

COMPARATIVO DE DADOS ESPACIALIZADOS ORIUNDOS DE TRÊS SENSORES DE REFLETÂNCIA NA LEITURA DO DOSSEL DE CANA-DE- AÇÚCAR

LUCAS R. AMARAL¹, GUSTAVO PORTZ², HUGO J.A. ROSA³, JOSÉ P. MOLIN⁴

¹ Engenheiro Agrônomo, doutorando em Fitotecnia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba – SP, Fone: (19) 91083582, lucasamaral@agronomo.eng.br

² Engenheiro Agrônomo, doutorando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP, Piracicaba – SP

³ Engenheiro Agrônomo, mestrando em Fitotecnia, ESALQ/USP, Piracicaba – SP

⁴ Engenheiro Agrícola, Prof^o Associado, Depto. de Engenharia de Biossistemas, 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: Ferramenta já consolidada na Europa e América do Norte como fonte de informação para a aplicação de N, o uso de sensores de refletância de dossel ainda é incipiente no Brasil, muito embora já existam opções no mercado nacional. Trabalhos comparando os diferentes sensores em nível de campo são necessários, porém ainda escassos. O objetivo deste trabalho foi comparar a variabilidade de um talhão medida por três sensores de dossel na cultura da cana-de-açúcar (CropCircle, GreenSeeker e N-Sensor). Uma leitura georreferenciada foi realizada simultaneamente com os sensores em um talhão comercial de cana-de-açúcar na região de Ribeirão Preto, SP, quando a cultura apresentava 0,5 m de altura média de colmos. Observou-se que o sensor GreenSeeker apresentou distribuição inconsistente dos dados, o sensor CropCircle apresentou baixa dispersão do dados e o sensor N-Sensor suavizou os mapas gerados. A partir dos dados coletados pelos sensores foram gerados mapas que visualmente foram similares. Entretanto, correlações menores foram obtidas comparando os mapas do sensor GreenSeeker ($r = 0,42$ com N-Sensor e $0,43$ com CropCircle) enquanto a correlação entre os mapas gerados a partir dos dados dos sensores N-Sensor e CropCircle foi maior ($0,56$).

PALAVRAS-CHAVE: sensor ótico, aplicação em taxas variáveis, nitrogênio.

COMPARISON OF ESPACIALIZED DATA FROM THREE CANOPY SENSORS ON SUGARCANE

ABSTRACT: Crop canopy sensors have been proven as an important tool to provide information for variable rate N fertilization in Europe and North America. Under Brazilian conditions the use of these sensors is still incipient even though the national market has offered options. Studies comparing sensors are useful but still scarce. The objective of this study was to compare the variability measured by three sensors (CropCircle, GreenSeeker and N-Sensor), side by side, on field-scale. The georeferenced reading was performed simultaneously with the sensors on a sugarcane commercial field in the Ribeirão Preto – SP region, when the average crop stem height was around 0.5 m. It was verified that the GreenSeeker sensor presented inconsistent distribution of the data, CropCircle showed low data dispersion and N-Sensor smooths the maps obtained. The maps generated from the data measured by each sensor were similar. The GreenSeeker data provided lower correlations

with the data from the other sensors ($r=0,415$ with N-Sensor and $0,427$ with CropCircle). The most correlated were the N-Sensor and the CropCircle ($r=0,557$).

KEYWORDS: optical sensor, variable rates, nitrogen

INTRODUÇÃO

O uso de sensores de refletância do dossel como fonte de informação da variabilidade para a aplicação de nitrogênio (N) em taxas variáveis e em tempo real é ferramenta já consolidada na Europa e América do Norte (FERGUSON et al., 2011), principalmente nas culturas de trigo (RAUN et al., 2005) e milho (KITCHEN et al., 2010). No entanto, nas condições brasileiras, esta técnica é ainda incipiente.

O Laboratório de Agricultura de Precisão da ESALQ/USP possui os três principais equipamentos hoje disponíveis no Brasil (CropCircle, GreenSeeker e N-Sensor) e vem desenvolvendo pesquisas em cana-de-açúcar e cereais desde 2007 (POVH et al., 2008; MOLIN et al., 2010). Trabalhos comprovando a viabilidade de uso desses sensores de dossel na cultura da cana-de-açúcar e as dificuldades encontradas estão começando a aparecer (AMARAL & MOLIN, 2011; PORTZ et al., 2012a; AMARAL et al., 2012, LOFTON et al., 2012).

