

INFLUÊNCIA DO SUBSTRATO E DA OCORRÊNCIA DE CHUVA NA REFLETÂNCIA MENSURADA POR SENSOR ATIVO DE DOSSEL EM CANA-DE-AÇÚCAR

LEANDRO TAUBINGER¹, LUCAS R. AMARAL², JOSÉ P. MOLIN³

¹ Graduando em Eng. Agrônoma, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP), Departamento de Engenharia de Biosistemas, Fone: (0XX19) 34478514, leotbr@yahoo.com.br

² Engenheiro Agrônomo, doutorando em Fitotecnia, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba – SP

³ Engenheiro Agrícola, Prof^o Associado, Depto. de Engenharia de Biosistemas, ESALQ/USP, Piracicaba – SP

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2012
24 a 26 de setembro de 2012- Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: O uso de sensores ativos de refletância do dossel é uma das alternativas à recomendação tradicional de N. Dessa forma, surge a necessidade de avaliar alguns fatores de ambiente que possam interferir nessas mensurações. O objetivo desse trabalho foi avaliar a influência do substrato e de água sobre o dossel na refletância mensurada por um sensor de dossel, o qual fornece as refletâncias nos comprimentos de onda na faixa do visível e do infravermelho próximo. Dois ensaios foram realizados em lavoura comercial na região de Ribeirão Preto, SP. Um ensaio testou a alteração na refletância quando o substrato era palhada, solo argiloso exposto e areia; o outro ensaio avaliou o efeito da ocorrência de chuva e presença de água sobre as folhas. Com os resultados foram simulados três índices de vegetação utilizados por sensores comerciais. Foi constatada influência dos tratamentos nos dois ensaios, tanto nos comprimentos de ondas separadamente quanto nos índices de vegetação. Outros índices e bandas devem ser estudados para minimizar essas influências.

PALAVRAS-CHAVE: sensoriamento remoto, sensor ótico, índices de vegetação

SUBSTRATE AND RAINFALL INFLUENCE IN REFLECTANCE MEASURED BY ACTIVE CROP CANOPY SENSOR ON SUGARCANE

ABSTRACT: The use of active canopy reflectance sensors is an alternative to the traditional recommendation of N. Thus some environmental factors that may affect these measurements have to be evaluated. The aim of this study was to evaluate the influence of substrate and water on the canopy on reflectance measured by a canopy sensor which provides the reflectance in the visible and near infrared wavelengths. Two trials were conducted in a commercial field in the region of Ribeirão Preto, SP. One trial tested the change in reflectance when the substrate was straw, exposed clay soil and sand; the other trial evaluated the effect of the occurrence of precipitation and the presence of water on the canopy. With the results three vegetation indices used by commercial sensors were simulated. Influence of the treatments was observed in both trials, on wavelengths separately as well as in the vegetation indices. Other indices and bands should be studied to minimize these influences.

KEYWORDS: remote sensing, optical sensor, vegetation indices

INTRODUÇÃO

Nas condições brasileiras de produção de cana-de-açúcar geralmente não é utilizada análise de solo para recomendação de nitrogênio (N), sendo as recomendações de aplicação desse nutriente feitas com base no tipo de solo, variedade e idade do canavial, sem levar em consideração a disponibilidade de N no solo e a sua variabilidade espacial. Dessa forma, o uso de sensores de refletância do dossel é uma das alternativas à recomendação tradicional de N (AMARAL & MOLIN, 2011).

A utilização de métodos que estimem a resposta da cultura ao N em determinada situação edafoclimática durante a safra, possibilita a aplicação de fertilizantes nitrogenados em taxa variável (SOLARI, 2006), proporcionando maior eficiência da aplicação. Nesse contexto, os sensores ativos de dossel é uma tecnologia que vem sendo bastante estudada em culturas altamente domesticadas como trigo (RAUN et al., 2002) e milho (KITCHEN et al., 2010) e vem apresentando comprovada eficiência na fertilização nitrogenada nestas e em outras culturas (VELLIDIS et al., 2011).

