

ÍNDICES DE VEGETAÇÃO A PARTIR DE SENSOR ATIVO DE DOSSEL E SEUS POTENCIAIS FATORES DE INTERFERÊNCIA EM CANA-DE-AÇÚCAR

LEANDRO TAUBINGER¹, LUCAS CORTINOVE², LUCAS R. AMARAL³, JOSÉ P. MOLIN⁴

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

² Graduando em Eng. Agrônômica, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP), Departamento de Engenharia de Biossistemas, Fone: (0XX19) 34478514, l_corti@hotmail.com

³ Engenheiro Agrônomo, doutorando em Fitotecnia, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba – SP

⁴ Engenheiro Agrícola, Prof^o Associado, Depto. de Engenharia de Biossistemas, ESALQ/USP, Piracicaba – SP

Apresentado no
20º Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP - SIICUSP 2012
22 a 26 de outubro de 2012 - Pirassununga - 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 verificar a interferência de diferentes substratos, da presença de água sobre as folhas e dos diferentes momentos do dia em diferentes índices de vegetação calculados a partir de sensor ativo de dossel, assim como avaliar a eficácia desses IVs em identificar doses de N aplicadas na cultura da cana-de-açúcar. Nas condições do presente estudo, todos IVs foram influenciados por ao menos uma das condições de interferência. O índice composto MCARI/OSAVI foi o que apresentou melhores resultados.

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

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 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 ativos do dossel é uma das alternativas à recomendação tradicional de N (AMARAL & MOLIN, 2011). Apesar de apresentar comprovada eficiência na fertilização nitrogenada em diversas culturas (VELLIDIS et al, 2011), na cultura da cana-de-açúcar essa técnica ainda é um desafio (LOFTON et al, 2012), devido aos muitos fatores que interferem na refletância das culturas e consequentemente 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 pela biomassa. 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. Segundo LISSON et al. (2005), um dos mecanismos morfofisiológicos que a cultura da cana-de-açúcar apresenta para evitar a seca é o enrolamento foliar, reduzindo a transpiração, a projeção de área foliar e consequentemente a radiação incidente nos diferentes horários do dia. 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, chuva e horário do dia) nas mensurações com os sensores de dossel. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar esses efeitos sobre diferentes índices de vegetação, assim como avaliar a eficácia de diferentes índices de vegetação (IVs) em identificar doses de N aplicadas na cultura da cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS: Foram realizadas mensurações com o sensor (CropCircle, Model ACS-470 Multi-spectral, Holland Scientific, NE, USA), que fornece as refletâncias nos comprimentos de onda de 450, 550, 650, 670, 730 e 760 nm, mediante troca de filtros óticos e calibração do sensor. Com estas refletâncias foram calculados diferentes índices de vegetação NDVI, CI, GNDVI, MCARI/MTVI2, MCARI/OSAVI, Yara ALS, NDRE. O ensaio de

verificação da influência das mensurações em diferentes horários do dia foi realizado em casa de vegetação do Departamento de Engenharia de Biosistemas da ESALQ/USP, Piracicaba-SP. As mudas de cana-de-açúcar foram plantadas em janeiro de 2009 em vasos de 0,5 m³ com solo de textura média. Foram plantadas três variedades, CTC 9, SP 90-3414 e RB 855156, em vasos distintos. Foram realizadas mensurações a cada duas horas, entre 6:00 h e 20:00 h, sendo realizadas três leituras (cerca de 100 valores por leitura) em pontos diferentes de cada vaso em cada um dos horários. Adicionalmente realizou-se nos mesmos momentos a avaliação com medidor portátil de clorofila (SPAD-502, Konica Minolta Sensing Inc., Sakai, Osaka, Japan), realizando mensurações nas folhas +1 (primeira folha com aurícula visível) e +3 (terceira folha com aurícula visível). Procedeu-se uma mensuração no meio de um dos limbos foliares em cinco folhas distintas. O ensaio de verificação da influência do substrato nas mensurações foi realizado em lavoura comercial na região de Ribeirão Preto, SP, durante a safra 2011/2012, cultivada com a variedade CTC2 em quarto corte, com altura média de plantas de 0,5 m. Foram realizadas leituras sobre diferentes substratos em uma fileira de cana de 10 m de comprimento. 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. 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. Os dados foram submetidos à análise de variância e procedeu-se teste de comparação de médias (Scott-Knott at 5%). O ensaio de verificação da ocorrência de chuva e da presença de água sobre as folhas (orvalho) nas mensurações foi realizado nessa mesma área. Utilizou-se um pulverizador costal equipado com bico gerador de gotas de grande diâmetro para a simulação de chuva (32,4 mm h⁻¹). Procedeu-se leituras estáticas com o sensor antes (sol), durante (chuva) e após (orvalho) a simulação de chuva. Para cada condição foram realizadas quatro mensurações (cerca de 600 valores) em quatro pontos distintos do mesmo talhão. Os dados foram submetidos à análise de variância e tiveram suas médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5%, mediante o uso do software estatístico SISVAR (Ferreira, 2011). O ensaio de avaliação da eficácia dos IVs em identificar doses de N aplicadas foi realizado em um experimento com doses de N conduzido pela Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), Polo Centro-Sul, Piracicaba-SP. As parcelas eram constituídas por cinco fileiras de cana-de-açúcar com 10 m de comprimento, com quatro repetições em blocos ao acaso, tendo como tratamentos a aplicação de doses de N (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹ de N), cultivada com a variedade IAC 87-3396. A avaliação ocorreu no segundo corte da cultura, sendo a segunda safra com a aplicação dos mesmos tratamentos. Adicionalmente realizou-se a mensuração com medidor portátil de clorofila (SPAD-502) nas mesmas duas folhas, seguindo o procedimento descrito no ensaio de influência da hora do dia, mas com 20 leituras por parcela. A avaliação ocorreu quando as plantas apresentavam altura média de 0,5 m (AMARAL & MOLIN, 2011). O sensor foi mantido a uma distância média de 0,8 m do dossel das plantas, conduzido manualmente, com uma frequência de coleta de 10 Hz. Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativos procedeu-se teste de comparação de médias (Scott-Knott a 5%), análises de regressão e correlação linear pelo software estatístico SISVAR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Nas condições do presente estudo não foi possível identificar padrões de comportamento dos IVs ao longo do dia. Entretanto não é possível afirmar que essa interferência não exista. Dentre os IVs estudados, o MCARI/OSAVI foi o que apresentou melhores resultados (Tabela 1), não apresentando interferência do substrato e da água sobre as folhas, e sendo eficiente em identificar as doses de N (Tabela 2). Entretanto, sua relação com o teor de clorofila na folha foi baixa. NDRE e Yara ALS apresentaram comportamento semelhante em todas as análises realizadas, sendo eficientes em identificar as doses de N, com alta relação com os teores de clorofila foliar, mas sendo

