

## Comportamento espectral do algodoeiro à diferentes níveis de adubação nitrogenada

Priscylla Ferraz <sup>1</sup>  
Anamari Viegas de Araujo Motomiya <sup>1,2</sup>  
Rubens Angulo Filho <sup>1</sup>  
José Paulo Molin <sup>1</sup>  
Wagner Rogerio Motomiya <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade de São Paulo – USP/ESALQ  
Caixa Postal 9 - 13418-900 - Piracicaba - SP, Brasil  
{ferraz, ruangulo, jpmolin}@esalq.usp.br

<sup>2</sup> Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Rod. MS 306 km 6 – 79540-000 – Cassilândia – MS, Brasil  
Bolsista Fundect/MS  
{anamari.v}@uol.com.br

<sup>3</sup> R. Cristiano Cleopath, 1891 - 13419-310- Piracicaba - SP, Brasil  
{wagnerm}@uol.com.br

**Abstract.** The study of the spectral behavior of crops, through field radiometry, contributes to a better precision in models generated by remote sensing, when they are used to estimate and analyze crops' agronomic variables. The objective of this research was to evaluate the influence of the nitrogen levels (0, 50, 100, 150, 200 kg ha<sup>-1</sup>) on the spectral behavior of cotton crop. The experiment was installed in the experimental field of ESALQ/USP, Piracicaba, SP, from May to June, 2006. The experimental design was the randomized blocks, with five treatments and four replications. Five field campaigns were carried out with the SPECTRON SE-590 spectroradiometer. Bands TM<sub>3</sub> e TM<sub>4</sub> were simulated from the determined reflectance factors and, with these bands, vegetation indices were generated. According to the results, it was concluded that the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Leaf Area Index (LAI) values showed similar behavior with a increasing trend during the crop growing and among nitrogen levels.

**Palavras-chave:** remote sensing, reflectance, spectroradiometry, sensoriamento remoto, reflectância, espectrorradiometria.

## 1 Introdução

A cultura do algodão é considerada a mais importante das fibras têxteis, naturais ou artificiais. É também uma das plantas de aproveitamento mais completo, pois fornece variados produtos de utilidade. Possui relevante importância no Brasil e no mundo, situando-se entre as dez maiores fontes de riqueza no setor agropecuário do Brasil.

O nitrogênio geralmente é considerado um fator limitante para a produtividade do algodoeiro tanto em áreas irrigadas ou plantio de sequeiro, entretanto, aplicações excessivas podem reduzir a sua qualidade (HUTMACHER et al., 2004). Segundo Staut e Kurihara (2001), o nitrogênio é o nutriente que o algodoeiro retira do solo em maior proporção, sendo fundamental no desenvolvimento da planta, principalmente dos órgãos vegetativos.

Em geral, a aparência da folhagem fornece boa indicação sobre o estado nutricional da planta no que se refere ao nitrogênio, portanto, diagnósticos que analisam propriedades ópticas das folhas podem ajudar no rápido exame do status de N na cultura (TARPLEY et al., 2000). Neste sentido, Read et al. (2003) ressaltam que mudanças no estado nutricional do algodoeiro podem ser determinadas no campo pela medida de reflectância foliar, uma vez que a reflectância na região do visível do espectro eletromagnético (300 – 700 nm) varia em função da concentração de clorofila no tecido foliar, a qual é fortemente associada com o status de nitrogênio na folha.

Com isso, a importância do sensoriamento remoto na agricultura se torna muito evidente, tendo em vista que as técnicas utilizadas para a aquisição dos dados espectrais são muito eficientes, rápidas e econômicas, principalmente quando o foco é previsão de safras.

A espectrorradiometria de campo é uma técnica de sensoriamento remoto, em nível de campo frequentemente utilizada na agricultura, pois permite obter medidas quase que diárias, ao longo do ciclo de crescimento e desenvolvimento das culturas sob condições bem mais favoráveis em termos de influência da atmosfera quando comparadas à sensores a bordo de satélites (Deering, 1989). Além disso, permite obter medidas em pequenas unidades amostrais submetidas a diferentes tratamentos favorecendo o entendimento das relações da resposta espectral com parâmetros agrônômicos (Henderson e Badhwar, 1984).

Para Ponzoni (2001), os índices de vegetação servem como indicadores do crescimento e vigor da vegetação, e podem ser utilizados para diagnosticar vários parâmetros biofísicos com os quais apresentam altas correlações, incluindo índice de área foliar (IAF), que está diretamente relacionado com a produtividade das culturas.

Os índices mais comuns são aqueles provenientes de medidas da reflectância de dosséis de vegetação, nas faixas espectrais do vermelho e infravermelho próximo do espectro eletromagnético.

A presente pesquisa teve como objetivo avaliar a influência de cinco doses de adubação nitrogenada (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup>) no comportamento espectral da cultura do algodão.

