

## CORRELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) E CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DA CULTURA DO AMENDOIM

Juliano Deghaid<sup>1</sup>, David Luciano Rosalen<sup>2</sup>, Cristiano Zerbato<sup>3</sup>, Carlos Eduardo A. Furlani<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, FCAV-UNESP, Jaboticabal-SP, (16) 3209-7276, juliano\_deghaid@hotmail.com;

<sup>2</sup> Professor, Doutor, Depto. Engenharia Rural, FCAV-UNESP, Jaboticabal-SP;

<sup>3</sup> Doutorando em Agronomia, Depto. Engenharia Rural, FCAV-UNESP, Jaboticabal-SP.

Apresentado no  
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014  
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

**RESUMO:** Equipamentos de sensoriamento remoto terrestre como o GreenSeeker utilizam faixas específicas do espectro eletromagnético para gerar índices de vegetação, como o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e este pode correlacionar características agronômicas das culturas com os valores registrados de NDVI. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo correlacionar o NDVI, obtido por sensor terrestre, com variáveis agronômicas da cultura do amendoim (*Arachis hypogaea* L.). O trabalho foi conduzido no interior do Estado de São Paulo, com delineamento experimental de blocos casualizados, sendo as parcelas compostas por quatro populações de plantas (86.111, 103.520, 127.603 e 141.144 plantas ha<sup>-1</sup>) com oito repetições por tratamento. Foram avaliados o NDVI, produtividade, massa de 100 grãos, massas verde e seca e cobertura vegetal. As variáveis cobertura vegetal, produtividade e população de plantas de amendoim mostraram forte correlação com o NDVI obtido pelo sensor terrestre. As duas maiores populações de plantas de amendoim apresentaram comportamento semelhantes nas variáveis analisadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Arachis hypogaea* L., sensoriamento remoto terrestre, GreenSeeker

### CORRELATION BETWEEN THE NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX (NDVI) AND AGRONOMIC CHARACTERISTIC THE PEANUT CROP

**ABSTRACT:** The terrestrial remote sensing devices such as GreenSeeker using specific ranges of the electromagnetic spectrum to generate vegetation indices, such as Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and this may correlates with agronomic traits NDVI values recorded. Thus, the present study aims to correlate NDVI with agronomic traits of the peanut crop (*Arachis hypogaea* L.), obtained by sensor land. The work was conducted within the State of São Paulo, with a randomized block design with plots consisting of four plant populations (86,111, 103,520, 127,603 and 141,144 plants ha<sup>-1</sup>) with eight replicates per treatment. NDVI, productivity, weight of 100 grains, fresh and dry masses and vegetation cover were evaluated. Variable vegetation cover, productivity and population of peanuts showed strong correlation with the NDVI obtained by terrestrial sensor. The two largest populations of peanut plants showed similar behavior in the variables analyzed.

**KEYWORDS:** *Arachis hypogaea* L., sensoriamento remoto terrestre, GreenSeeker

## INTRODUÇÃO

Na agricultura de precisão utilizam-se, de forma intensa, as geotecnologias, tais como o Sensoriamento Remoto que permite obter informações de objetos, sem contato físico, por meio do uso de sensores. Estes sistemas baseiam-se em comprimentos de ondas específicos, que podem ser utilizados, por exemplo, para o cálculo de índices de vegetação, usados para estimar componentes de produção das culturas agrícolas, dentre outras aplicações.

Jensen (2009) cita que por meio da utilização de índices de vegetação pode-se determinar outros parâmetros agrônômicos tais como: índice de área foliar, porcentagem de cobertura verde, teor de clorofila, biomassa verde, entre outros.

Alguns sensores utilizam como índice de vegetação o NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) proposto por Rouse et al. (1974), que é o indicador numérico da diferença entre as bandas de comprimentos de onda do vermelho e infravermelho próximo dividido pela soma destes.

O NDVI é útil para a obtenção de informações de safras, tais como a eficiência fotossintética e a produtividade potencial (PEÑUELAS et al., 1994; RAUN et al., 2001; BÁEZ-GONZÁLEZ et al., 2002). Neste sentido, estudos realizados por Grohs et al. (2009) e Povh et al. (2008) apontaram que a produtividade de grãos pode ser relacionada à reflectância espectral da vegetação, e esta pode ser quantificada por meio do NDVI (RAUN et al., 2005).

O NDVI apresenta ótima correlação linear com a biomassa, comparado a outros índices de vegetação, e também se espera que seja menos influenciado pelas variações das condições atmosféricas. Além disso, ele é um bom indicador de biomassa da vegetação caso o terreno apresente boa cobertura vegetal (MENESES et al., 2012), como é o caso da cultura do amendoim que produz bom fechamento pela parte aérea.

