabilidade espaço-temporal de parâmetros biofísicos da cultura de cana-de-açúcar.

Este estudo tem como objetivo analisar a variabilidade espacial de IVs por meio de série temporal de imagens

orbitais do satélite Sentinel-2A para auxiliar na identificação de zonas de manejo em área cultivada com cana-de-açúcar.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado na área de reforma com cana-de-açúcar variedade CTC-20, plantada em março de 2016, vinculada ao projeto em Rede de Agricultura de Precisão da Embrapa, e que compreendeu um talhão experimental de 17 ha da Fazenda Aparecida, localizada em Mogi Mirim, SP, com coordenada central 299705 E e 7504995 S (WGS84 UTM Zona 23S) conforme ilustrado na Figura 1.

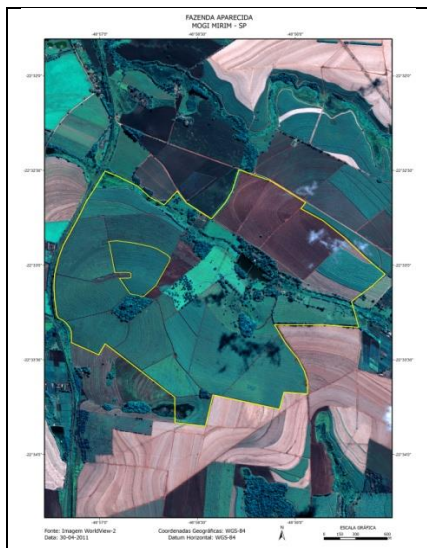


Figura 1. Localização da Fazenda Aparecida e do talhão experimental da Unidade Piloto de cana-de-açúcar em Mogi Mirim, SP. Visualização da imagem WorldView-2 de 2011.

As imagens do satélite Sentinel-2 de seis datas (livres de nuvens) após meados do ciclo até a colheita, foram obtidas no catálogo Earth Explorer (<http://earthexplorer.usgs.gov/>), pertencente ao Serviço Geológico Americano (U.S. Geological Survey – USGS). Nesse catálogo são distribuídas imagens com nível de processamento “1C”, o qual fornece valores do nível de cinza (NC) de cada pixel.

Para a comparação entre valores de pixels de imagens de diferentes datas, faz-se necessária a transformação dos valores de NC para valores de reflectância da superfície. Para isto, foi utilizada a correção atmosférica disponível na ferramenta SNAP [7]. Após a correção atmosférica aplicou-se a equação do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada - NDVI (Equação 1).

$$NDVI = \frac{\rho_{(NIR)} - \rho_{(RED)}}{\rho_{(NIR)} + \rho_{(RED)}} \quad (1)$$

onde, ρ_{NIR} and ρ_{RED} é a reflectância da superfície da região do infravermelho próximo e da região do vermelho, respectivamente.

As datas utilizadas foram: 16 de dezembro de 2016, 11 de fevereiro de 2017, 2 de abril de 2017, 12 de maio de 2017, 11 de junho de 2017 e 21 de julho de 2017.

A variabilidade espacial dos índices de vegetação foi obtida por meio da análise geostatística e interpolação por krigagem ordinária conforme metodologia de [8]. Os mapas foram construídos no programa ArcGIS 9.3.

3. RESULTADOS

Após interpolação por krigagem ordinária (Figura 2) é possível observar nos mapas que as zonas de manejo identificadas indicam praticamente três áreas diferenciadas com continuidade no sentido do declive da área.

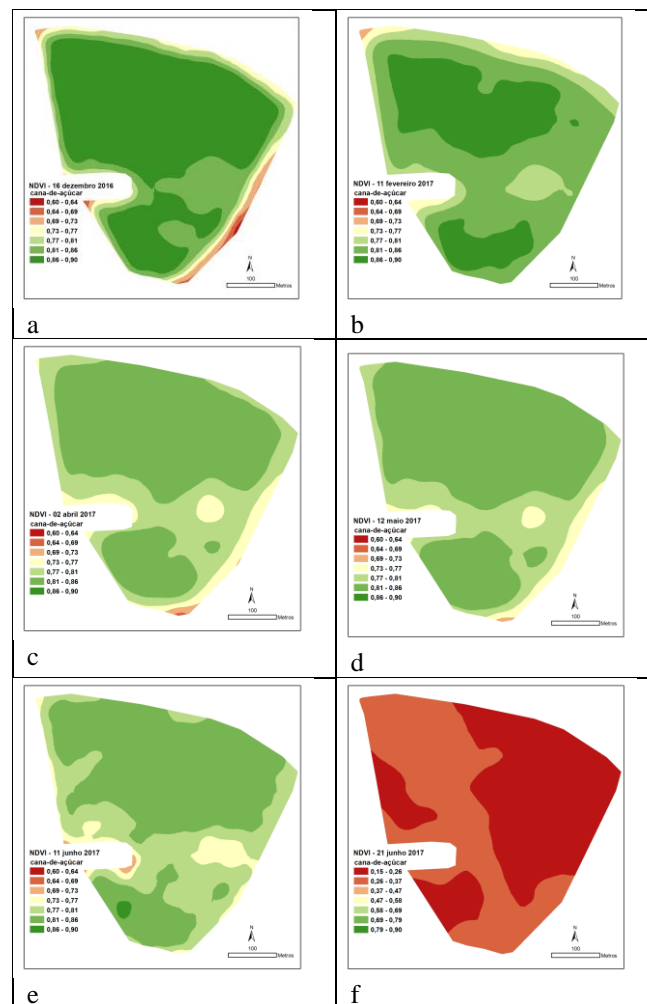


Figura 2. Mapas de variabilidade espacial do NDVI interpolados por Krigagem ordinária da área de cana-de-açúcar nas datas de: a) 16 de dezembro de 2016, b) 11 de fevereiro de 2017, c) 2 de abril de 2017, d) 12 de maio de 2017, e) 11 de junho de 2017 e f) 21 de julho de 2017.

