

RELAÇÃO ENTRE PARÂMETROS AGRONOMICOS E REFLECTÂNCIA DA CULTURA DO AMENDOIM NAS BANDAS DO VISÍVEL E INFRAVERMELHO

José FIDELES FILHO¹, Napoleão E. de M. BELTRÃO², Tantravahi V. RAMANA RAO³

RESUMO - Os índices de vegetação estão entre as abordagens mais utilizadas no sensoriamento remoto aplicados a culturas agrícolas. Neste trabalho utilizou-se o índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI), obtidos a partir de dados espectrais por um espectrorradiômetro portátil em cultura de amendoim irrigado. O experimento foi realizado no município de Rodelas, BA, no período de setembro a dezembro de 1995, objetivando relacionar os índices de reflectância espectral NDVI e área foliar (IAF), cuja relação exponencial pode ser expressa pela equação $NDVI = 0,847(1 - 1,757 \exp(-1,532 IAF))$ com coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,90. Isto evidencia a possibilidade de estimação da área foliar de uma cultura a partir de dados espectrais.

Termos para indexação: índice de vegetação, índice de área foliar, sensoriamento remoto.

RELATION BETWEEN THE AGRONOMIC PARAMETERS AND THE PEANUT CROP REFLECTANCE IN THE VISIBLE AND NEAR INFRARED BANDS

ABSTRACT - The vegetation indices are widely used in the applications of remote sensing in agriculture. In this work, the normalized difference vegetation index (NDVI), obtained from the spectral data, collected by a portable spectroradiometer, over an irrigated peanut crop was used to estimate the leaf area index (LAI). The experiment was conducted in the village of Rodelas-BA during the period of September to December, 1995. The following exponential relation between the vegetation index, NDVI, and the leaf area index (LAI) is obtained: $NDVI = 0.847(1 - 1.757 \exp(-1.532 LAI))$ with the coefficient of determination (R^2) being 0.90. This evidences the possibility of using the vegetation index, NDVI, in the estimation of the leaf area index.

Index terms: vegetation index, leaf area index, remote sensing

¹ Meteorologista., Dr., EMEPA-PB, Estrada da Imbauba, Km 3, Lagoa Seca, PB. E-mail: fideles@zaz.com.br.

² Eng. Agr., D. Sc., Embrapa Algodão.

³ Agrometeorologista, Ph. D., Prof., UFPb, DCA, Campina Grande-PB. E-mail: ramana@dca.ufpb.br

INTRODUÇÃO

O conhecimento das relações entre a energia eletromagnética e as culturas, aliado a várias técnicas, permite múltiplos meios de utilização do sensoriamento remoto em agricultura. Normalmente, o que se usa é a banda simples, ou seja, o registro das informações em uma banda espectral determinada. A disponibilidade de várias bandas espectrais permite a exploração mais eficiente das características espectrais dos alvos em conjunto com os modos de operação dos vários sistemas sensores. Quanto mais bandas espectrais dispuser um sistema sensor, mais possibilidades de extração de informações ele fornece (Epiphanyo & Formaggio, 1991). Outra, muito usual, é aquela na qual as informações de reflectância portadas por cada banda individual são agrupadas de uma maneira específica, no que se denomina índice de vegetação (Wiegand et al., 1991).

Têm surgido diversos tipos de agrupamentos de bandas, entre os quais destacam-se as razões, normalizações, distâncias no espaço cartesiano, e suas variantes. Em geral, tais índices realçam o componente espectral da vegetação e correlacionam-se com parâmetros biofísicos da vegetação, como índice de área foliar (IAF) (Epiphanyo & Formaggio, 1991; Epiphanyo et al., 1996).

Os índices de vegetação computados pelas bandas do vermelho e infravermelho próximo tem sido relacionados com várias propriedades do dossel vegetativo, inclusive o índice de área foliar (IAF) (Wiegand et al., 1990; Price, 1992;). Os mais comuns desses índices são a razão entre vermelho e infravermelho próximo e o índice da diferença normalizada (NDVI) ou combinações desas duas bandas.

Rondeaux et al., (1996) afirmaram que o NDVI ainda é o principal índice de vegetação na aplicação do sensoriamento remoto. A razão para isto, é que os outros índices têm formulação mais complexa ou o fato de que eles não tenham demonstrado superioridade sobre o NDVI na avaliação dos parâmetros da vegetação.