Um equipamento de uso comercial, disponível para a determinação do NDVI, a nível terrestre, é o GreenSeeker. Este emite através de dois tipos de LED (*Light Emitting Diodes*) radiação eletromagnética nas faixas do espectro eletromagnético vermelho (650 nm) e do infravermelho próximo (770 nm), em direção à cultura, que absorve e reflete parte desta radiação. A reflectância é captada por sensores óticos e sua leitura é processada internamente, calculando o NDVI (CORTINOVE et al., 2012).

A partir do exposto, considerando que a determinação do NDVI pode ser um método alternativo e indireto para a estimativa de componentes da produção de grãos, e a escassez de trabalhos científicos para a cultura do amendoim, objetivou-se neste trabalho avaliar a relação entre as variáveis agrônômicas da cultura do amendoim submetido a diferentes populações de plantas, e o NDVI gerado por sensor terrestre.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido numa área da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Ensino (FEPE) da UNESP/Jaboticabal-SP, próxima à latitude de 21°14'47"S e longitude de 48°17'00"W, com altitude média de 560 m e declividade em torno de 4%. O solo da área experimental foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico, textura argilosa e relevo suave ondulado (ANDRIOLI; CENTURION. 1999).

Conforme a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, com temperatura média anual em torno de 22°C. Essa região apresentou precipitação pluviométrica durante a condução do experimento de 705 mm e temperatura média de 23,8°C, mensuradas por estação agrometeorológica própria.

A semeadura do amendoim (*Arachis hypogaea* L.), cultivar Runner IAC 886, foi realizada em

solo com preparo convencional, sendo gradagem pesada a 0,20 m de profundidade e duas gradagens leves, ambas com grades de discos. Antes do preparo do solo foi realizada subsolagem a 0,40 m de profundidade. As sementes utilizadas foram tratadas com o ingrediente ativo Tiametoxam na dose de 100 g 100 kg<sup>-1</sup> e apresentavam porcentagens de germinação em laboratório de 85%, determinados no Laboratório de Análise de Sementes da UNESP/Jaboticabal.

O amendoim foi semeado mecanicamente no espaçamento entre linhas de 0,90 m, nas densidades de semeadura de 10, 12, 14 e 18 sementes m<sup>-1</sup>, refletindo nas populações de 86.111, 103.520, 127.603 e 141.144 plantas ha<sup>-1</sup>, denominadas P1, P2, P3 e P4, respectivamente. Essas populações foram os tratamentos avaliados, sob delineamento em blocos casualizados com 8 repetições totalizando 32 parcelas experimentais, com área de 240 m<sup>2</sup>. Foram realizadas três passadas por parcela do conjunto trator-semeadora que possuía 4 linhas de semeadura espaçadas de 0,90 m.

A determinação do NDVI foi obtida através do equipamento GreenSeeker (Figura 1). O sensoriamento foi realizado manualmente com a passagem do equipamento sobre as plantas a uma altura em torno de 0,50 m, avaliando sempre as quatro linhas centrais de cada parcela. Os dados foram coletados quando a cultura estava em pleno desenvolvimento, em torno de 100 dias após a semeadura. Os dados relativos ao sensoriamento foram processados no *software* FarmWorks e em planilha eletrônica.

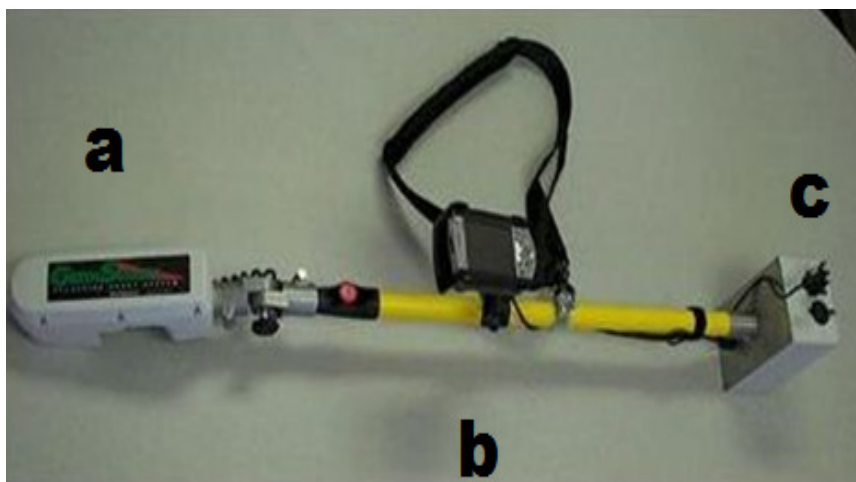


FIGURA 1: O conjunto GreenSeeker inclui um sensor ótico (a), um coletor de dados/receptor GNSS Nomad Trimble (b) e bateria (c).