sensíveis a variações quando da presença de água. O NDVI apresentou essas mesmas características, mas ao contrário dos outros dois IVs, foi sensível também às variações de substrato. CI, GNDVI e MCARI/MTVI2, embora tenham apresentado sensibilidade variável às condições de substrato e água, não foram eficientes em identificar as doses de N.

Tabela 1. Resultados de todos os ensaios com seus indicadores para cada índice de vegetação calculado.

IV	Hora do dia	Substrato	Água	Doses de N
NDVI	-	-	-	d
CI	-	-	n	-
GNDVI	-	-	n	-
MCARI/MTVI2	-	-	n	-
MCARI/OSAVI	-	n	n	d
Yara ALS	-	n	-	d
NDRE	-	n	-	d

n - O IV não foi influenciado pela condição de interferência.

d - O IV foi capaz de detectar as diferentes doses de N aplicadas.

Tabela 2. Valores médios obtidos pelos índices de vegetação e valores SPAD mensurados nas folhas +1 e +3 para as diferentes doses de N aplicadas; análise de variância (ANOVA), regressões linear e quadrática ($p < F$)

Taxa de N (kg ha ⁻¹)	ÍNDICES DE VEGETAÇÃO							SPAD	
	NDVI	CI	GNDVI	MCARI/MTVI2	MCARI/OSAVI	Yara ALS	NDRE	+1	+3
0	0.475 a	1.783	0.462	0.342	0.194 a	53.02 a	0.259 a	45.278 a	45.015 a
50	0.557 b	1.859	0.480	0.362	0.239 b	62.38 b	0.302 b	46.173 a	47.780 b
100	0.584 b	2.051	0.503	0.372	0.252 b	65.84 b	0.318 b	47.058 b	49.688 c
150	0.599 b	2.235	0.525	0.370	0.251 b	68.56 b	0.330 b	48.508 c	50.038 c
ANOVA	0.008	0.130	0.179	0.229	0.038	0.004	0.003	0.001	0.001
Regressão linear	0.002	-	-	-	0.012	0.001	0.001	< 0.001	< 0.001
Regressão quadrática	0.127	-	-	-	0.116	0.160	0.150	0.436	0.090
CV (%)	7.25	13.07	7.75	5.76	11.28	6.95	6.56	1.45	2.65

(¹) Letras diferentes indicam diferença entre as médias dos tratamentos pelo teste Scott-Knott a 5%

CONCLUSÕES: Todos IVs foram influenciados por ao menos uma das condições de interferência, sendo necessários mais estudos para o uso confiável desses IVs na recomendação de N. Além disso, os índices CI, GNDVI e MCARI/MTVI2 não identificaram diferença entre as doses de N. O índice composto MCARI/OSAVI foi o que apresentou os melhores resultados.

REFERÊNCIAS

- 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.
- 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.
- Ferreira, D.F. 2011. SISVAR : A COMPUTER STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. *Ciência e Agrotecnologia* 35(6): 1039-1042.
- Lisson, S.N. The historical and future contribution of crop physiology and modeling research to sugarcane production systems. *Field Crops Research*, Cambridge, v. 92, p. 321-336, 2005.
- 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.
- 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.