

SENORIAMENTO REMOTO PARA ESTIMAR A PRODUTIVIDADE DE BIOMASSA DE CANA-DE-AÇÚCAR

Luiz Sergio Vanzela ¹, Alex Ricardo Caldeira Braz ², Cleiton Antônio Garcia de Araújo ³, Gildriano Soares de Oliveira ⁴, Beatriz de Oliveira Costa ⁵

¹ Doutor em Agronomia, UNICASTELO/Fernandópolis, (17) 3465-4200, lsvanzela@yahoo.com.br

² Engenheiro Ambiental e Sanitarista, FIFE/Fernandópolis, (17) 3465-0000, alex-braz@hotmail.com

³ Engenheiro Ambiental e Sanitarista, FIFE/Fernandópolis, (17) 3465-0000, cleitonaraujo.eng@hotmail.com

⁴ Mestrando em Agronomia, UNESP/Jaboticabal, (16) 3209-2600, gilsoaresoliveira@yahoo.com.br

⁵ Doutora em Produção Vegetal, UNESP/Jaboticabal, (16) 3209-2600, beatriz.oliveira.costa@hotmail.com

Apresentado no

XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015

13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

RESUMO: Considerando a importância de agilizar, reduzir custos e melhorar a precisão das previsões de safras de cana-de-açúcar, este trabalho teve como objetivo avaliar a estimativa da produtividade de biomassa em 3 variedades de cana-de-açúcar em 4 idades de plantas após o corte, com o uso de imagens de satélite. Para isto foram realizadas análises de regressão linear da produtividade de biomassa de cana em função do NDVI médio do talhão, a partir de imagens do sensor OLI do satélite Landsat 8, em áreas comerciais do município de Ouroeste - SP. De acordo com os resultados, a estimativa da produtividade de biomassa (Y) em função das imagens NDVI apresentaram ótima qualidade para a variedade SP-81-3250, com imagens NDVI realizadas aos 10 meses de idade após o corte ($Y = 168,69 \text{ NDVI} + 9,2443$; $r^2 = 0,9377$; $p < 0,01$). Para a variedade RB867515, o melhor período para a estimativa foi aos 7 meses de idade após o corte, porém com baixa significância estatística ($Y = 63,983 \text{ NDVI} + 27,441$; $r^2 = 0,2152$; $p = 0,12$). Na variedade RB925211, o melhor modelo obtido foi aos 8 meses de idade após o corte, mas também com baixa significância estatística ($Y = 32,34 \text{ NDVI} + 53,201$; $r^2 = 0,0246$; $p = 0,7664$).

PALAVRAS-CHAVE: Produção de Biomassa, NDVI, Área Foliar

REMOTE SENSING TO ESTIMATING THE PRODUCTIVITY OF THE SUGARCANE BIOMASS

ABSTRACT: Considering the importance of speed, reduce costs and improve the accuracy of forecasts of sugarcane crop, this paper aimed to assess the estimated biomass productivity in three varieties of sugarcane in 4 different ages after cutting, using satellite imagery. In order to do this, it was performed linear regression analyzes of sugarcane biomass productivity on average NDVI function of the field, from images of OLI sensor Landsat 8, in the commercial areas of Ouroeste - SP. According to the results, an estimated biomass productivity (Y) as a function of NDVI images showed a great quality for the SP-81-3250 variety, with NDVI images taken at 10 months after cutting ($Y = 168.69 \text{ NDVI} + 9.2443$; $r^2 = 0.9377$, $p < 0.01$). For the RB867515 variety, the best estimated period was at 7 months after cutting, but with low statistical significance ($Y = 27.441 + 63,983 \text{ NDVI}$; $r^2 = 0.2152$; $p = 0.12$). For the RB925211 variety, the best model was obtained at 8 months after cutting, but also with low statistical significance ($Y = 32.34 \text{ NDVI} + 53.201$; $r^2 = 0.0246$; $p = 0.77$).