As variáveis agrônômicas analisadas foram: cobertura vegetal do solo pela parte aérea do amendoim, massa verde e massa seca da parte aérea, produtividade de vagens e massa de 100 grãos.

A determinação da percentagem de cobertura vegetal do solo foi realizada aos 100 dias após a semeadura, com cordão de náilon marcado com 50 pontos espaçados a cada 10 cm, em todas as parcelas experimentais, com metodologia adaptada de Laflen et al. (1981). A massa de matéria verde das plantas de amendoim foi determinada, após a colheita manual, recolhendo-se o material vegetal da parte aérea encontrada dentro de uma armação metálica de 2,00 m<sup>2</sup>, lançada ao acaso em cada parcela, retirando-se sub amostras, as quais foram separadas e secas em estufa a 70°C por um período de 48 h; determinando-se também a massa seca da parte aérea das plantas de amendoim. A produtividade real foi determinada de acordo com Silva e Mahl (2008) por meio do arranquio de todas as plantas de amendoim contidas na área da armação de 2 m<sup>2</sup>, coletando-se em seguida as vagens que ficaram sobre e sob o solo, até a profundidade aproximada de 0,15 m; colocando-as, após o peneiramento, em sacos de papel para posterior pesagem para obtenção da produtividade. O teor de água de todas as amostras foi corrigido para 8% (teor de água de armazenamento do amendoim), e posteriormente os valores foram convertidos para kg ha<sup>-1</sup>. A massa de 100 grãos foi determinada separando-se os grãos das vagens de cada parcela, cujas massas foram determinadas em balança eletrônica com resolução de 0,01 g, sendo tais procedimentos efetuados segundo

prescrições estabelecidas pelas Regras de Análises de Sementes (BRASIL, 2009).

Com relação à análise dos dados, verificou-se a normalidade dos dados pelo Teste de Anderson-Darling, e quando assimétricos foram transformados para se atingir a normalidade, por meio da equação  $y' = y^{-1/2}$ . Posteriormente, realizou-se a análise de variância (ANOVA), aplicando-se o Teste F de Snedecor, com nível de significância de 5%, para verificar a existência ou não de diferenças significativas entre as médias das variáveis analisadas e quando procedente, aplicou-se o teste de médias de Tukey a 5% de probabilidade. Também, foi realizada análise de regressão e correlação para os efeitos significativos, sendo os coeficientes dos componentes de cada modelo testados, escolhendo-se os modelos significativos, com maior coeficiente de determinação e correlação, respectivamente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 exhibe os resultados da ANOVA para as diferentes variáveis analisadas.

TABELA 1. Análise de variância para as variáveis estudadas. **Analysis of variance for the variables studied.**

Variável	Tratamento			
	P1	P2	P3	P4
NDVI	0,8675 <i>c</i>	0,8785 <i>bc</i>	0,8896 <i>ab</i>	0,9003 <i>a</i>
Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	3.109,9 <i>b</i>	3.323,4 <i>ab</i>	3.537,0 <i>a</i>	3.644,3 <i>a</i>
Massa 100 grãos (g)	49,04	48,72	48,39	50,32
Massa verde (kg ha <sup>-1</sup> )	28.295	26.750	25.206	26.297
Massa seca (kg ha <sup>-1</sup> )	11.287	10.082	8.878	9.262
Cobertura vegetal (%)	93 <i>b</i>	94 <i>ab</i>	95 <i>a</i>	95 <i>a</i>
Variável	Teste F	CV (%)	DMS	
NDVI	7,49**	1,65	0,0203	
Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	4,83*	12,69	425,07	
Massa 100 grãos (g)	0,21 <sup>ns</sup>	10,54	7,21	
Massa verde (kg ha <sup>-1</sup> )	0,33 <sup>ns</sup>	23,69	8.794,32	
Massa seca (kg ha <sup>-1</sup> )	0,90 <sup>ns</sup>	32,14	4.424,22	
Cobertura vegetal (%)	4,92**	1,58	2,06	

Ausência de letras indica a não significância entre os tratamentos. Letras minúsculas distintas nas linhas diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. P1, P2, P3 e P4: populações de plantas (86.111, 103.520, 127.603 e 141.144 plantas ha<sup>-1</sup> respectivamente); ns: não significativo; \*: significativo ( $P \leq 0,05$ ); \*\*: significativo ( $P \leq 0,01$ ); CV: coeficiente de variação (%); DMS: diferença mínima significativa.