Apesar de apresentar comprovada eficiência na fertilização nitrogenada em diversas culturas, na cultura da cana-de-açúcar essa técnica ainda é um desafio (LOFTON et al, 2012). O sensor de dossel é um equipamento útil na estimativa da resposta da cana-de-açúcar ao nitrogênio (RAUN et al., 2002). Entretanto, muitos fatores interferem na refletância das culturas e conseqüentemente no cálculo de índices de vegetação.

EITEL et al. (2008), trabalhando com a cultura do trigo, concluíram que índices simples como o NDVI e CI são influenciados pelo substrato. MADEIRA et al. (2001), trabalhando com gramados, verificaram influência do orvalho, da presença de água sobre o dossel das plantas e da precipitação leve nas mensurações. Como a cana-de-açúcar é cultivada em diversos tipos de solo e situações de cultivo e as operações agrícolas ocorrem, em muitos casos, 24 horas por dia, é necessário avaliar a influência desses fatores (substrato e chuva) nas mensurações com os sensores de dossel.

Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar esses efeitos sobre a refletância de diferentes comprimentos de onda e três índices de vegetação calculados por sensores comerciais.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho constou de dois ensaios realizados em lavoura comercial de cana-de-açúcar na região de Ribeirão Preto, SP, durante a safra 2011/2012, cultivada com a variedade CTC2 em quarto corte, apresentando altura média de colmos de 0,5 m (PORTZ et al., 2012).

No ensaio 1 verificou-se a influência do substrato nas mensurações realizadas por um sensor de dossel. Devido à área mensurada pelos sensores ser variável em função da altura e da biomassa da cultura, e nem sempre a luz emitida pelo sensor atingir apenas o dossel das plantas, muitas vezes os sensores captam também a refletância do substrato (solo ou palhada), o que pode ocasionar alteração nos valores mensurados. Por esse motivo, selecionou-se uma fileira de cana de 10 m de comprimento onde foram realizadas leituras sobre diferentes substratos (Figura 1).

As condições de substrato foram: palha de cana-de-açúcar oriunda da colheita mecanizada depositada sobre o solo (14 t ha^{-1}); retirada da palha manualmente, com exposição do solo de textura argilosa (vermelho escuro); deposição de areia sobre a superfície do solo, de forma a simular a refletância da superfície de um solo de textura arenosa (Figura 2).

Foram realizadas seis leituras dinâmicas (seis repetições) em cada condição de substrato, com o sensor mantido a uma distância média de 0,8 m do dossel das plantas, conduzido manualmente com uma frequência de coleta de 10 Hz, resultando em cerca de 200 leituras por repetição.



FIGURA 1. Coleta dos dados com o sensor na fileira de 10 m de cana selecionada, com manutenção de palha sobre o solo (A), exposição do solo de textura argilosa (B) e deposição de areia (C).