O índice de área foliar (IAF) é uma das características do crescimento que tem sido profundamente estudado em termos de medidas de sensoriamento remoto e correlacionados com índice de vegetação. Assim, modelos teóricos e experimentais são sugeridos para estimar o IAF através de medidas de reflectância do dossel e relaciona-lo com índice de vegetação. Entretanto, isso é dificultado quando se deseja encontrar um modelo que ajuste os dados experimentais do IAF, embora tal relação seja exigida.

Segundo Inoue & Moran (1997) a intercepção da radiação solar (IR_s) pelo dossel de uma planta tem sido analisada como uma função da radiação solar incidente (R_s) e índice de área foliar (IAF), conforme a equação:

$$IR_s = R_s[1 - \exp(-k IAF)] \quad (1)$$

em que k é um coeficiente de extinção que é uma função da arquitetura e características espectrais da folha. Portanto, o balanço de radiação de um dossel vegetativo pode ser estimado mais diretamente através de dados espectrais e de IAF, por que os efeitos dos outros fatores, assim como arquitetura do dossel, características espectrais das folhas e geometria do dossel estão incluídas nas medidas espectrais. Por esta razão, o índice de área foliar (IAF) pode ser estimado por meio de medidas de reflectância espectral do dossel, como foi sugerido por Fernández et al (1994).

Assim, este trabalho tem por objetivo, encontrar uma relação entre o índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) e o índice de área foliar (IAF), que seja útil em estudos da cultura de amendoim quando empregada técnica de sensoriamento remoto.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Estação Experimental da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco - CODEVASF, situada no município de Rodelas, BA, (08°50'S de latitude; 38°46'W de longitude; e altitude de 270 metros) no período de setembro a dezembro de 1995. O ensaio foi conduzido em solo de textura arenosa (89,3% de areia, 3,2% de Silte e 7,5% de argila) com uma densidade aparente 1,5 g.cm⁻³ e 3,00% de água disponível a capacidade de campo. A cultura utilizada foi o amendoim (*Arachis hypogaea L.*), cultivar BR-1, plantada em um espaçamento de 0,5m entre fileiras com uma densidade de plantio de 10 plantas por metro linear, e irrigada de acordo com a demanda evaporativa, medida pelo tanque classe A.

Semanalmente, foram coletadas cinco plantas para determinação do índice de área foliar (IAF). As plantas tiveram suas partes separadas em folhas, hastes e frutos, em seguida, foram colocadas em estufa a 65°C, até fornecerem peso seco constante. Das folhas foram tomadas ao acaso, 100 discos de área conhecida. A relação entre o peso total das folhas secas e o peso dos discos secos forneceu a área foliar (AF) dada por:

$$AF = \frac{\text{Peso total das folhas}}{\text{Peso dos discos}} * \text{area de 100 discos (cm}^2\text{)} \quad (2)$$

onde o índice de área foliar (IAF) foi dado por:

$$IAF = \frac{AF}{\Delta S} \quad (3)$$

sendo ΔS a área de solo amostrado.

Foram feitas medições radiométricas ao longo do ciclo da cultura, utilizando-se um espectrorradiômetro portátil no intervalo de comprimento de onda 400 a 1100 nm, com ângulo de visada de 180° e resolução de 2 nm. O sensor foi centrado sobre a parcela, a uma altura de aproximadamente 0,10 m acima da cultura, onde mediu-se o fluxo radiante da cultura, e em seguida, mediu-se o fluxo direto (radiação espectral direta) de referência.

Posteriormente os dados do fluxo radiante da cultura e o fluxo direto, foram convertidos em reflectância (dividindo-se o fluxo radiante da cultura pelo fluxo direto) e selecionaram-se as bandas TM3 (620 a 690 nm, vermelho) e TM4 (760 a 900 nm, infravermelho). A partir dos valores da reflectância nestas bandas de TM3 e TM4, calculou-se o índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI), definido pela seguinte equação:

$$NDVI = \frac{TM4 - TM3}{TM4 + TM3} \quad (4)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI), composto a partir das curvas de resposta espectral do dossel do amendoim irrigado de acordo com a demanda evaporativa versus dias após a semeadura, está apresentado na Figura 1. Observa-se que o NDVI atingiu o seu valor máximo, em torno de 0,88 aos 49 dias após a semeadura (DAS). Após esta data, o NDVI foi constante até os 65 DAS, para logo em seguida decrescer a um valor em torno de 0,79 e em seguida voltou a crescer e posteriormente decrescendo aos 90 DAS. As variações no índice de vegetação NDVI durante o ciclo da cultura, no ponto de vista prático do uso do sensoriamento remoto, é que o NDVI mostra-se sensível a reflectância do solo. Essas variações são diferenciadas em função da banda espectral que está sendo analisada. No caso do vermelho, em que há forte absorção da radiação eletromagnética, a extinção da luz dá-se nas primeiras camadas foliares, enquanto que no infravermelho próximo, no qual a transmissão e a reflexão são altas, a interação da radiação ocorre até com as camadas mais baixas do dossel e, eventualmente até com o solo. Portanto, o índice de vegetação reflete em maior ou menor grau essas variações que ocorrem nas bandas (Epiphanyo et al. 1996).