KEYWORDS: Biomass production, NDVI, leaf area

INTRODUÇÃO: A cana-de-açúcar é a principal matéria-prima do setor sucroenergético e, por isso, de extrema importância para a economia brasileira. Somente na safra 2013/2014 da região Centro-Sul do Brasil, colheu-se um total de 597.061.000 toneladas de cana (UNICA, 2015), o que evidencia este cenário. Um dos principais aspectos de importância na logística do setor sucroenergético é a estimativa da safra, pois trata-se de informação imprescindível para o planejamento da colheita, transporte e moagem de cana, sendo fundamental na redução de custos do setor agrícola e industrial. Os métodos tradicionais de estimativa de safra se baseiam em metodologias que relacionam a biometria da planta com a produtividade esperada. Entretanto, a precisão desses métodos depende da amostragem (quantidade e qualidade) e da experiência da equipe de campo. Assim, podem se tornar

demorados, onerosos e com baixa precisão se executados de forma incorreta. Por isso os métodos que utilizam sensoriamento remoto são promissores, pois permitem estimar a produtividade de biomassa a partir do mapeamento em área total. Também informam a variabilidade espacial da produção, permitindo identificar áreas ou regiões dentro dos talhões que possuem baixa produtividade e com necessidade de algum tipo de correção (solos, fitossanitários etc). A estimativa da produtividade de biomassa com o uso de sensores remotos é possível com o auxílio dos índices de vegetação (NRSA, 2003), que apresentam correlações diretas com o índice de área foliar. Um dos índices de vegetação mais utilizados é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada - NDVI (JENSEN, 2009; LOFTON et al., 2012), já utilizado na prática por várias empresas para a estimativa de safra. Neste contexto, o trabalho teve como objetivo avaliar a estimativa da produtividade de biomassa em três variedades de cana-de-açúcar em quatro idades de plantas, com o uso de imagens de satélite.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi desenvolvido nas áreas comerciais de produção de cana-de-açúcar da empresa Bunge Ouroeste S/A, localizada no município de Ouroeste, Noroeste do estado de São Paulo, nas coordenadas 19°57'5,74"S e 50°26'4,14"O (Figura 1). De acordo com Rolim et al. (2007), o clima da região segundo Koppen é o Aw (tropical úmido), sendo a temperatura média do mês mais frio superior a 18°C e do mês mais quente superior a 22°C e a precipitação média do mês mais seco, inferior a 60 mm. A avaliação da estimativa da produtividade de biomassa de cana-de-açúcar por sensores remotos foi realizada pela modelagem matemática da produtividade de biomassa de cana (variável dependente) em função do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI – variável independente), para 3 variedades (RB867515, RB925211 e SP81-3250) em 4 idades de plantas após o corte (7, 8, 9 e 10 meses). As imagens NDVI foram obtidas a partir das bandas do infravermelho (banda 5) e vermelho (banda 4) do satélite LANDSAT 8 (USGS, 2014), resolução espacial de 30 m. Ao todo foram utilizadas 13 cenas, cujas datas de passagem são: 02/04/2014, 17/03/2014, 13/02/2014, 28/01/2014, 27/12/2013, 09/11/2013, 24/10/2013, 06/09/2013, 05/08/2013, 04/07/2013, 18/06/2013, 01/05/2013 e 15/04/2013. As produtividades reais de biomassa de cana-de-açúcar foram obtidas a partir do banco de dados da Empresa Bunge Ouroeste S/A. Os dados são referentes a um total de 117 talhões, sendo 37 da variedade RB867515, 45 da variedade RB925211 e 35 da SP81-3250 (Figura 1).



FIGURA 1. Detalhe da localização dos talhões utilizados no trabalho (marcados em amarelo).

A obtenção dos pares de produtividade e NDVI nas quatro idades avaliadas (7, 8, 9 e 10 meses), em quantidade suficiente para a modelagem matemática, foi alcançada com a combinação do imageamento de diferentes talhões em diferentes datas para cada variedade. Para todas as imagens NDVI em cada data, realizou-se o cálculo do valor médio de NDVI dos pixels dentro da área de cada talhão, por meio de correlação cruzada, já que a produtividade real é dada por talhões, permitindo a obtenção dos pares produtividade de biomassa e NDVI médio do talhão. Em seguida, com os pares de produtividades reais de biomassa das 3 variedades nas 4 idades de planta (variável dependente) e das médias dos valores de NDVI para o respectivo talhão (variável independente), realizou-se a análise de variância da regressão linear para todas as variedades nas diferentes idades de plantas. Todas as

imagens foram tratadas e processadas com o auxílio do software ArcGIS 10 e as análises estatísticas por meio do software SPSS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Para a variedade RB867515, o melhor modelo de reposta da produtividade de biomassa em função do NDVI obtido foi com o canavial aos 7 meses de após o plantio/corte (Figura 2a).