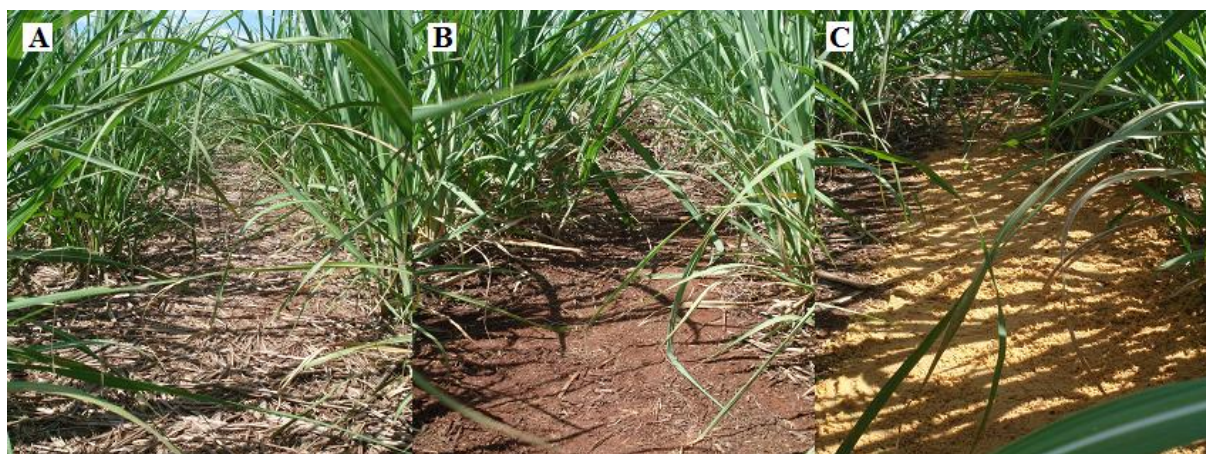


FIGURA 2. Manutenção de palha sobre o solo (A) exposição do solo de textura argilosa (B) e deposição de areia para simular solo com textura arenosa (C).

No ensaio 2 foi verificada a influência da ocorrência de chuva e da presença de água sobre as folhas (orvalho) nas mensurações, devido ao fato de os produtores de cana-de-açúcar necessitarem fertilizar grandes áreas, mesmo em condições de chuva rala ou logo após a ocorrência das mesmas. Dessa forma, utilizou-se um pulverizador costal equipado com bico gerador de gotas de grande diâmetro para a simulação de chuva ($32,4 \text{ mm h}^{-1}$ - Figura 3).

Procedeu-se leituras estáticas com o sensor antes (sol), durante (chuva) e após (orvalho) a simulação de chuva (Figura 3). Para cada condição foram realizadas quatro mensurações (cerca de 600 leituras do sensor) em quatro pontos distintos do mesmo talhão.



FIGURA 3. Coleta dos dados com o sensor antes (A) e durante (B) a simulação de chuva; destaque do molhamento das folhas após a simulação de chuva (C).

Em ambos os ensaios, as mensurações foram realizadas com o sensor ativo de dossel (CropCircle, modelo ACS-470 Multi-spectral, Holland Scientific, NE, EUA), o qual mediante troca de filtros óticos e calibração do sensor (Figura 4), fornece as refletâncias nos comprimentos de onda de 450, 550, 650, 670, 730 e 760 nm.



FIGURA 4. Componentes do sensor (A), sensor acoplado a computador para calibração (B) e troca de filtros óticos (C)

Com os valores de refletância obtidos, foram calculados, através dos dados originais, os índices de vegetação NDVI, Yara ALS e NDRE (Tabela 1), buscando avaliar a interferência dos tratamentos nesses índices de vegetação, os quais são utilizados por sensores de dossel que estão entrando no mercado brasileiro.

TABELA 1. Índices de vegetação utilizados com indicação de seus respectivos autores.

Índice de vegetação	Equação	Referência
NDVI	$(R_{760} - R_{670}) / (R_{760} + R_{670})$	ROUSE et al (1974)
Yara ALS	$100(\ln(R_{760}) - \ln(R_{730}))$	JASPER et al. (2009)
NDRE	$(R_{760} - R_{730}) / (R_{760} + R_{730})$	BARNES et al. (2000)

Para facilitar a comparação dos dados, pelo fato de o sensor obter dados absolutos de refletância, foi usada a Equação 1 para chegar ao fator de refletância para cada comprimento de onda, cujos dados são expressos em porcentagem, assumindo-se como 100 % o maior valor de refletância obtido no comprimento de onda de 760 nm (alta refletância em vegetação).

$$FR = n / N * 100 \quad (1)$$

em que,

FR - fator de refletância, %;

n - refletância absoluta do dado;

N - refletância absoluta máxima (760 nm)

Os dados obtidos nos dois experimentos foram submetidos ao teste de Tukey para comparação das médias, tanto do fator de refletância como dos índices de vegetação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelo fato de a refletância obtida no comprimento de onda de 450 nm (azul) apresentar valores de coeficiente de variação demasiadamente altos (CV = 105,4%) e valores, em geral, próximos de zero, explicado pela alta absorção pelos pigmentos das folhas, os mesmos foram descartados das análises..