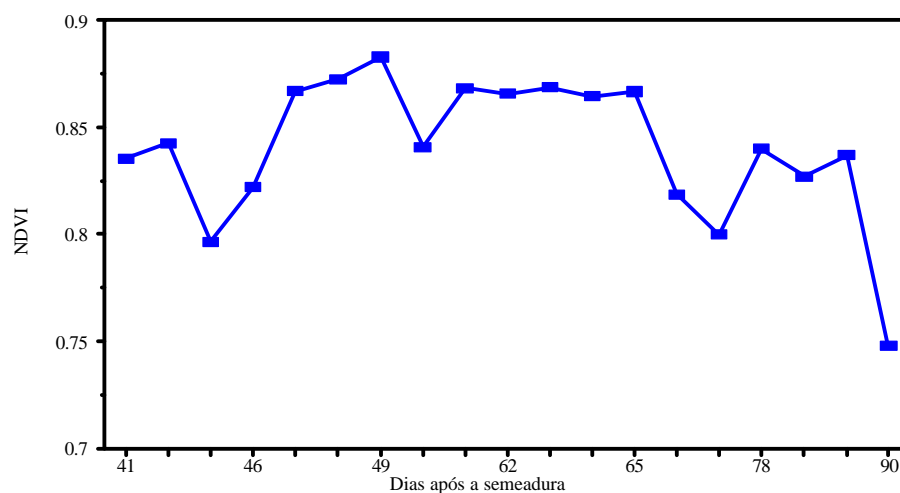


Figura 1. Comportamento sazonal do índice de vegetação (NDVI) em função de dias após a semeadura, para o amendoim irrigado de acordo com a demanda evaporativa. Rodelas, BA, 1995.

As medidas de reflectância do dossel do amendoim foram realizadas semanalmente e nas mesmas datas em que foram coletadas as amostras de plantas, onde determinaram-se o índice de área foliar (IAF), no estágio em que as plantas estavam em plena atividade fotossintética, no período de 21 a 90 DAS.

O índice da diferença normalizada (NDVI), computado pelas medidas de reflectância do dossel do amendoim, foi relacionado com o índice de área foliar (IAF) (Figura 2). Na ausência de folhas ($IAF \cong 0$), o NDVI tem o valor equivalente ao da razão da reflectância do solo nas bandas do vermelho e infravermelho próximo. Quando as folhas cresceram e aumentaram em número, o NDVI aumentou nitidamente com o índice de área foliar (IAF). Observa-se ainda pela Figura 2 uma relação curvilínea do tipo exponencial entre o IAF e o NDVI. Com o acréscimo do IAF, há uma tendência de saturação, e essa tendência é óbvia porque o NDVI alcançou um platô em níveis elevados de IAF (superior 3). Isso pode ser explicado pelo fato de que até determinado ponto do desenvolvimento da cultura a cobertura do solo guarda estreita relação com o número de folhas e com a área foliar da cultura. A partir de tal ponto essa relação cai, pois há acréscimo da área foliar sem correspondente aumento de cobertura do solo. Isso cria alterações na reflectância da cultura, principalmente na banda TM4, que passa a portar informações de duas variáveis (IAF e cobertura do solo), com taxas diferenciadas de variação (Epiphanyo & Formaggio, 1991). Esse comportamento assintótico também foi observado por Baret et al (1989) e Gilabert et al (1996).

A equação ajustada para descrever a relação entre o índice de vegetação NDVI e o índice de área foliar (IAF), como apresentada na Figura 2, apresenta-se na seguinte forma:

$$\text{NDVI} = 0,847 (1 - 1,757 \exp (-1,532 \text{ IAF})) \quad (5)$$

em que

NDVI - se refere ao índice de vegetação; e

IAF - índice de área foliar.

Essa equação apresentou um coeficiente de determinação de 0,90 para os dados analisados e significativos ao nível de probabilidade $p < 0,05$, pelo teste t.