Essas diferentes marcas e modelos de sensores de dossel trabalham com configurações distintas (refletância de comprimentos de onda, campo de visada, tamanho, etc.), mas possuem o mesmo objetivo principal, a aplicação de nitrogênio em taxas variáveis e em tempo real, tendo como base a estimativa do vigor da cultura de forma espacializada. Entretanto, são escassos trabalhos comparando esses sensores.

Sudduth et al. (2010) comparando três modelos desses mesmos três sensores, na cultura do milho, constataram que CropCircle (ACS-210) e GreenSeeker apresentam maior semelhança entre si por possuírem o mesmo campo de visada; por outro lado, CropSpec (semelhante ao N-Sensor) obteve maior relação com valores SPAD (clorofila) e teor de nitrogênio foliar. Tremblay et al. (2008) comparando dados obtidos com N-Sensor e GreenSeeker, em milho e trigo, afirmam que devido a diferença existente entre esses sensores, os algoritmos para aplicação de nitrogênio em taxa variável devem ser específicos para cada equipamento.

Devido ao fato de esses equipamentos estarem entrando no mercado nacional, surge a necessidade de comparar as informações obtidas a partir desses sensores de refletância do dossel na cultura da cana-de-açúcar, dando subsídios aos agricultores quando da necessidade de escolha de um desses sensores.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada coleta de dados georreferenciada com três diferentes sensores de dossel simultaneamente em talhão comercial de cana-de-açúcar (cana-planta) de 51 ha, cultivada com a variedade CTC 9 em Latossolo vermelho-amarelo, na região de Ribeirão Preto – SP. A leitura com os diferentes sensores foi executada quando a cultura apresentava altura média de colmos de 0,5 m (Amaral & Molin, 2011; Portz et al., 2012b).

Os sensores utilizados foram: 1) CropCircle (modelo ACS-210, Holland Scientific Inc., Lincoln, NE, EUA) que trabalha com os comprimentos de onda do visível (590 nm – âmbar) e infravermelho próximo (880 nm – NIR) e calcula o $NDVI_{âmbar}$; 2) GreenSeekerTM (Trimble Navigation, Sunnyvale, CA, EUA) que trabalha com os comprimentos de onda do visível (670 nm – vermelho) e infravermelho próximo (780 nm – NIR) e calcula o $NDVI_{vermelho}$; 3) N-SensorTM ALS (Yara International ASA, Duellmen, Alemanha) que trabalha com os

comprimentos de onda na região de transição entre vermelho e infravermelho (730 nm – *red-edge*) e infravermelho próximo (760 nm – NIR) e calcula um índice de vegetação próprio (IV_{yara}).

Os sensores CropCircle e GreenSeeker coletam dados ao nadir, apenas uma fileira de plantas por vez, enquanto o N-Sensor coleta dados de reflectância em ângulo oblíquo, integrando dados de cerca de seis fileiras de cana em suas duas unidades de medição voltadas para as laterais do veículo onde é instalado.

Os sensores foram acoplados a um veículo de grande vão livre (Uniport 3000 NPK, Máquinas Agrícolas Jacto, Pompéia, SP), conectados a um GPS e coletando um dado por segundo, avaliando fileiras intercaladas, direcionadas conforme a instalação dos sensores CropCircle e GreenSeeker (Figura 1).



FIGURA 1. Sensores de dossel acoplados ao veículo Uniport 3000 NPK.

Procedeu-se a análise da estatística descritiva dos dados. Os dados foram então filtrados para retirada de valores discrepantes (± 3 desvio padrão) e normalizados pela média (Microsoft Excel), para visualização da dispersão dos dados a partir de histogramas e boxplot (SigmaPlot 10). Procedeu-se interpolação em pixels de 10 m pelo método do inverso da distância ao quadrado em um SIG (SSToolBox®), com posterior correlação pixel a pixel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores da estatística descritiva podem ser observados na Tabela 1. Analisando a curtose, é possível identificar o comportamento diferenciado dos dados, onde os do CropCircle mais se aproximam de uma distribuição normal, enquanto os do N-Sensor apresentam uma distribuição mais concentrada em valores intermediários (leptocúrtica), provavelmente pelo seu campo de visada ser mais amplo e estar menos sujeito a pequenas alterações (Figura 2). Por esse mesmo motivo ocorreu a alteração na assimetria dos dados, onde os valores obtidos por CropCircle e GreenSeeker são mais influenciados por falhas de brotação ou vigor das plantas.