Pensando-se no comportamento espectral de vegetação, verifica-se na Figura 4 que a resposta espectral obtida pelo sensor de dossel foi coerente em ambos os ensaios, mostrando baixa refletância na faixa do visível (550, 650 e 670 nm) e maior refletância na faixa do infravermelho próximo (735 e 760 nm) (ABDEL-RAHMAN et al. 2010).

Analisando o ensaio 1 (Figura 5b), verifica-se que houve variação na refletância entre os substratos, sendo essa variação coerente com o que diz a literatura. O solo exposto (argiloso) apresentou menor refletância em todos os comprimentos de onda, devido ao maior teor de matéria orgânica, umidade e óxidos de ferro e alumínio, que favorecem a absorção de energia em todo o espectro (DEMATTE, 1999). Na condição da areia, foi observada menor refletância na região do visível, principalmente pela presença de quartzo.

Em relação à presença de palha sobre o solo, a refletância foi maior em relação ao solo exposto. Devido à sua coloração mais clara, a palhada reflete grande parte da radiação incidente, sendo essa refletância decrescente conforme conforme a palha é degradada, o que foi comprovado também por DALMAGO et al. (2004).

Quanto ao ensaio 2 (Figura 5a), verifica-se que a presença de água sobre as folhas (orvalho) aumentou a refletância nos comprimentos de onda na faixa do visível e diminuiu a refletância em 760 nm, assim como foi observado por MADEIRA et al. (2001), trabalhando com gramados.

Em relação à presença de chuva, a refletância aumentou no comprimento de onda na faixa do infravermelho próximo, se comportando de maneira contrária ao que foi observado pelos mesmos autores. Esse resultado controverso pode ser explicado pelo fato de Madeira et al. (2001) terem trabalhado com um espectrorradiômetro, o qual é passivo e necessita da luz solar para o seu funcionamento. Como o sensor utilizado no presente estudo é ativo, acredita-se que esse comportamento se deu principalmente pela proximidade do sensor com as gotículas de água suspensas no ar.

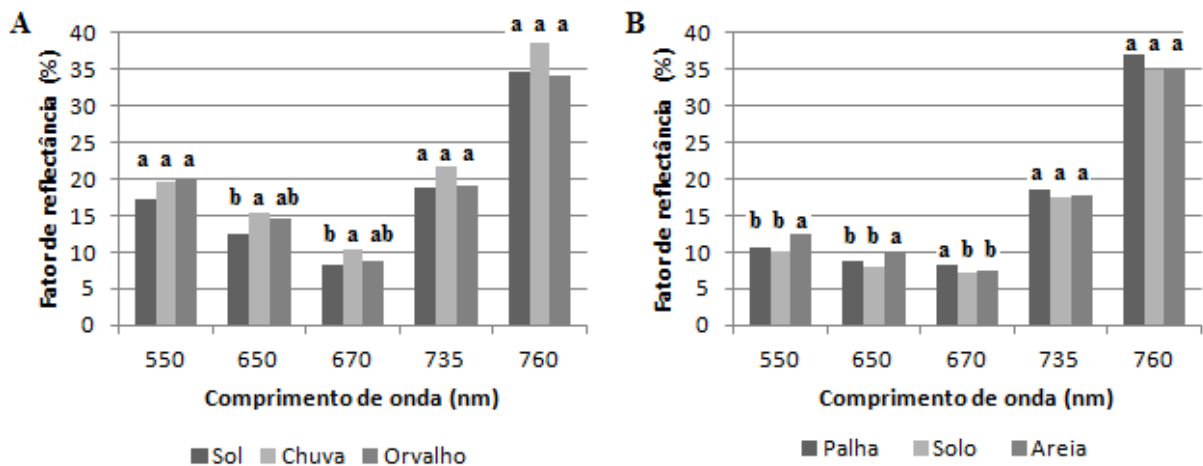


FIGURA 5. A) Fator de reflexão no ensaio 2 (condições de sol, chuva e orvalho) nos comprimentos de onda de 550, 650, 670, 735 e 760 nm. B) Fator de reflexão no ensaio 1 (condições de palha, solo e areia) nos comprimentos de onda de 550, 650, 670, 735 e 760 nm. Letras diferentes indicam diferença entre as médias dos tratamentos pelo teste de Tukey a 5%.