Na Tabela 1 nota-se um aumento do NDVI da população P1, que obteve o menor valor, para P4 que obteve o maior valor. Nas maiores populações de plantas, caracterizado por menor espaçamento entre plantas na linha, há um maior fechamento da parte aérea, fato que implica em um maior valor de leitura do NDVI. Dessa forma, torna-se possível estabelecer relações entre o NDVI e outras características agrônômicas que tiveram semelhante comportamento, como a produtividade e a cobertura vegetal.

Também, a Tabela 1 indica que para a variável produtividade duas maiores populações de plantas (P3 e P4) resultaram em maiores produtividades, e a população menor (P1) apresentou a mais baixa produtividade, sendo que a P2 não diferiu de nenhuma das outras. Este fato pode ter ocorrido devido a P1 conter população de plantas insuficiente para atingir altas produtividades. Já na P4 ocorre aumento da população de plantas podendo, portanto ter ocorrido competição por espaço, água e nutrientes do solo. Sendo assim, nas populações de plantas intermediárias, pode ter acontecido um efeito compensatório de produção por planta, alcançando no montante final da produtividade igualdade com a maior população. Destaca-se que, segundo BROWN et al. (2005), a população final das plantas de amendoim é um fator entre várias características de produção que pode influenciar na produtividade.

Com relação à massa de 100 grãos (Tabela 1) não houve diferença entre os tratamentos. O possível motivo é que o tamanho e massa dos grãos produzidos pelas plantas de amendoim é uma

característica genética da cultivar, portanto não importa a população de plantas utilizada na implantação da cultura. Nesse sentido, Oliveira et al. (2010), trabalhando com a cultivar Runner IAC 886, também não observaram variações significativas quanto ao tamanho do grão entre as cultivares de amendoim e entre os espaçamentos utilizados, constatando-se uma média geral do peso de 100 grãos de 41,17 g. Dessa forma, a correlação entre NDVI e massa de 100 grãos não deve ser considerada.

Tanto massa verde quanto massa seca não diferiram entre si para os tratamentos avaliados (Tabela 1). Como essa cultivar de amendoim possui hábito de crescimento indeterminado, nas maiores populações, ocorre competição por luz entre as plantas, então a mesma paralisa o desenvolvimento da parte aérea em certo ponto de crescimento. Já para as menores populações de plantas, elas possuem espaço para maior desenvolvimento da parte aérea, pois possuem porte rasteiro, assim têm a capacidade de alastrar-se e produzir maior quantidade de material vegetal. Entretanto, Romanini Junior (2007) trabalhando com a mesma cultivar de amendoim, em dois solos distintos, determinou que a massa seca de plantas por hectare foi influenciada pela densidade de plantas com ajuste linear crescente dos dados, sendo que maiores densidades resultaram em maior produção de massa seca.

Com relação a cobertura vegetal, ocorreu diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 1), em que as populações P4 e P3 obtiveram os valores maiores em relação a P1. A menor população (P1), apresentou espaçamento entre plantas maior, demonstrando inferior parte aérea para a cobertura total do solo com relação às maiores populações de plantas. Entretanto, não houve diferença significativa entre P2, P3 e P4, demonstrando o efeito compensatório do desenvolvimento da parte aérea que as plantas possuem, quando passam de uma população maior para outra menor.

A Tabela 2 exibe a matriz de correlação de Pearson para as variáveis agrônômicas estudadas em relação ao NDVI.

TABELA 2. Matriz dos coeficientes de correlação de Pearson para as variáveis analisadas em relação ao NDVI. **Matrix of the Pearson correlation coefficients for the variables analyzed in relation to the NDVI.**

Variável	NDVI	Classificação
Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	0,7152**	Forte
Massa de 100 grãos (g)	0,5331**	Moderada
Massa Verde (kg ha <sup>-1</sup> )	0,5623**	Moderada
Massa Seca (kg ha <sup>-1</sup> )	0,5255**	Moderada
Cobertura vegetal (%)	0,8419**	Forte
População de plantas	0,6819**	Forte