TABELA 1. Estatística descritiva dos dados filtrados obtidos pelos sensores de dossel

Parâmetro	CropCircle	GreenSeeker	N-Sensor
Média	0,341	0,301	14,79
Erro padrão	0,0003	0,0005	0,03279
Mediana	0,339	0,302	14,74
Moda	0,339	0,333	12,35
Desvio padrão	0,047	0,083	3,47
Curtose	0,107	-0,134	0,870
Assimetria	0,189	0,031	-0,344
Mínimo	0,191	0,043	0,06
Máximo	0,527	0,560	26,04

A distribuição dos dados visualizada na forma de histogramas mostra que CropCircle e N-Sensor apresentam menores interferências (“ruídos”) do que o GreenSeeker, representados pela consistência no aumento ou redução na frequência das observações, assumindo que uma distribuição normal dos dados seja esperada (Figura 2). Por outro lado, analisando os valores normalizados, nota-se que os dados obtidos pelo CropCircle apresentam menor dispersão ao redor da média (Figura 3). Entretanto, isso pode ser ponto positivo ou negativo: ponto positivo, pois pode indicar menor interferência de outros fatores na mensuração com o sensor de dossel, como falhas de brotação ou refletância da entrelinha; ponto negativo, pois pode indicar menor sensibilidade desse sensor em identificar a variabilidade no vigor da cultura. Dessa forma, mais estudos comparativos devem ser conduzidos, levando em conta algum parâmetro da cultura que sirva como referência.

Quanto às informações obtidas em forma de mapas, verificou-se grande similaridade entre os mapas obtidos pelos diferentes equipamentos (Figura 4). O mapa gerado a partir dos dados do sensor GreenSeeker apresentou maior diferença dos demais, principalmente em relação às regiões com baixa biomassa (em vermelho). Devido ao N-Sensor integrar os valores de refletância de uma área maior do que os demais sensores, seu mapa invariavelmente se torna mais suavizado que, embora mais bem aceito por usuários com pouco conhecimento da tecnologia, não quer dizer que expressa melhor a variabilidade na lavoura. É possível observar boa similaridade entre as zonas de altos e baixos valores dos correspondentes índices de vegetação dos mapas originados pelos dados do N-Sensor e CropCircle, apesar da maior suavização resultante do N-Sensor.