4. DISCUSSÃO

Os dados de NDVI foram analisados quanto à variabilidade espacial e apresentaram dependência com alcances variando de 85 a 120 metros. Os alcances indicam o tamanho das manchas existentes para os índices de vegetação e com isso é possível inferir que sejam decorrentes das zonas de manejo diferenciadas durante o desenvolvimento vegetativo da cultura até a colheita.

De acordo com a Figura 2, durante os estádios vegetativos da cultura os valores de NDVI variam na maioria dos mapas de 0,73 a 0,86. O comportamento geral do NDVI para a área pode ser observado a partir do sistema SATVeg [9], que permite a visualização desse índice em uma série temporal do satélite MODIS, com resolução espacial de 250 m. Para essas datas, o valor aproximado médio de NDVI foi, respectivamente, 0,79; 0,81; 0,80; 0,77; 0,76 e 0,35, ou seja, dentro do encontrado para a área estudada, sendo que a colheita ocorreu em 26 de junho de 2017 e portanto, na última data (21 de junho de 2017 - Figura 2f), a cultura encontrava-se no término da fase de maturação, por isso o NDVI apresentou-se diferente das demais datas.

Cabe ressaltar o potencial do uso de séries temporais do satélite Sentinel -2A para representação do índice de vegetação na fase de maior desenvolvimento vegetativo da cana para a adequada identificação da variabilidade espacial e possivelmente apresenta potencial para a estimativa da produtividade. Considerando os vastos estudos já realizados em culturas de grãos por diversos autores, dentre eles [10], os métodos de determinação de zonas de manejo pelos índices de vegetação NDVI apresentaram uma classificação mais igualitária em relação à produtividade.

5. CONCLUSÕES

Houve dependência espacial para os índices de vegetação após a aplicação localizada de insumos em faixas delimitadas pelas zonas de manejo.

Os mapas interpolados de NDVI durante o desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar até a colheita indicam variabilidade espacial no sentido do declive e auxiliaram na identificação de zonas de manejo diferenciadas.

6. REFERÊNCIAS

- [1] COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Área Plantada de Cana-de-Açúcar, 2º levantamento da safra 2017/2018. <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/index.php/safra/cana-evolucao-estimativa>
- [2] RENEWABLE FUELS ASSOCIATION - RFA (2016). Fueling a high octane future: ethanol industry outlook. http://ethanolrfa.org/wp-content/uploads/2016/02/RFA_2016_full_final.pdf. Accessed 18 de abril de 2018

[3] MACHADO, P. L. O. de A. Agricultura de precisão para o manejo da fertilidade do solo em sistema plantio direto / Pedro Luiz Oliveira de Almeida Machado, Alberto Carlos de Campos Bernardi, Carlos Alberto Silva (Ed.). - Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 209p. ISBN 85-85864-13-

[4] GREGO, C.R.; ARAUJO, L. S. ; VICENTE, L.E ; NOGUEIRA, S.F. ; MAGALHAES, P. S. G. ; VICENTE, A. K. ; BRANCALÃO, S.R.; VICTORIA, D. C. ; BOLFE, E.L . Agricultura de precisão em cana-de-açúcar. In: BERNARDI, A. C. de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V. de.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y.. (Org.). Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar. 2ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014, v. 1, p. 442-457.

[5] INAMASU, R. Y., NAIME, J. de M., RESENDE, A.V, BASSOI, L.H, BERNARDI, A.C.C., eds. Agricultura de precisão: um novo olhar. / - São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2011. 334 p.

[6] MADIGAN, E. Multi-Temporal Analysis of Crops in NSW Using Vegetation Indices. Summary Report 2017, UNSW Canberra at ADFA. 13 p.

[7] MULLER-WILM, U., LOUIS, J., RICHTER, R., GASCON, F., NIEZETTE, M., 2013. Sentinel-2

A prototype processor: Architecture, algorithms and first results. In: Proceedings..., ESA Living Planet Symposium, Edinburgh, UK, 9–13 September 2013.

[8] VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, G. R. (Ed.). Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p. 1-54.

[9] ESQUERDO, J. C. D. M.; COUTINHO, A. C. ; ANTUNES, J. F. G. Sistema on-line para visualização de perfis temporais de índices vegetativos de imagens MODIS. In: XVIII Brazilian Symposium on GeoInformatics, 2017, Salvador-BA. Anais... São José dos Campos-SP: INPE, 2017. p. 207-209.

[10] MARTINS, R.C. Definição de zonas de manejo por índices de vegetação obtidos por sensoriamento remoto e mapas de produtividade. Dissertação apresentada ao curso de mestrado profissional do programa de pós graduação em agricultura de precisão, do colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria. 61p. 2017.