

## Sensoriamento remoto na detecção de deficiência de nitrogênio em algodoeiro

Anamari Viegas de Araujo Motomiya<sup>1,2</sup>

José Paulo Molin<sup>2</sup>

Carlos Tadeu dos Santos Dias<sup>2</sup>

Vanessa Pucci de Toledo Lima<sup>2</sup>

Ederaldo José Chiavegato<sup>2</sup>

Flávia Roncato Frasson<sup>2</sup>

<sup>1</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>2</sup>Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Esalq/USP  
Av. Pádua Dias, 11 – 13.418-900 – Piracicaba – SP, Brasil  
{jpmolin; ctsdias, vtoledo, ejchiave}@esalq.usp.br; flafrasson@yahoo.com.br

**Abstract:** This work aimed to evaluate the effect of variation of nitrogen levels on the detection of its content on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) leaves using reflectance properties by an optical active sensor. The experimental design was a randomized block setup and treatments consisted on five levels of nitrogen fertilization (0, 50, 100, 150 and 200 kg of N.ha<sup>-1</sup>) with four repetitions. The readings of NDVI and the ratio RED/NIR was accomplished in the period of 23 to 92 days after the emergency (DAE), with the total of 9 visits. The values of NDVI presented a growing tendency along the period of readings, while RED/NIR had an inverse behavior. Starting from 45 DAE, the values of NDVI and RED/NIR were significantly affected by the levels of N applied and, to 92 DAE, NDVI presented a positive linear relationship with N leaves. The sensor shown to be a potential tool for detection nitrogen deficiency in cotton at presented conditions.

**Palavras-Chave:** precision agriculture, active optical sensor, nutritional state, agricultura de precisão, sensor óptico ativo, estado nutricional.

## 1. Introdução

O desenvolvimento e modernização da agricultura têm exigido a utilização de grandes quantidades de insumos, o que, por um lado, tem aumentado a produtividade das culturas, mas por outro, pode ter efeitos danosos ao meio ambiente. Diante deste dilema, a aplicação regionalizada de insumos, de acordo com as necessidades específicas dentro de uma lavoura permite a otimização na utilização de insumos, sem prejuízos à produtividade e respeitando o equilíbrio ambiental. O nitrogênio é um dos insumos que têm frequentemente causado problemas de mau uso, devido à variabilidade dos processos de mineralização, lixiviação, denitrificação e absorção pela cultura (Booij et al., 2001).

A deficiência de nitrogênio causa mudanças previsíveis no desenvolvimento e composição das folhas das plantas, e indiretamente causa mudanças na distribuição espectral de radiação refletida pelas folhas de plantas deficientes (Tarpley et al., 2000). O monitoramento do status de nitrogênio numa cultura é um pré-requisito para a aplicação de fertilizante com precisão temporal e, segundo Read et al. (2003), as mudanças no estado nutricional do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) podem ser determinadas diretamente em um laboratório por análise química de amostras de tecido ou indiretamente no campo medindo a reflectância foliar em estreitos comprimentos de onda. Em parte, isto ocorre por que a reflectância na região visível do espectro eletromagnético (300-700 nm) varia como uma função da concentração de clorofila na folha, a qual está relacionada com o nitrogênio foliar.

Quando as plantas estão sujeitas ao estresse, ocorre aumento nas concentrações de carotenóides e redução na produção de clorofila, o que causa menor absorção de energia pelas folhas e, portanto, um aumento na refletância visível e, assim, a planta aparecerá amarela ou clorótica, devido ao aumento das concentrações de carotenóides (Young e Britton, 1990 citados por Ferri, 2002).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da variação de doses de nitrogênio na detecção do teor de nitrogênio foliar utilizando propriedades de reflectância através de um sensor óptico ativo.

## 2. Material e Métodos

O estudo foi conduzido na área experimental do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP, em Piracicaba, SP, com coordenadas geográficas 22°42'30" S e 47°38'00" W, com altitude média de 546 m e relevo suave ondulado. O solo da área de estudo pertence à classe Nitossolo Eutrófico, textura argilosa.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 parcelas. Cada parcela teve as dimensões de 3,6 m x 5,0 m, (área total de 18 m<sup>2</sup>). Foram descartadas uma linha de bordadura de cada lado da parcela e 0,5 m nas outras duas extremidades. Desta forma, os dados foram coletados em duas linhas centrais de 4,0 m de comprimento.

A semeadura do algodão, cultivar Delta Opal, foi realizada manualmente, em espaçamento de 0,90 m, no dia 14/03/2006. A adubação de semeadura foi realizada de acordo com a análise do solo, sendo aplicado o correspondente a 250 Kg .ha<sup>-1</sup> da fórmula 8-28-16. Os tratamentos fitossanitários e demais tratos culturais foram realizados para garantir o bom desenvolvimento das plantas, de maneira uniforme em todos os tratamentos. A emergência das plantas ocorreu no dia 20/03/06.