## 2 Material e métodos

O experimento de campo foi desenvolvido na área experimental do Departamento de Produção Vegetal da Universidade de São Paulo ESALQ/USP. A área experimental localiza-se no município de Piracicaba-SP, cujas coordenadas geográficas são de 22° 42' 30'' S e 47° 38' 00'' e aproximadamente 576 m de altitude com relevo suave ondulado. O solo da área de estudo pertence à classe Latossolo Vermelho Escuro, textura argilosa.

Neste experimento foi utilizada a cultura do algodão, variedade Delta Opal. Os tratamentos consistiram das seguintes doses de N: 0, 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup>, utilizando

como fonte o fertilizante uréia. Os demais nutrientes foram aplicados de acordo com os resultados obtidos na análise de solo.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 5 tratamentos e 4 repetições, totalizando 20 parcelas. Cada parcela possui uma dimensão de 3,6 m x 5,0 m, totalizando uma área de 18 m<sup>2</sup>. As parcelas experimentais constituíram-se de 4 linhas de 4,0 m de comprimento, considerando-se como área útil as duas linhas centrais, desprezando-se 1 linha de bordadura de cada lado da parcela e 0,5 m em cada uma das outras duas extremidades.

A semeadura do algodão foi realizada manualmente no dia 16 de março de 2006, sendo adotado o espaçamento de 0,90 m entre linhas. Os tratamentos fitossanitários e capinas foram realizados conforme houve necessidade e de maneira uniforme sobre os tratamentos.

Foram realizadas 5 campanhas radiométricas durante a permanência da cultura no campo, tendo início no dia 17 de maio de 2006 e término no dia 29 de junho de 2006. As medidas radiométricas foram realizadas sempre no mesmo horário, ou seja, próximo do meio dia (12:00 horas), uma vez que a resposta máxima no fator de reflectância na região do visível ocorre para o meio dia solar ou para azimutes relativos próximos de zero grau, momento em que as entrelinhas estão completamente iluminadas (LORD et al., 1988).

Para obter as medidas radiométricas do dossel da cultura do algodão foi utilizado o espectrorradiômetro portátil, SPECTRON SE-590, especialmente projetado para medidas em campo, fabricado pela Spectron Engineering Incorporation, Denver, Colorado, EUA. Foram utilizadas duas cabeças sensoras com FOV de 6° (placa) e de 15° (amostra), um mastro de 3 m de altura com 0,9 m de alcance e placa de referência pintada com BaSO<sub>4</sub>. As leituras foram sempre realizadas nas duas linhas centrais de cada parcela.

O campo de visada do ângulo nadiral 0°, possui, respectivamente, um diâmetro de 0,79 m de circunferência e 0,49 m<sup>2</sup> de área (**Figura 1**).

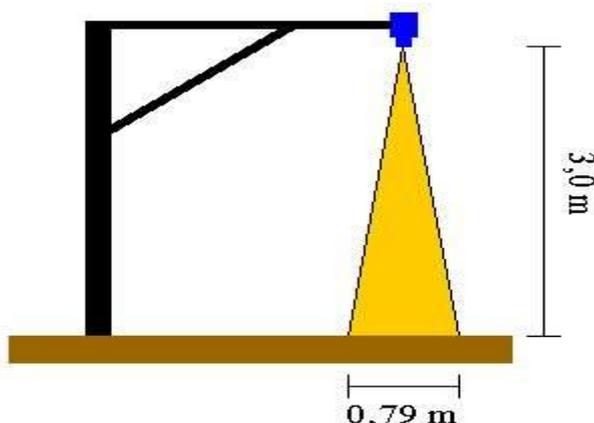


Figura 1 – Medidas do campo de visada do ângulo nadiral (0°)

Após a coleta dos dados, procedeu-se à calibração dos dados coletados, por meio do programa computacional “ESPECTRO”.

As medidas radiométricas foram sempre trabalhadas com o objetivo de se conhecer os valores do fator de reflectância (FR) médio, correspondente às bandas TM<sub>3</sub> e TM<sub>4</sub> do satélite Landsat, bem como os valores do índice de vegetação diferença normalizada (NDVI) de cada uma das campanhas realizadas. O valor de NDVI foi calculado através da seguinte equação:

$$\text{NDVI} = (\text{TM}_4 - \text{TM}_3) / (\text{TM}_4 + \text{TM}_3)$$

Onde:

TM<sub>3</sub> – é o FR medido na faixa espectral do vermelho (630 nm a 700 nm);