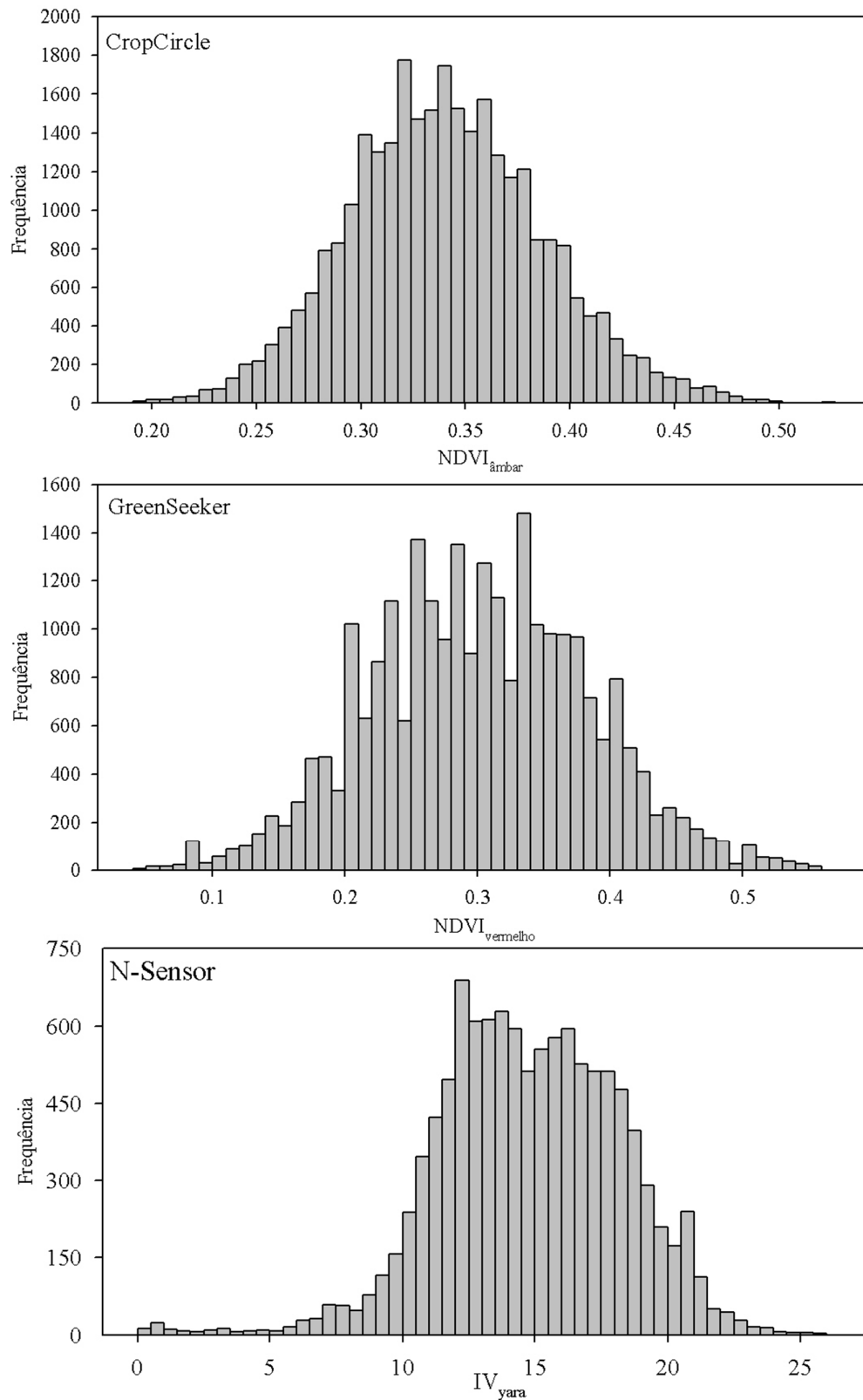


FIGURA 2. Histogramas mostrando a frequência observada para os diferentes valores dos índices de vegetação mensurados pelos sensores de dossel (CropCircle, GreenSeeker e N-Sensor).

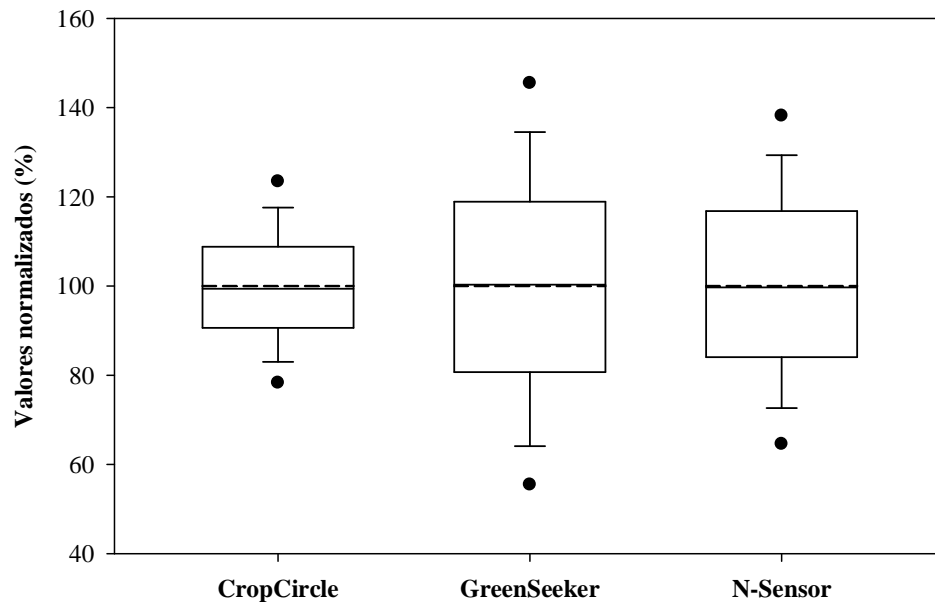


FIGURA 3. Gráficos em BoxPlot mostrando a dispersão dos valores normalizados pela média obtidos pelos diferentes sensores de dossel (CropCircle, GreenSeeker e N-Sensor).