Os tratamentos consistiram das seguintes doses de N, aplicadas em cobertura e parceladas em três aplicações: 0, 50, 100, 150 e 200 kg.ha<sup>-1</sup>, utilizando como fonte o fertilizante uréia. As adubações de coberturas com uréia foram realizadas nos dias 11/04/06, 26/04/06 e 10/05/06,

respectivamente aos 22, 37 e 45 dias após a emergência das plantas (DAE) e sempre seguidas de capina manual, incorporação do adubo e irrigação. No dia 12/04/06 foi realizado o raleio de plantas, a fim de se obter o estande de 10 pl/m linear.

As leituras do Índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) e da razão simples vermelho/infravermelho próximo (RED/NIR) foram realizadas no período de 23 a 92 dias após a emergência, totalizando 9 datas de coleta de dados, utilizando-se um sensor óptico ativo comercial (GreenSeeker Hand Held™, NTech Industries, Inc., Ukiah, CA), com dois LEDs que emitem a luz em dois comprimentos de onda, vermelho (660 nm) e infravermelho próximo (770 nm), e a luz refletida sendo captada pelo detector. A partir da refletância obtida nos dois comprimentos de onda, o cálculo do NDVI e da razão simples RED/NIR é automático. A altura de trabalho do sensor, segundo o fabricante, é entre 80 e 120 cm de distância entre o sensor e o alvo. Dentro deste intervalo o sensor é insensível à variação na altura, não alterando o valor do NDVI.

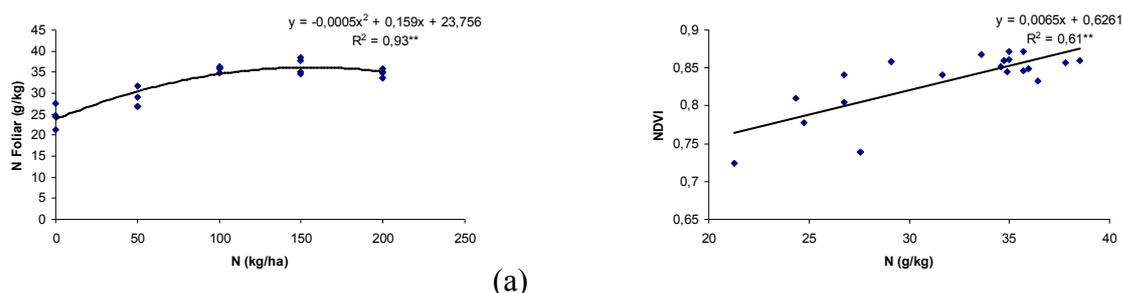
A amostragem de tecido foliar foi realizada aos 92 DAE, com a cultura iniciando o estágio de florescimento, através de uma amostra composta de 20 folhas por parcela, para determinação dos teores de nitrogênio.

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

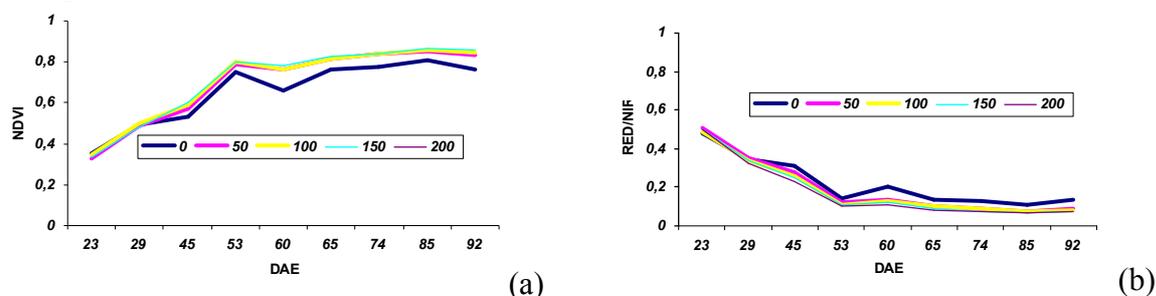
Devido às baixas temperaturas durante o período de condução do experimento, as plantas apresentaram desenvolvimento lento, não atingindo o florescimento pleno até os 90 DAE. Edmisten (2003) afirma que o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo do algodão é fortemente relacionado à temperatura quando se encontra umidade adequada no solo. Segundo Albers (2005), o crescimento da plantas de algodão depende da combinação de três fatores: radiação solar, utilizada por folhas saudáveis para a produção de carboidratos; temperatura, para um rápido desenvolvimento da planta, e do sistema radicular saudável para absorção de nutrientes necessários para a estrutura básica das plantas e para o desenvolvimento de novas estrutura.

Na **Figura 1a** é possível observar o comportamento quadrático do teor de N no tecido foliar aos 92 DAE em relação às doses de N aplicadas. Os teores foliares médios de N foram baixos nas doses de 0 e 50 kg.ha<sup>-1</sup> de N, enquanto que nas demais manteve-se dentro da faixa de teores adequados (35 – 43 g/kg), segundo critérios estabelecidos por Silva et. al (1995). Aos 92 DAE, o NDVI apresentou uma relação linear positiva com o teor foliar de N (**Figura 1b**), o que pode indicar que não houve saturação ou consumo de luxo de N pelas plantas, mesmo nos tratamentos com doses mais elevadas.