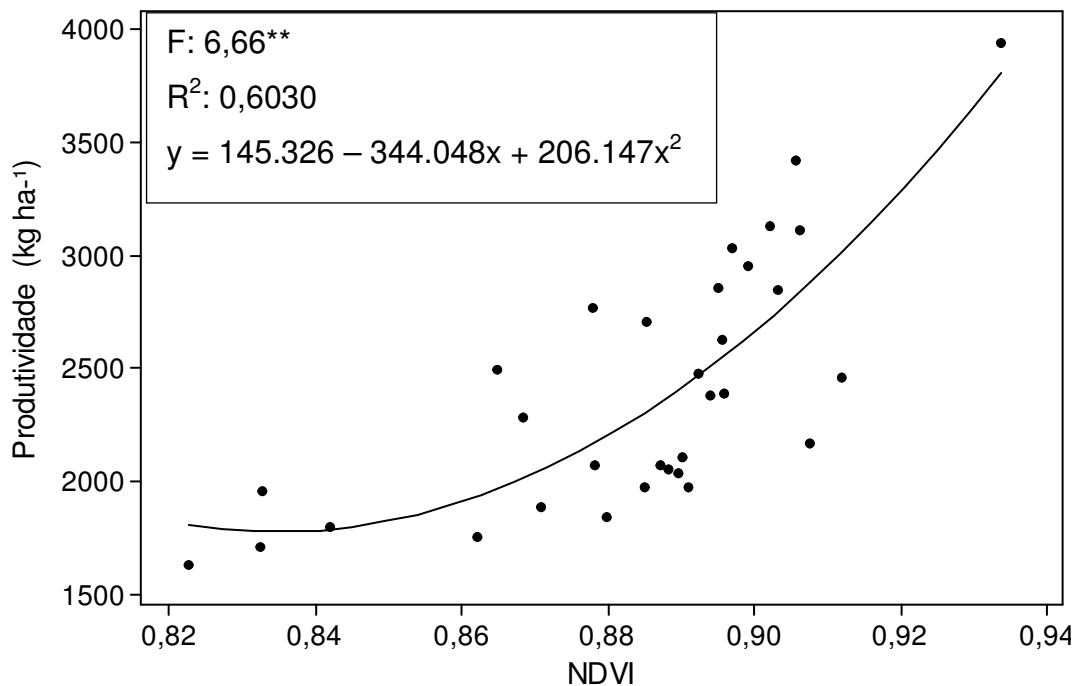
\*\* Significativos a 1% de probabilidade.

Nota-se na Tabela 2 que os coeficientes de correlação entre as variáveis com relação ao NDVI, foram significativos e positivos. Dessa forma, as variáveis cobertura vegetal, produtividade e população de plantas demonstraram forte correlação com o NDVI e as demais variáveis agrônômicas massa verde, massa seca e massa de 100 grãos apresentam moderada correlação com o NDVI obtido pelo sensor terrestre, conforme a classificação de Callegari-Jacques (2003).

Mercante et al. (2010) trabalhando com a cultura da soja, e avaliando o NDVI calculado através de imagens de satélite para estimativa da produtividade, encontraram correlação média semelhante ao presente trabalho, apresentado valor de 0,69. No mesmo sentido, Boechat (2012) encontrou correlação significativa e positiva de 0,56 e 0,48 entre NDVI e produtividade do feijoeiro aos 59 e 90 dias após emergência (DAE) respectivamente (dados obtidos por espectrorradiômetro). A mesma autora, em outro experimento, trabalhando agora com dados calibrados de imagens digitais, obteve correlação de 0,63 e 0,79 entre produtividade e NDVI aos 28 e 42 DAE do feijoeiro respectivamente. A explicação para uma boa correlação entre medidas de reflectância e produtividade, segundo Silva et al. (2009) é de que a produtividade está relacionada à quantidade de radiação interceptada pela cultura e a reflectância correlaciona com quantidade de tecido foliar fotossinteticamente ativo presente por unidade de área capaz de interceptar a radiação solar.

A análise de regressão indicou que houve significância quadrática positiva do NDVI versus

