

VARIABILIDADE ESPACIAL DE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO NA CULTURA DA SOJA EM ESTÁDIO REPRODUTIVO

BRUNO F. B. BOESING¹, EDUARDO L. BOTTEGA^{2*}, ALEXANDRE TEN CATEN², LAYS SARTORI¹, RICARDO H. HARAMOTO¹

¹ Graduando em Agronomia, UFSC, Curitibanos/SC, e-mail: brunofellipebb@gmail.com, lays_s@hotmail.com, hiroshiharamoto@hotmail.com

² Eng. Agrônomo, Professor Auxiliar, UFSC, Curitibanos – SC, eduardo.bottega@ufsc.br, alexandre.ten.caten@ufsc.br

* Autor para correspondência.

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2014
14 a 17 de setembro de 2014 - São Pedro - SP, Brasil

RESUMO: No atual cenário agrícola, a agricultura tecnificada ganha cada vez mais espaço. Buscando novas possibilidades de obtenção de dados, a mensuração da resposta espectral do dossel de plantas se mostra altamente próspera, quando aliada a métodos estatísticos de processamento de dados e de agricultura de precisão. Este trabalho foi conduzido em uma propriedade rural no município de Curitibanos – SC. Estabeleceu-se, em uma área de 13 hectares com cultivo de soja, uma malha amostral com 50 pontos espaçados em 50x50 metros. A reflectância da cultura foi mensurada em dois momentos distintos, caracterizados a partir dos estádios fenológicos R5 e R5.5, em cada ponto amostral. Foram calculados os índices de vegetação NDVI, GNDVI e SAVI. Empregou-se também análise estatística descritiva e posteriormente geoestatística para avaliar a dependência espacial. Os índices de vegetação estudados foram capazes de detectar a variabilidade espacial existente em uma lavoura de soja no estágio reprodutivo. Os mapas temáticos construídos podem servir como base para futuras intervenções localizadas dentro do campo agrícola, contudo, estudos sobre sua relação com a produtividade da cultura são necessários.

PALAVRAS-CHAVE: agricultura de precisão, índices de vegetação, soja.

SPATIAL VARIABILITY OF VEGETATION INDEXES IN THE REPRODUCTIVE DEVELOPMENT OF SOYBEAN

ABSTRACT: In the present agricultural scenario, the technical agriculture is gaining more space. Seeking new opportunities for obtaining data, the measurement of the spectral response of the plant canopy proves highly successful, when connected with statistical methods of data processing and precision agriculture. This work was conducted out on a farm in the municipality of Curitibanos - SC. It was established in an area of 13 hectares with soy, a sample grid with 50 points spaced at 50x50 meters. The reflectance of the culture was measured at two different moments, characterized from R5.5 and R5 phenological stages, at each sample point. Vegetation index were calculated (NDVI, SAVI and GNDVI). We also used descriptive geostatistics and posteriorly to assess the statistical spatial dependence. The vegetation index studied were able to detect the spatial variability existing in a soybean phenological reproductive stage. Thematic maps constructed can serve as a basis for future interventions located within the agricultural field, however, studies about its relationship with the productivity are required.

KEYWORDS: precision agriculture, vegetation index, soybean.

INTRODUÇÃO: Segundo Mantovani et al. (1998), a agricultura de precisão é a tecnologia cujo objetivo consiste em aumentar a eficiência do processo produtivo com base no manejo diferenciado de áreas agrícolas. As áreas de manejo diferenciadas são geradas a partir da análise da variabilidade espacial por meio da geoestatística, indicando alternativas de manejo não só para reduzir os efeitos da variabilidade, como também os custos de produção das culturas (Trangmar et al., 1985). Devido ao

crescimento da produção da soja no Brasil nas últimas décadas, pode-se dizer que o sistema produtivo desta oleaginosa é importante para o desenvolvimento da economia brasileira. Neste contexto, a investigação de técnicas que propiciam melhorias no processo produtivo tais como incremento na produtividade e redução de custos, merece destaque. Este trabalho objetivou mapear a variabilidade espacial de uma lavoura de soja, em estágio reprodutivo, através da utilização de índices de vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi realizado no município de Curitiba, estado de Santa Catarina, em uma área comercial destinada ao cultivo de soja, cebola e alho em rotação de culturas, com área total de 13 ha. Foi estabelecida uma malha amostral composta por 50 pontos, georreferenciados, com espaçamento de 50 x 50 metros. Esses pontos serviram como referência para mensuração da reflectância da cultura da soja no estágio reprodutivo em dois momentos distintos: R5 e R5.5. Na mensuração da reflectância, foi utilizado um espectrorradiômetro, modelo FieldSpec® HandHeld 2TM ASD Inc. que atua no intervalo de comprimento de onda entre 300 e 1100 nm, com a resolução espectral de 1 nm, composto de uma fibra óptica com campo de visão de 25°. Após a mensuração da reflectância da cultura, foram calculados: O índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) (Rouse et al., 1974), o índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI) (Gilbert et al., 2002) e o índice de vegetação por diferença normalizada do verde (GNDVI) (Gitelson; Merzlyak, 1998), com base nos intervalos espectrais delimitados por Abrahão et al., (2009). Os resultados obtidos dos índices foram submetidos à análise estatística descritiva, calculando-se a média, mediana, valor mínimo, valor máximo, desvio padrão e coeficiente de variação, a fim de caracterizar a distribuição dos dados. A dependência espacial foi avaliada pelos ajustes de variogramas, pressupondo a estacionariedade da hipótese intrínseca intrínseca (Equação 1).