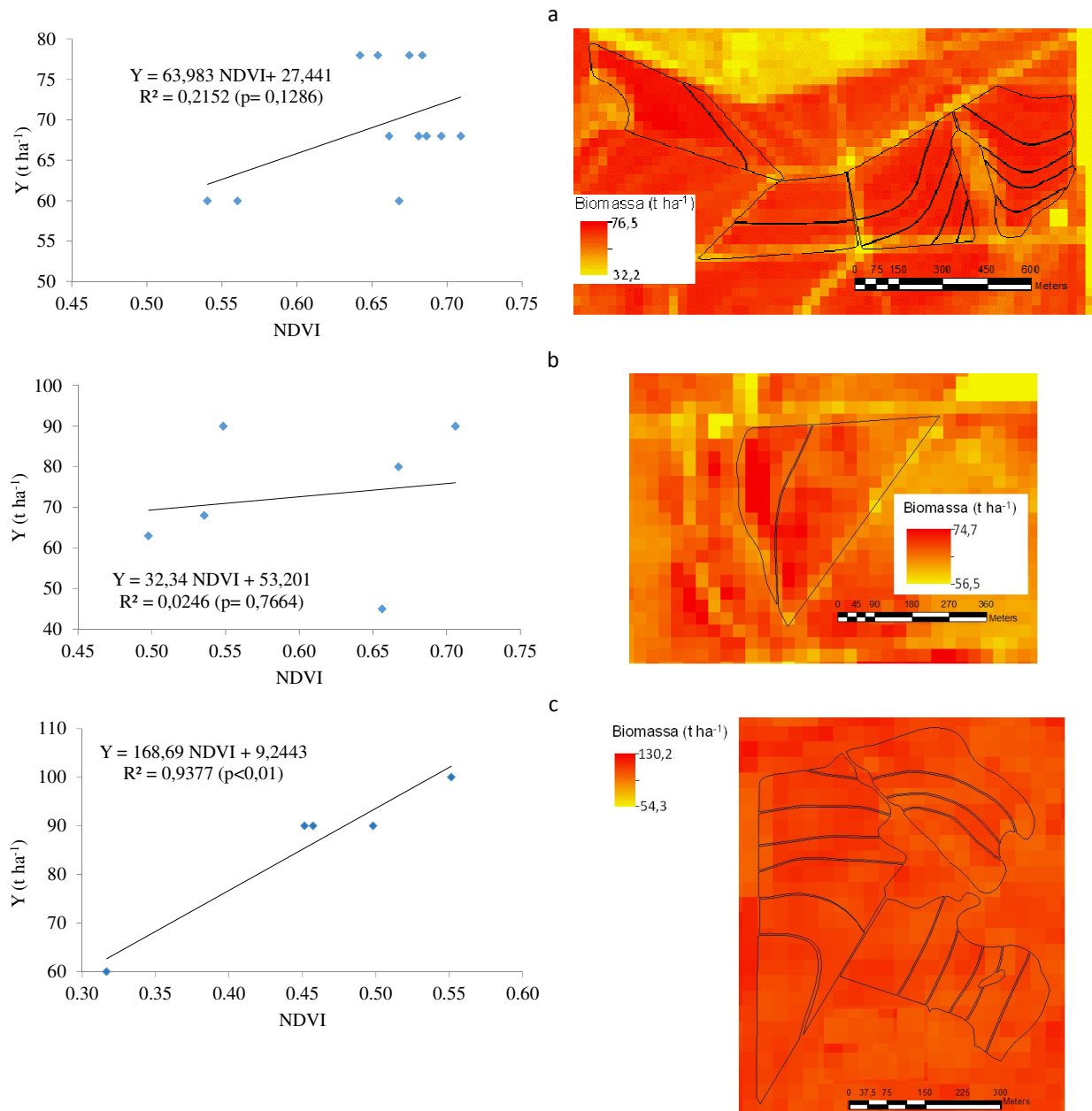


FIGURA 2. Análise de regressão e mapa de produtividade obtido pelos modelos para as variedades RB867515 aos 7 meses (a), RB925211 aos 8 meses (b) e SP81-3250 aos 10 meses (c).

O modelo obtido com as plantas aos 7 meses de idade foi de baixa significância ($p=0,1286$) e de qualidade no ajuste ($r^2=0,1286$). Para a variedade RB925211 o modelo também apresentou baixas significância ($p=0,7664$) e qualidade do ajuste ($r^2=0,0246$) (Figura 2b). O melhor resultado de modelagem do NDVI em produtividade de biomassa foi obtido com a variedade SP81-3250, que apresentou altas significância ($p<0,01$) e qualidade do ajuste da regressão ($r^2=0,9377$) (Figura 2c). Mulianga et al. (2013) testaram o uso de NDVI na avaliação anual da produtividade de cana no oeste do Quênia, a partir do sensor MODIS (resolução de 250 m) e obtiveram como melhores modelos os lineares e exponenciais, com valores de r^2 variando de 0,12 a 0,13. Em qualidade, esses modelos foram semelhantes aos obtidos neste trabalho para a variedades RB867515 aos 7 meses de idade ($r^2 =$