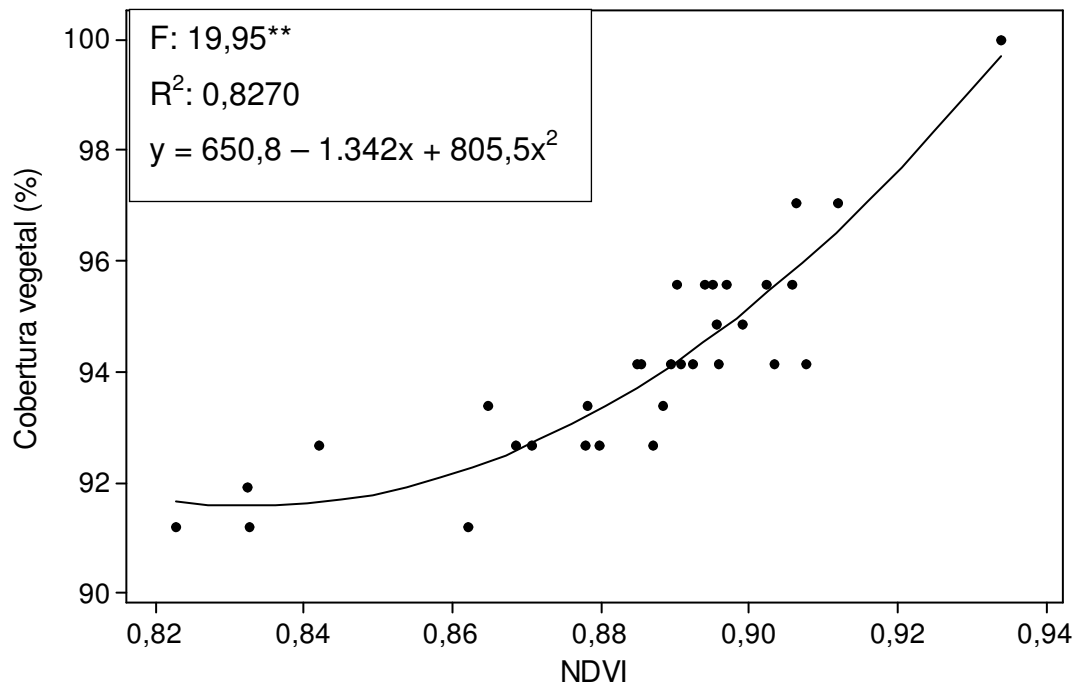
produtividade (Figura 2), obtendo-se coeficiente de determinação de 0,6030. De acordo com Ma et al. (2001), existe correlação positiva entre a reflectância do dossel das plantas, expressa em valores de NDVI, e a produtividade das culturas. Mercante et al. (2010) trabalhando com a cultura da soja, e avaliando o NDVI calculado por meio de imagens de satélite para estimativa da produtividade, encontraram coeficiente de determinação semelhante ao presente trabalho, apresentado valor médio de 56,25%. Destaca-se que no sensoriamento remoto, o uso de funções exponenciais é comum para expressar a relação da variável indicadora com o NDVI (LIU, 2006).



\*\*significativo a 1% de probabilidade; R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação.

FIGURA 2. Análise de regressão entre produtividade e NDVI na cultura do amendoim.  
**Regression analysis between yield and NDVI in the peanut crop.**  
**\*\*significant at 1% probability. R<sup>2</sup>: coefficient of determination.**

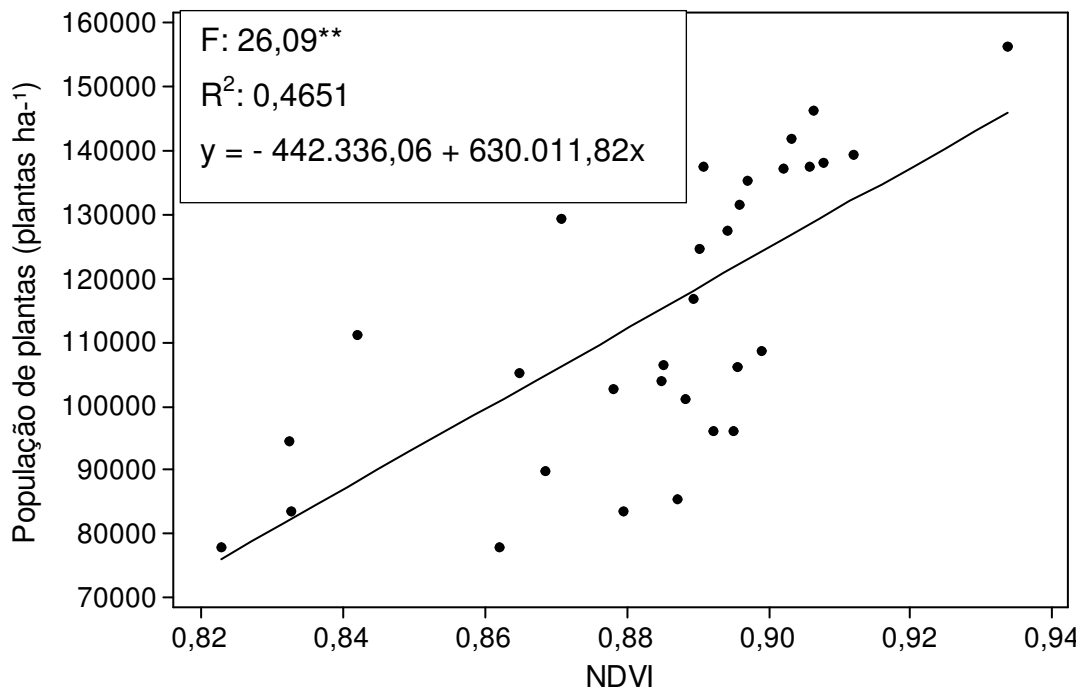
A cobertura vegetal pelas plantas de amendoim (Figura 3) seguiu o mesmo padrão obtido na produtividade com regressão quadrática côncava positiva, entretanto com o coeficiente de determinação mais alto (R<sup>2</sup> = 0,8270), em que o ponto de mínimo de NDVI foi de 0,8330, valor esse bem próximo ao encontrado para a variável produtividade.