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (1)$$

em que,

$\hat{\gamma}(h)$ = Semivariância em função da distância de separação (h) entre pares de pontos;

h = Distância de separação entre pares de pontos, m;

N (h) = Número de pares experimentais de observações Z(xi) e Z (xi + h) separados por uma distância h.

Foram testados os modelos gaussiano, esférico e exponencial. Foi ajustado o modelo que apresentou a menor soma dos quadrados do resíduo (SQR). Após a escolha do modelo, foram determinados os parâmetros: efeito pepita (C_0), patamar ($C_0 + C$) e alcance (A). O índice de dependência espacial (IDE) foi calculado e classificado, segundo proposta de Zimback (2001), assumindo os seguintes intervalos: dependência espacial baixa para $IDE < 25\%$, moderada para $25\% \leq IDE \leq 75\%$ e forte para $IDE > 75\%$. Uma vez detectada a dependência espacial, foi produzido o mapa de variabilidade do índice. A interpolação dos mapas foi realizada utilizando krigagem ordinária. Para as estimativas de valores em locais não amostrados, foram utilizados 16 vizinhos próximos e um raio de busca igual ao valor do alcance encontrado no ajuste do semivariograma. A estatística descritiva foi gerada em linguagem de programação R, enquanto que a análise geoestatística e a confecção dos mapas foram realizadas utilizando o programa de computador GS+, versão 9.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Com base na análise descritiva (Tabela 1) pode-se visualizar que os números de mínimo e máximo variaram pouco, levando-se como base a média, em ambos os estádios de desenvolvimento da cultura. Com isso o CV(%) também se mostrou baixo. Logo, de acordo com estes dados, pode-se inferir que o estande possui como característica principal a homogeneidade na resposta espectral das plantas. O solo teve pouca influência sobre a reflectância do dossel, evidenciado pelos valores calculados do índice SAVI, que foram próximos a +1 (limite máximo de valor do índice) (Rêgo et al., 2012). Isto indica que o estande de plantas apresenta-se bem formado e homogêneo na área de estudos. Verificou-se a campo que o método de utilização de espectrorradiômetro se mostra interessante visto que prática não onera muito tempo e o aparelho é de fácil manuseio. Além do que, o número de indivíduos para a sua aplicação pode ser diminuto, ou nulo, caso o equipamento seja acoplado a um implemento agrícola.

TABELA 1. Estatística descritiva dos valores de NDVI, GNDVI e SAVI calculados em função do estádio reprodutivo da cultura da soja.

Índices de vegetação	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	CV(%)
Soja em estádio R5						
NDVI	0,92	0,92	0,86	0,94	0,01	1,28
GNDVI	0,84	0,85	0,75	0,88	0,02	2,44
SAVI	0,85	0,85	0,78	0,90	0,02	2,97
Soja em estádio R5.5						
NDVI	0,89	0,89	0,86	0,92	0,01	1,32
GNDVI	0,78	0,78	0,72	0,82	0,02	2,80
SAVI	0,79	0,79	0,74	0,85	0,03	3,77

Embora os valores dos índices calculados apresentaram CV baixo, os mesmos foram capazes de detectar a variabilidade espacial existente na lavoura de soja no estádio reprodutivo. Os modelos ajustados a semivariância empírica dos dados foram o exponencial e o esférico. Em estádio R5, os índices NDVI e SAVI apresentaram forte dependência espacial, já o índice GNDVI, moderada. O coeficiente de determinação diminuiu do estádio R5 para R5.5, quando comparado para o ajuste de modelos teóricos de semivariância que descreveram a variância empírica dos índices NDVI e GNDVI, comportamento contrário foi observado para o índice SAVI.

TABELA 2. Parâmetros geoestatísticos de ajustes dos semivariogramas teóricos à semivariância empírica dos dados.