Como era de se esperar, devido as alterações na refletância das bandas separadamente, houve influência das condições de sol, chuva e orvalho, e de palha, solo exposto e areia, também nos índices de vegetação calculados (Figura 6). Nota-se que o NDVI sofreu alteração significativa em ambos os ensaios. O comportamento observado pode ser explicado pelo fato desse índice de vegetação usar uma das duas bandas na região do visível (vermelho – 670 nm), o que potencializa esse tipo de influência.

Os índices Yara ALS e NDRE, os quais usam os mesmos comprimentos de onda (730 e 760 nm), nota-se que apenas o ensaio com simulação de chuva interferiu nos resultados, uma vez que a água interfere enormemente na refletância espectral. Já as condições de substrato não apresentaram diferença significativa devido às bandas utilizadas por esses índices serem menos suscetíveis a variações entre esses materiais (solo, palha e areia).

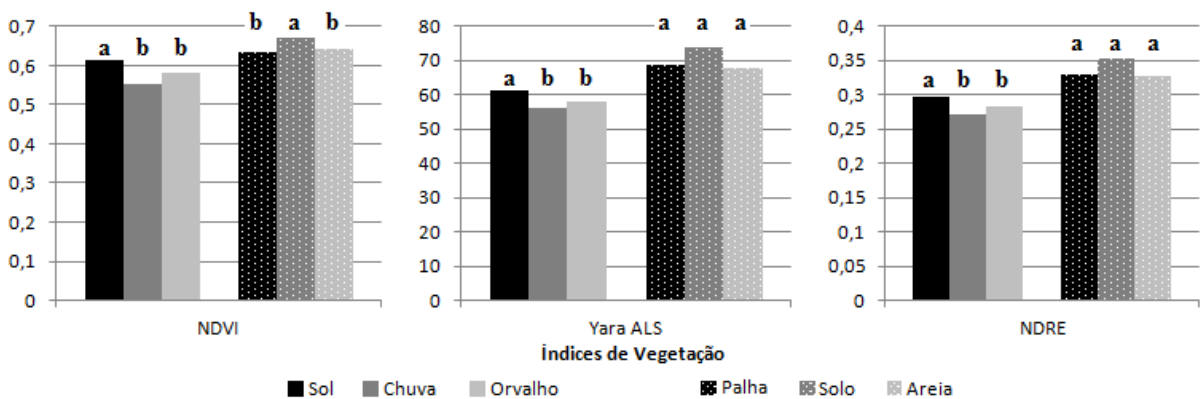


FIGURA 6. Condições de sol, chuva e orvalho (Ensaio 2), e de palha, solo e areia (Ensaio 1), para os índices de vegetação NDVI, Yara ALS e NDRE. Letras diferentes indicam diferença entre as médias dos tratamentos pelo teste de Tukey a 5%.

Dessa forma, produtores que almejem adotar essa tecnologia para aplicação de nitrogênio em taxa variável devem ter em mente que essas influências podem ocorrer e que algum cuidado deve ser tomado para minimizá-las. Exemplos dessas medidas são não avaliar lavouras com palha sobre o solo ou com solo exposto utilizando-se de uma mesma calibração

do equipamento, assim como evitar a utilização de um mesmo padrão de calibração antes e após uma chuva.

CONCLUSÕES

As condições de presença de água sobre o dossel das plantas e as diferentes condições de substrato influenciaram tanto na refletância nos comprimentos de onda do visível e do infravermelho próximo, como também nos índices de vegetação. Há necessidade do estudo de mais índices que eliminem ou pelo menos amenizem essa interferência.

AGRADECIMENTOS

À FINEP, projeto PROSENSAP pelo apoio financeiro; à FAPESP e ao CNPq pela concessão de bolsas de estudos aos autores.

REFERÊNCIAS

ABDEL-RAHMAN, E.M.; AHMED, F.B.; VAN DEN BERG, M. Estimation of sugarcane leaf nitrogen concentration using in situ spectroscopy. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v.12, p. 52-57, 2010.