\*\*significativo a 1% de probabilidade. R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação.

FIGURA 3. Análise de regressão entre cobertura vegetal e NDVI da cultura do amendoim.  
**Regression analysis between vegetation cover and the NDVI of the peanut crop. \*\*significant at 1% probability. R<sup>2</sup>: coefficient of determination.**

O coeficiente de determinação da regressão linear para a população de plantas (Figura 4) foi médio (0,4651). Esse fato pode ser explicado, segundo Mercante et al. (2009), que para a cultura do amendoim como a da soja, podem ocorrer baixos valores do coeficiente de determinação em função do hábito de crescimento indeterminado e da alta capacidade de compensar falhas no estande, pela emissão de ramos laterais (porte rasteiro). Sendo assim, este fator pode limitar a percepção das mudanças do NDVI, quando existe variação na densidade de plantas.



\*\*significativo a 1% de probabilidade.  $R^2$ : coeficiente de determinação.

FIGURA 4. Análise de regressão entre população de plantas e NDVI da cultura do amendoim.  
**Regression analysis between green mass and the NDVI of the peanut crop.**  
**\*\*significant at 1% probability.  $R^2$ : coefficient of determination.**

Phillips et al. (2004) utilizaram os valores de NDVI, para estimar a densidade de plantas de trigo, e obtiveram coeficiente de determinação de 0,74; essa correlação foi conseguida apenas até a população de 1.000 plantas  $m^{-2}$ , a partir dessa população, o NDVI não foi considerado um estimador da densidade. Ma et al. (2001), estudando três densidades de plantas de soja, em duas texturas de solo (arenosa e argilosa) e em dois anos consecutivos, concluíram que a densidade de plantas não apresenta relação com o NDVI. Já Ahmadi e Mollazade (2009), avaliando o NDVI, obtido por imagens de satélite, encontraram boa correlação para a densidade de plantas de soja (coeficiente de determinação = 0,87).

## CONCLUSÕES

As variáveis cobertura vegetal, produtividade e população de plantas de amendoim mostraram forte correlação com o NDVI obtido pelo sensor terrestre, dessa forma, torna-se possível estimar essas variáveis através dos valores de NDVI fornecidos por um sensor terrestre. As duas maiores populações de plantas de amendoim apresentaram comportamento semelhantes nas variáveis analisadas.