Analisando os valores da correlação pixel a pixel, comprova-se a grande similaridade entre os resultados obtidos com o CropCircle e N-Sensor ($r = 0,557$). Os dados obtidos com o GreenSeeker apresentaram as menores similaridades com os demais (0,415 para N-Sensor e 0,427 para CropCircle). Considerando-se os princípios de funcionamento dos sensores, era esperado que GreenSeeker e CropCircle apresentassem maior semelhança, pois o índice de vegetação utilizado é o mesmo (NDVI), possuem campo de visada semelhante (cerca de 0,55 m) e ambos são utilizados ao nadir sobre cada fileira da cultura, assim como foi observado por Sudduth et al. (2010). Essa diferença pode ser função da velocidade de deslocamento da máquina, pois devido a forma de construção do GreenSeeker, este pode sofrer interferência quando utilizado em altas velocidades (SAMBORSKI et al., 2009), o que foi o caso do presente experimento (16 km h^{-1}).

O conceito de uso dos sensores de dossel estudados é diferente. O N-Sensor, desenvolvido na Europa, adota a avaliação de uma grande área, correspondente a uma faixa de aplicação a lanço de fertilizantes nitrogenados, enquanto GreenSeeker e CropCircle adotam o conceito norte-americano de adubação a cada fileira da cultura. Dessa forma, os sensores CropCircle e GreenSeeker proporcionam maior detalhamento da lavoura, com informações possíveis de serem obtidas em todas as fileiras da cultura, desde que assim instalados. Entretanto, por esse mesmo motivo, também estão suscetíveis a maiores “ruídos”, como o deslocamento lateral da máquina e a presença de falhas de brotação.

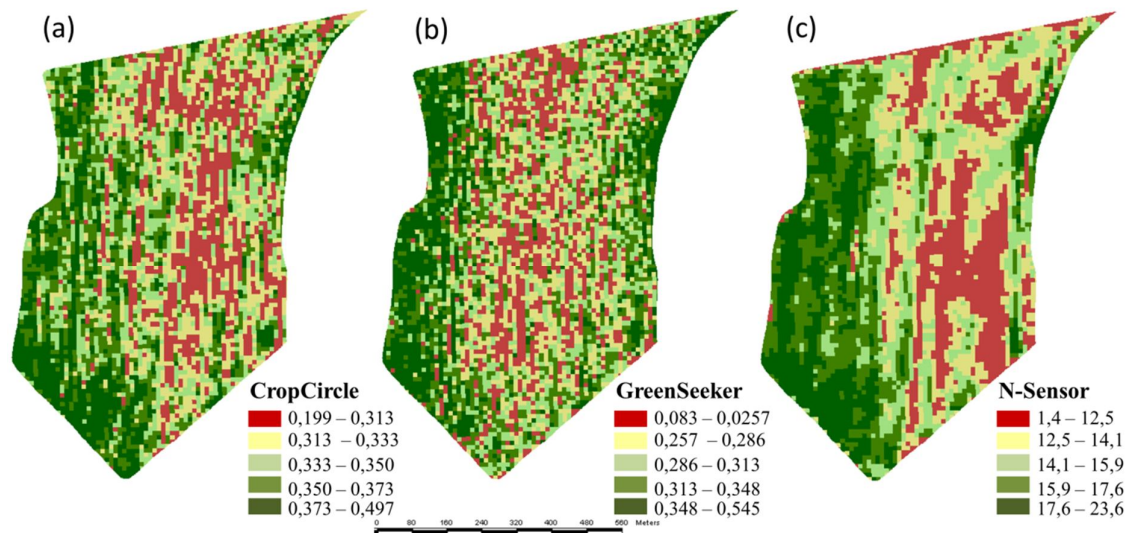


FIGURA 4. Mapas interpolados originados dos dados dos sensores CropCircle (a), GreenSeeker (b) e N-Sensor (c), com classes separadas por áreas iguais.