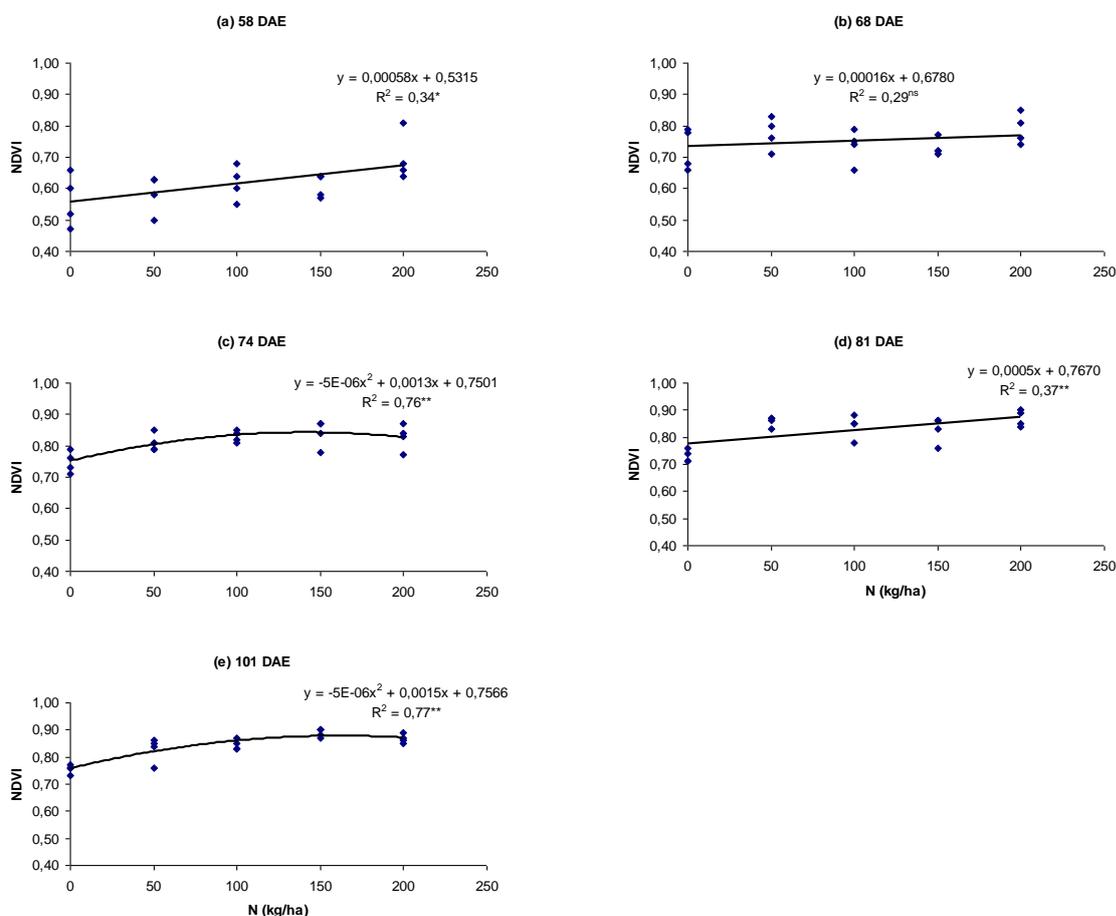
TM<sub>4</sub> – é o FR medido na faixa espectral do infravermelho próximo (760 nm a 900 nm).

A amostragem de tecido foliar foi realizada aos 92 DAE, compondo-se uma amostra com 20 folhas por parcela, para determinação dos teores de nitrogênio.

As análises estatísticas foram realizadas pelo programa SAS (1996). O efeito dos tratamentos foi avaliado por meio de análise de variância, verificando-se a significância pelo teste F de Snedecor. A análise de regressão foi realizada para verificação da relação entre doses de nitrogênio com o NDVI e concentração do elemento nas folhas do algodoeiro.

### 3 Resultados e discussão

Ao analisar o efeito das doses de nitrogênio sobre o NDVI, através da análise de regressão, constatou-se que o modelo linear apresentou efeito significativo (Prob. > F = 0,015) para 58 DAE e altamente significativo (Prob. > F = 0,0053) para 81 DAE (Figura 2). O modelo quadrático apresentou efeito altamente significativo (Prob. > F = 0,0026 e 0,0056) para 74 e 101 DAE, respectivamente. Para 68 DAE não se encontrou efeito significativo dos modelos acima citados. Os valores do coeficiente de variação para todos os dias de coleta foram menores que 10 % e portanto aceitáveis para experimentos de campo.



**Figura 2:** Relação entre dose de N e NDVI aos: (a) 58, (b) 68, (c) 74, (d) 81, (e) 101 DAE respectivamente – Piracicaba, SP, 2006.