## REFERÊNCIAS

- AHMADI, H.; MOLLAZADE, K. Determination of soya plant population using NDVI in the dasht e naz agriindustry. **Journal of Agricultural Science**, Toronto, v. 1, n. 1 p. 112-120, 2009.
- ANDRIOLI, I.; CENTURION, J. F. Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. In: XXVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 1999, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.1-4, 1999.
- BÁEZ-GONZÁLEZ, A. D.; CHEN, P.; TISCARENO-LOPEZ, M.; SRINIVASAN, R. Using satellite and field data with crop growth modelling to monitor and estimate corn yield in Mexico. **Crop Science**, v. 42, p. 1943–1949, 2002.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de Sementes**. Brasília, 395p. 2009.
- BROWN, S. L.; CULBREATH A. K.; TODD, J. W.; GORBET, D. W.; BALDWIN, J. A.; BEASLEY, J. P. Development of a method of risk assessment to facilitate integrated management of spotted wilt of peanut. **Plant Disease**, v. 89, p. 348–356, 2005.
- BOECHAT L. T. **Técnicas de sensoriamento remoto na detecção do mofo-branco e da mancha-angular do feijoeiro**. 2012. 128f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- CALLEGARI-JACQUES, Sidia M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artemed, 2003. 255p.
- CORTINOVE, L.; TAUBINGER, L.; AMARAL, L. R.; MOLIN, J. P. Densidade de coleta de dados com sensor ótico ativo para adubação nitrogenada em cana-de-açúcar, milho e trigo. In: Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão, Ribeirão Preto – SP. **Anais...** Ribeirão Preto, 2012.
- GROHS, D.S.; BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C.M.; POLETTO, N. Modelo para estimativa do potencial produtivo em trigo e cevada por meio do sensor GreenSeeker. **Engenharia Agrícola**, v.29, p.101-112, 2009.
- JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009, 604 p.
- LAFLEN, J. M.; AMEMIYA, A.; HINTZ, E. A. Measuring crop residue cover. **J. Soil Water Conserv.**, v. 36, p. 341-343, 1981.
- LIU, W.T.H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande: UNIDERP, 2006. 908 p.
- MA, B. L.; DWYER, L. M.; COSTA, C.; COBER, E. R.; MORRISON, M. J. Early prediction of soybean yield from canopy reflectance measurements. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, n. 6, p. 1227-1234, 2001.
- MENESES, P. R.; ALMEIDA, T.; ROSA, A. N. C. S.; SANO, E. E.; SOUZA, E. B.; BAPTISTA, G. M. M.; BRITES, R. S. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UnB, 2012. 266 p.
- MERCANTE, E.; LAMPARELLI, R. A. C.; URIBEOPAZO, M. A.; ROCHA, J. V. Características espectrais da soja ao longo do ciclo vegetativo com imagens landsat 5/TM em área agrícola no Oeste do Paraná. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 328-338, 2009.
- MERCANTE, E.; LAMPARELLI, R. A. C.; URIBEOPAZO, M. A.; ROCHA, J. V. Modelos de regressão lineares para estimativa de produtividade da soja no oeste do Paraná, utilizando dados espectrais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 504-517, 2010.
- OLIVEIRA, T. M. M.; QUEIROGA, R. C. F.; NOGUEIRA, F. P.; MOREIRA, J. N.; SANTOS, M. A. Produção de cultivares decumbentes de amendoim submetidas a distintos espaçamentos. **Revista**

**Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 4, p. 149-154, 2010.

PEÑUELAS, J.; GAMON, J. A.; FREDEEN, A. L.; MERINO, J.; FIELD, C. B. Reflectance indices associated with physiological changes in nitrogen- and water-limited sunflower leaves. **Remote Sensing of Environment**, v. 48, n. 2, p. 135–146, 1994.

POVH, F. P.; MOLIN, J. P.; GIMENEZ, L. M.; PAULETTI, V.; MOLIN, R.; SALVI, J. V. Comportamento do NDVI obtido por sensor ótico ativo em cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.23, n.8, p.1075-1083, 2008.

RAUN, W.R.; SOLIE, J.B.; JOHNSON, G.V.; STONE, M.L.; UKINA, E.V.; THOMASON, W.E.; SCHEPERS, J.S. In-season prediction of potential grain yield in winter wheat using canopy reflectance. **Agronomy Journal**, v.93, p.131-138, 2001.

RAUN, W.R.; SOLIE, J.B.; STONE, M.L.; MARTIN, K.L.; FREEMAN, K.W.; MULLEN, R.W.; ZHANG, H.; SCHEPERS, J.S.; JOHNSON, G.V. Optical sensor-based algorithm for crop nitrogen fertilization. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Monticello, v.36, n.19-20, p.2.759-2.781, 2005.

ROMANINI JUNIOR. **Influência do espaçamento de plantas no crescimento, produtividade e rendimento do amendoim rasteiro, cultivar Runner IAC 886**. 2007. 60f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W.; HARLAN, J. C. **Monitoring the vernal advancement and retrogradation (greenwave effect) of natural vegetation**. NASA/GSFC Type III Final Report, Greenbelt, Md., 1974. 371 p.

SILVA, A. J.; CANTERI, M. G.; SANTIAGO, D. C.; HIKISHIMA, M.; SILVA, A. L. A reflectância na estimativa do efeito de fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja. **Summa Phytopathologica**, v. 35, n. 1, p. 53-56, 2009.

SILVA, R. P.; MAHL, D. Relatório do projeto de pesquisa: Perdas na colheita mecanizada do amendoim safra 2007/2008. **Relatório de Pesquisa**. Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola – LAMMA. Jaboticabal, Nov. 2008. 47p.