Índices de vegetação	Modelo	$C_0^{(1)}$	$C_0+C^{(2)}$	a (m) ⁽³⁾	IDE ⁽⁴⁾	$R^{2(5)}$
Soja em estádio R5						
NDVI	Exponencial	0,00001	0,00010	60,90	Forte	0,78
GNDVI	Esférico	0,00009	0,00032	177,70	Moderado	0,88
SAVI	Esférico	0,00008	0,00069	124,30	Forte	0,71
Soja em estádio R5.5						
NDVI	Esférico	0,00005	0,00016	161,00	Moderado	0,57
GNDVI	Esférico	0,00000	0,00049	97,90	Forte	0,43
SAVI	Exponencial	0,00000	0,00080	100,00	Forte	0,88

⁽¹⁾Efeito pepita; ⁽²⁾Patamae; ⁽³⁾Alcance; ⁽⁴⁾Índice de dependência espacial; ⁽⁵⁾Coefficiente de determinação

Os mapas temáticos de distribuição espacial dos índices de vegetação estudados demonstram que o comportamento espacial da refletância da cultura não se manteve constante, mesmo sendo mensurada no mesmo estádio fenológico da cultura, o reprodutivo. Estes mapas podem servir como base na investigação de fatores do campo de produção relacionados ao desenvolvimento da cultura, entretanto, um estudo sobre a relação existente entre os índices calculados e a produtividade da cultura se faz necessário.

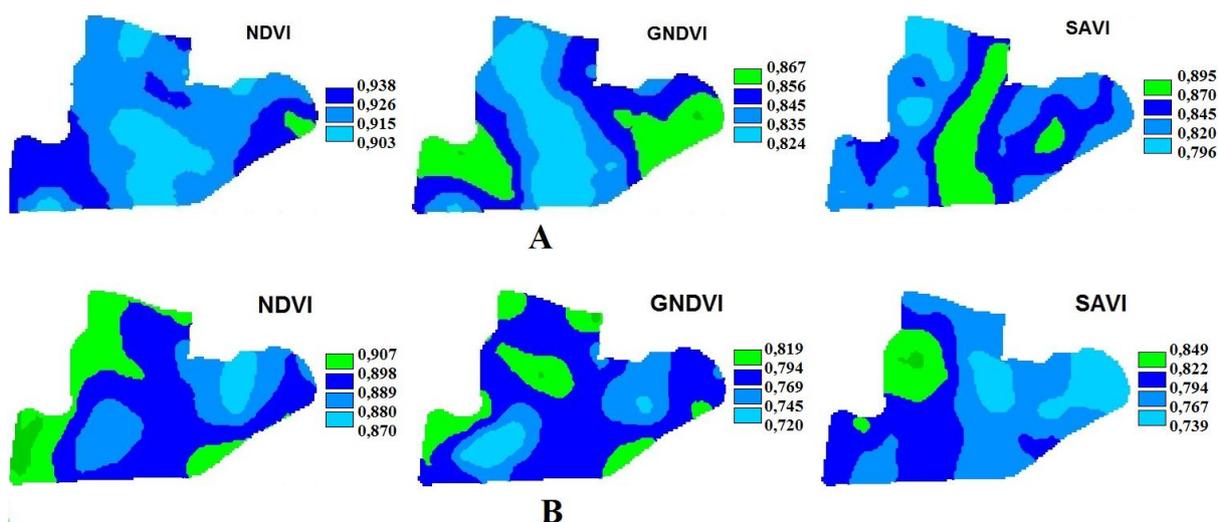


FIGURA 1. Mapas temáticos da distribuição espacial dos índices de vegetação estudados para os diferentes estádios reprodutivos da cultura da soja: estágio R5 (A) e R5.5(B)

CONCLUSÕES: Os índices de vegetação estudados foram capazes de detectar a variabilidade espacial existente em uma lavoura de soja no estágio reprodutivo. Os mapas temáticos construídos podem servir como base para futuras intervenções localizadas dentro do campo agrícola, contudo, estudos sobre sua relação com a produtividade da cultura são necessários.

AGRADECIMENTOS: À Fundação AGRISUS pelo financiamento deste estudo e pela concessão de bolsas de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, S. A. et al. Índices de vegetação de base espectral para discriminar doses de nitrogênio em capim-tanzânia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, n. 9, p. 1637–1644, 2009.
- GILBERT, M. A. et al. A generalized soil-adjusted vegetation index. *Remote Sensing of Environment*, v. 82, p. 303–310, 2002.
- GITELSON, A. A.; MERZLYAK, M. N. Remote sensing of chlorophyll concentration in higher plant leaves. *Advances in Space Research*, v. 22, n. 5, p. 689–692, jan. 1998.
- MANTOVANI, E.C.; QUEIROZ, D.M.; DIAS, G.P. Máquinas e operações utilizadas na agricultura de precisão. In: SILVA, F. M. da. (Coord.). *Mecanização e agricultura de precisão*. Poços de Caldas: UFLA/SBEA, p.109-157, 1998.
- RÊGO, S. C. A. et al. Análise comparativa dos índices de vegetação ndvi e savi no município de São Domingos do Cariri-PB. *Revista Geonorte*, v. 2, p. 1217–1229, 2012.
- TRANGMAR, B.B.; YOST, R.S.; WADE, M.K.; UEHARA, G. Applications of geostatistics to spatial studies of soil properties. *Advances in Agronomy*, v.38, p.45-94, 1985.
- ZIMBACK, C. R. L. Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade do solo. 2001. 114 f. Tese (Livre-Docência) Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.