AMARAL, L.R.; MOLIN, J.P. Sensor óptico no auxílio à recomendação de adubação nitrogenada em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.12, p.1633-1642, 2011.

BARNES, E.M.; CLARKE, T.R.; RICHARDS, S.E.; COLAIZZI, P.D.; HABERLAND, J.; KOSTRZEWSKI, M.; et al. Coincident detection of Crop Water Stress, Nitrogen Status and Canopy Density Using Ground-Based Multispectral Data. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 5., Bloomington. MN, USA, 16-19 Julho 2000. CD-ROM

DALMAGO, G.A.; BERGAMASCHI, H.; COMIRAN, F.; BIANCHI, C.A.B. Refletância para radiação fotossinteticamente ativa e fluxo de calor em solo sob plantio direto e preparo convencional. In: X Reunion Argentina y IV Latinoamericana de Agrometeorologia, 2004, Mar del Plata. **Anais...** Agrometeorologia y Seguridad Alimentaria em America Latina, 2004.

DEMATTÊ, J.A.M. **Reflectância espectral de solos**. 1999. 451p. (Tese de Livre Docência) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1999.

EITEL, J. U. H.; LONG, D. S.; GESSLER, P. E.; HUNT, E. R. Combined Spectral Index to Improve Ground-Based Estimates of Nitrogen Status in Dryland Wheat. **Agronomy Journal**, v.100, p.1694-1702, 2008.

JASPER, J.; REUSCH, S.; LINK, A. Active sensing of the N status of wheat using optimized wavelength combination – impact of seed rate, variety and growth stage. In: European Conference on Precision Agriculture, 7., 2009, Wageningen, The Netherlands: 23-30. 2009.

KITCHEN, N.R., K. A. SUDDUTH, S.T. DRUMMOND, P.C. SCHARF, H.L. PALM, D.F. ROBERTS, and E.D. VORIES. Ground-Based Canopy Reflectance Sensing for Variable-Rate Nitrogen Corn Fertilization. **Agronomy Journal**, v. 102, n.1, p. 71-84. 2010.

LOFTON, J., B.S. TUBANA, Y. KANKE, J. TEBOH, and H. VIATOR. Predicting Sugarcane Response to Nitrogen Using a Canopy Reflectance-Based Response Index Value. **Agronomy Journal**, v.104, p.106-113, 2012.

MADEIRA, A.C., GILLESPIE, T.J., DUKE, C.L. Effect of wetness on turfgrass canopy reflectance. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.107, p.117-130, 2001.

PORTZ, G.; AMARAL, L.R.; MOLIN, J.P.; JASPER, J. Optimum sugarcane growth stage for canopy reflectance sensor to predict biomass and nitrogen uptake. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 11., 2012, Indianápolis. **Anais...** Indianápolis, EUA: ICPA/ISPA, 2012.

RAUN, W.R.; SOLIE, J.B.; JOHNSON, G.V.; STONE, M.L.; MULLEN, R.W.; FREEMAN, K.W.; THOMASON, W.E.; LUKINA, E.V. Improving nitrogen use efficiency in cereal grain production with optical sensing and variable rate application. **Agronomy Journal**, v. 94, p. 815-820, 2002.

ROUSE, J.W., R.H. HAAS, J.A. SCHELL, D.W. DEERING, J.C. HARLAN. Monitoring the vernal advancements and retrogradation of natural vegetation. In: NASA/GSFC, Final Report, Greenbelt, MD, USA, pp. 1-137, 1974.

SOLARI, F. **Developing a crop based strategy for on-the-go nitrogen management in irrigated cornfields**. 2006. 157 p. Thesis (PhD) - University of Nebraska, Lincoln, 2006.

VELLIDIS, G., H. SAVELLE, R.G. RITCHIE, G. HARRIS, R. HILL, and H. HENRY. NDVI response of cotton to nitrogen application rates in Georgia. In: Conference European on Precision Agriculture, 8., 2011, USA. p.358-368.