Pode-se notar que os valores de NDVI apresentaram uma tendência crescente ao longo do desenvolvimento da cultura (Figura 2). Uma explicação para tal evento é a baixa cobertura do solo no início do desenvolvimento da cultura, devido ao baixo índice de área foliar. Com o desenvolvimento da planta observou-se um aumento da área de cobertura vegetal, reduzindo a influência do solo na resposta espectral.

Segundo Read et al.(2003) a reflectância na região do visível do espectro eletromagnético varia em função da concentração de clorofila no tecido foliar, sendo este fortemente associado com o nível de nitrogênio na planta. Com isso, quanto menor o suprimento de N na planta, menor será o nível de clorofila e conseqüentemente menor será a absorção da radiação na região do visível.

Os índices de área foliar (IAF) foram coletados em datas próximas às coletas realizadas com o SPECTRON (**Tabela 1**). Os valores de IAF também evidenciaram esta pequena variação entre os tratamentos, mostrando que aos 58 DAE esta diferença era reduzida e aos 95 DAE apresentou-se maior.

**Tabela 1** – Índices de área foliar da cultura do algodão

Tratamentos	58 DAE	66 DAE	73 DAE	80 DAE	95 DAE
T1	0,29	0,49	0,57	1,05	1,39
T2	0,44	0,73	0,92	1,70	1,90
T3	0,44	0,70	0,89	1,62	1,88
T4	0,57	0,85	1,03	1,85	2,16
T5	0,49	0,79	1,04	1,90	2,29

O crescimento das plantas de algodão foi bastante lento em função das baixas temperaturas ocorridas no período experimental. O parâmetro que melhor descreve a relação entre o desenvolvimento do algodão e a temperatura é dado pelo acúmulo de unidade de graus dias equivalente ao padrão base de 60<sup>o</sup>F (Edmisten, 2003; Albers, 2005). As baixas temperaturas afetam o desenvolvimento do sistema radicular das plantas de algodão, afetando também diversos processos metabólicos ligados à absorção de nutrientes(Albers, 2005). Com isso, supõe-se a baixa variação dos valores de NDVI com relação às doses de nitrogênio.

#### 4 Conclusão

Os valores de Índice de Vegetação Diferença Normalizada (NDVI) e Índice de Área Foliar (IAF) apresentaram comportamento semelhante, com tendência crescente ao longo do desenvolvimento da cultura e das doses de nitrogênio.

#### 5 Referências Bibliográficas

- Albers, D. W. **Cotton plant development and plant mapping**. Columbia: University of Missouri, 2005. Disponível em <<http://muextension.missouri.edu/explore/agguides/crops/g04268.ht>> Acesso em 10 nov. 2006.
- DEERING, D. W. Field measurements of bidirecional reflectance. In: ASRAR, G., ed. **Theory and applications of optical remote sensing**. New York, John Wiley & Sons, 1989. cap.2, p.14-61.
- Edmisten, K. L. The cotton plant. In: Edmisten, K.L. et al. **Cotton production guide**. North Carolina: North Carolina State University, 2006. Disponível em: [http://ipm.ncsu.edu/Production\\_Guides/Cotton](http://ipm.ncsu.edu/Production_Guides/Cotton). Acesso em 10 nov. 2006
- HENDERSON, K. E.; BADHWAR, G. D. An initial model for estimating soybean development stages from spectral data. **Remote Sensing of Environment**, 1984,v. 14, p. 55-63.
- HUTMACHER, R. B., TRAVIS, R. L. RAINS, D. W.; VARGAS, R. N.; ROBERTS, B. A.; WEIR, B. L. WRIGHT, S. D.. MUNK, D. S; MARSH, B. H.; KEELEY, M. P.; FRITSCHI, F B.; MUNIER, D. J.; NICHOLS

R. L.; DELGADO. R. Response of recent Acala cotton cultivars to variable nitrogen rates in the San Joaquin valley of California. **Agron. J.** 96:48-62, 2004.

LORD, D.; DESJARDINS, R.L.; DUBÉ, P.A. Sun-angle effects on the red and near infrared reflectances of five different crop canopies. **Canadian Journal of Remote Sensing**, Ottawa, v.14, p.46-55, 1988.

PONZONI, F.J. Comportamento espectral da vegetação. In: MENESES, P.R.; MADEIRA NETTO, J.S. **Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais**. Brasília: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. p.157-195.

READ, J.J.; WHALEY, E.L.; TARPLEY, L.; REDDY, R. Evaluation of a hand-held radiometer for field determination of nitrogen status in cotton. **American Society of Agronomy Special Publication** Number 66. p. 177-195, 2003.

STAUT, L. A.; KURIHARA, C. H. Calagem e adubação. In: **Algodão: tecnologia de produção**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2001. p. 103-122.

TARPLEY, L.; REDDY, K.R.; SASSENATH COLE, G.F. Reflectance indices with precision and accuracy in predicting cotton leaf nitrogen concentration. **Crop Science**. 2000.