Novos estudos estão sendo desenvolvidos para avaliar a eficácia de cada sensor de dossel em identificar a nutrição da cana-de-açúcar por nitrogênio e sua biomassa, possibilitando assim, oferecer maiores informações sobre os sistemas aos usuários.

CONCLUSÕES

Boa relação foi obtida entre os sensores de refletância de dossel analisados, sendo que os sensores CropCircle e N-Sensor apresentaram maior relação. GreenSeeker apresentou leituras instáveis; CropCircle apresentou baixa dispersão dos valores obtidos; N-Sensor apresentou alta suavização dos mapas. O melhor equipamento para ser usado em cana-de-açúcar ainda não pode ser determinado, mas mais estudos comparativos devem ser conduzidos.

AGRADECIMENTOS

À FINEP, projeto PROSENSAP e ao CTBE pelo apoio financeiro; à FAPESP e CNPq pela concessão de bolsas de estudos aos autores; à Usina da Pedra por disponibilizar a área de estudo e à Máquinas Agrícola Jacto pela parceria.

REFERÊNCIAS

AMARAL, L.R.; PORTZ, G.; ROSA, H.J.A.; MOLIN, J.P. Use of active crop canopy reflectance sensor for nitrogen sugarcane fertilization. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 11., 2012, Indianápolis. **Proceedings...** Indianápolis, EUA: ICPA/ISPA, 2012.

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

FERGUSON, R.; SHANAHAN, J.; ROBERTS, D.; SCHEPERS, J.; SOLARI, F.; ADAMCHUK, V.; SHIRATSUCHI, L.; KRIENKE, B.; SCHLEMMER, M.; FRANCIS, D. In-season nitrogen management of irrigated maize using a crop canopy sensor. In:

CONFERENCE EUROPEAN ON PRECISION AGRICULTURE, 8, 2011, Praga, **Proceedings...** República Tcheca: ECPA, 2011.

KITCHEN, N.R.; SUDDUTH, K.A.; DRUMMOND, S.T.; SCHARF, P.C.; PALM, H.L.; ROBERTS, D.F.; VORIES, E.D. Ground-based canopy reflectance sensing for variable-rate nitrogen corn fertilization. **Agronomy Journal**, v. 102, p. 71-84, 2010.

LOFTON, J.; TUBANA, B. S.; KANKE, Y.; TEBOH, J.; VIATOR, H. Predicting Sugarcane response to nitrogen using a canopy reflectance-based response index value. **Agronomy Journal**, v. 104, n. 1, p. 106, 2012.

MOLIN, J.P.; FRASSON, F.R.; AMARAL, L.R. POVH, F.P.; SALVI, J.V. Capacidade de um sensor ótico em quantificar a resposta da cana-de-açúcar a doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 1345-1349, 2010.

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. **Proceedings...** Indianápolis, EUA: ICPA/ISPA, 2012a.

PORTZ, G.; MOLIN, J.P.; JASPER, J. Active crop sensor to detect variability of nitrogen supply and biomass on sugarcane fields. **Precision Agriculture**, v. 13, p. 33-44, 2012b.

POVH, F. P.; MOLIN, J. P.; GIMENEZ, L. M. et al. Comportamento do NDVI obtido por sensor ótico ativo em cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1075-1083, 2008.

RAUN, W.; SOLIE, J.; STONE, M.; MARTIN, K.; FREEMAN, K.; MULLEN, R.; ZHANG, H.; SCHEPERS, J.; JOHNSON, G. Optical Sensor-Based Algorithm for Crop Nitrogen Fertilization. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 36, n. 19-20, p. 2759-2781, 2005.

SUDDUTH, K. A.; KITCHEN, N. R.; DRUMMOND, S. T. Comparison of three canopy reflectance sensors for variable-rate nitrogen application in corn. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 10, 2010, Denver, **Proceedings...** Denver: USDA, 2010.

SAMBORSKI, S.M.; TREMBLAY, N.; FALLON, E. Strategies to make use of plant sensors-based diagnostic information for nitrogen recommendations. **Agronomy Journal**, v.101, p. 800-816, 2009.