0,1286) e inferiores aos obtidos para a SP81-3250 aos 10 meses de idade ($r^2 = 0,9377$). Já Machado (2003), testando diferentes bandas e índices de vegetação por meio do sensor ETM (resolução espacial de 30 m) na estimativa de biomassa de cana-de-açúcar, obteve melhor qualidade da estimativa por meio de modelos lineares, com coeficientes de determinação variando de 0,1182 a 0,5266. As imagens NDVI obtidas do sensor OLI (resolução espacial de 30 m) proporcionam mais detalhamento das variações da superfície do que o sensor MODIS, o que pode explicar os melhores resultados obtidos em comparação a este sensor. As variações observadas em relação aos períodos de obtenção dos melhores resultados de modelos (7 meses para a variedade RB867515, 8 meses para a variedade RB915211 e 10 meses para a variedade SP81-3250) pode estar relacionada a vários aspectos ambientais, como a deficiência hídrica (Abreu et al., 2013), evolução distinta do índice de área foliar em variedades diferentes (Almeida et al., 2008) e ambiente de produção (Maule et al., 2001). Esses fatores podem provocar variabilidade no desenvolvimento vegetativo e no índice de área foliar, provocando maior erro na estimativa pelo NDVI médio do talhão.

CONCLUSÕES: De acordo com os resultados, a estimativa da produtividade de biomassa (Y) em função das imagens NDVI apresentaram ótima qualidade para a variedade SP-81-3250, com imagens NDVI realizadas aos 10 meses de idade após o corte ($Y = 168,69 \text{ NDVI} + 9,2443$; $r^2 = 0,9377$; $p < 0,01$). Para a variedade RB867515, o melhor período para a estimativa foi aos 7 meses de idade após o corte, porém com baixa significância estatística ($Y = 63,983 \text{ NDVI} + 27,441$; $r^2 = 0,2152$; $p = 0,1286$). Na variedade RB925211, o melhor modelo obtido foi aos 8 meses de idade após o corte, mas também com baixa significância estatística ($Y = 32,34 \text{ NDVI} + 53,201$; $r^2 = 0,0246$; $p = 0,7664$).

REFERÊNCIAS

- ABREU, M. L. de; SILVA, M. de A.; TEODORO, I.; HOLANDA, L. A. de; SAMPAIO NETO, G. D. Crescimento e produtividade de cana-de-açúcar em função da disponibilidade hídrica dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas. **Bragantia**, v.72, p.263-270, 2013.
- ALMEIDA, A. C. DOS S.; SOUZA, J. L.; TEODORO, I.; BARBOSA, G. V. S.; MOURA FILHO, G.; FERREIRA JÚNIOR, R. A. Desenvolvimento vegetativo e produção de variedades de cana-de-açúcar em relação à disponibilidade hídrica e unidades térmicas. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.5, p.1441-1448, 2008.
- JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres** (tradução da segunda edição). São José dos Campos: Parêntese, 2009. 598 p.
- LOFTON, J.; TUBANA, B. S.; KANKE, Y.; TEBOH, J.; VIATORE, H.; DALEN, M. Estimating sugarcane yield potential using in season determination of Normalized Difference Vegetative Index. **Sensors**, v.12, p. 7529-7547, 2012.
- MACHADO, H. M. Determinação da biomassa de cana-de-açúcar considerando a variação espacial de dados espectrais do satélite Landsat 7 – ETM. 2003. f61. Campinas: UNESP, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
- MAULE, R. F.; MAZZA, J. A.; MARTHA JUNIOR, G. B. Produtividade agrícola de cultivares de cana-de-açúcar em diferentes solos e épocas de colheita. **Scientia Agrícola**, v.58, p.295-301, 2001.
- MULIANGA B.; BÉGUÉ, A.; SIMOES, M.; TODOROFF, P. Forecasting regional sugarcane yield based on time integral and spatial aggregation of Modis NDVI. **Remote Sensing**, v.5, p.2184-2199, 2013.
- NRSA – National Remote Sensing Agency. **Resourcesat-1 (IRS-P6): data user's manual**. Hyderabad, Government of India, 2003.
- ROLIM, G. de S.; CAMARGO, M. B. P. de; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L. de. Classificação climática de Koppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.66, p.711-720, 2007.
- UNICA – UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Relatório final da safra 2013/2014: Região Centro-Sul**. São Paulo: ÚNICA, 2014. 32p.
- USGS - United States Geological Survey. **Landsat 8**. Reston: USGS, 2014.