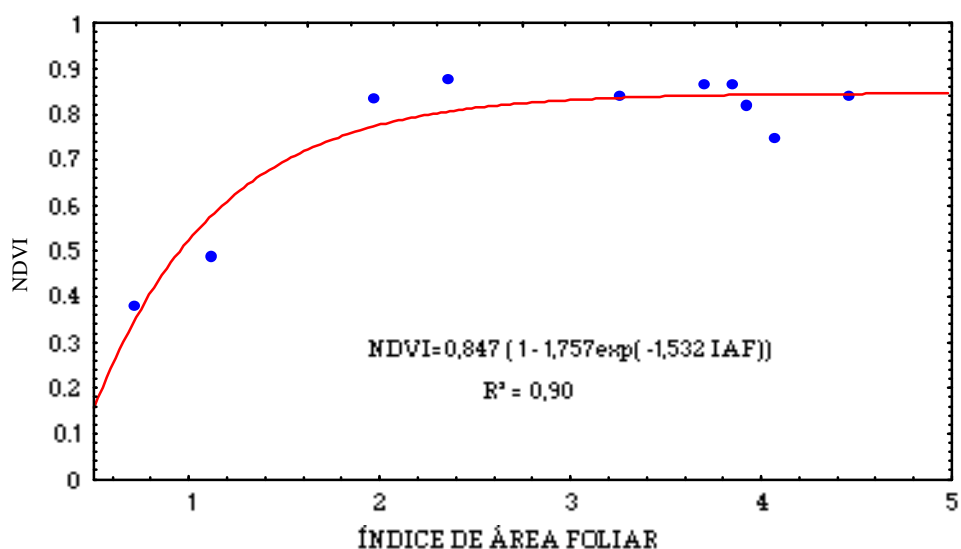


Figura 2. Relação entre o índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) em função do índice de área foliar (IAF) para o amendoim irrigado de acordo com a demanda evaporativa. Rodelas, BA, 1995.

CONCLUSÕES

Para valores de $\text{IAF} < 3$, o NDVI foi influenciado principalmente pela reflectância do solo, mas para $\text{IAF} > 3$, o NDVI tornou-se mais dependente da reflectância da cultura.

O índice de área foliar (IAF) variando de 0,71 a 4,5, durante o ciclo da cultura, apresentou uma estreita correlação com os resultados do índice de vegetação NDVI.

BIBLIOGRAFIA

- BARET, F.; GUYOT, G.; MAJOR, D. TSAVI: A vegetation index which minimizes soil brightness effects on LAI or PAR estimation. In: CANADIAN SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING, 12., 1989, Vancouver. **Proceedings...**Ottawa: Canadian Remote Sensing Society, 1989, p.1195-1197.
- CLIVERS, J.G. P. W. The application of a weighted infrared-red vegetation index for estimating leaf area index by correcting for soil moisture. **Remote Sensing of Environment**, v.29, p.25-37,1989.
- EPIPHANIO, J. C. N. & FORMAGGIO, A. R. Sensoriamento remoto de três parâmetros agronômicos de trigo e de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, n.10, p.1233-1615. 1624, 1991.
- EPIPHANIO, J. C. N.; GLERIAN, J. M.; FORMAGGIO, A. R.; RUDORFF, B. F. T. Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, n.6, p.445-454, 1996.
- FERNANDEZ, S; VIDAL, D; SIMON, E; SOLE-SUGRANES, L. Radiometric characteristics of *Triticum aestivum* cv. Astral under water and nitrogen stress. **Int. Jour. of Remote Sensing**, v15, n.9, p1867-1884, 1994.
- GILABERT, M. A.; GANDÍA, S.; MELIÁ, J. Analyses of spectral-biofysical relationships for a corn canopy. **Remote Sensing of Environment**, v.55, p.11-20, 1996.
- INOUE, Y. & MORAN, M. S. A simplified method for remote sensing of daily canopy transpiration - a case study with direct measurements of canopy transpiration in soybean canopies. **Int. J. Remote Sensing**, v 18, n 1 p 139-152, 1997.
- PRICE, J. Estimating vegetation amount from visible and near infrared reflectances. **Rem. Sens. of Environment**, v.41, p. 29-34, 1992.
- RONDEUX, G.; STEVEN, M.; BARET, F. Optimization of soil-adjusted vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, v 55, p. 95-107, 1996.
- WIEGAND, C. L.; MASS, S. J.; AESE, J. K. Multisite analyses of spectral-biophysical data for wheat. **Remote Sensing of Environment**, v.42, p.1-21, 1990.
- WIEGAND, C. L.; RICHARDSON, J.; ESCOBAR, D. E.; GERBERMANN, A. H. vegetation indices in crop assessment, **Remote Sensing of Environment**, v.35, p.105-119, 1991.