**Figura 1.** (a) Relação entre doses de N aplicadas e teores foliares de N aos 92 DAE; (b) regressão linear simples entre o teor de N foliar e o NDVI aos 92 DAE.

Os valores de NDVI apresentaram uma tendência crescente ao longo do período das leituras (**Figura 2a**), enquanto o RED/NIR teve um comportamento inverso (**Figura 2b**). Outros fatores também interferem na reflectância do dossel, entre eles, a maior porcentagem de área descoberta no início do desenvolvimento da cultura. Com o decorrer do experimento, há um aumento de diferença entre o NDVI decorrente da resposta das plantas à adubação nitrogenada.



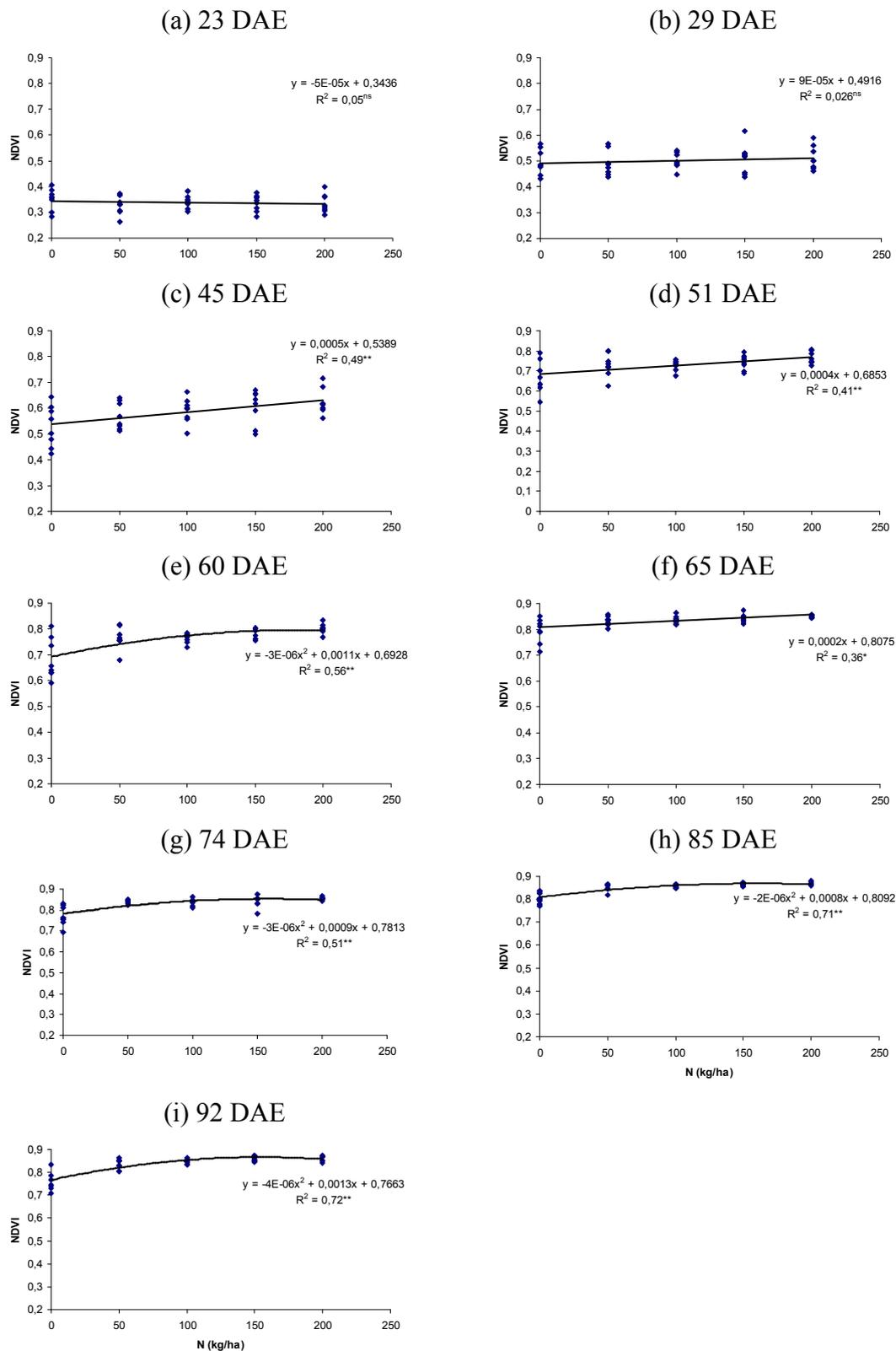
**Figura 2.** Gráfico de Perfis para (a) NDVI e (b) razão simples RED/NIR.

Os valores do coeficiente de variação (CV) para o NDVI foram baixos e tiveram uma tendência de diminuição com o decorrer do experimento (**Tabela 1**), com valor máximo de 9,8 aos 23 DAE e mínimo de 1,4 aos 85 DAE. A razão simples RED/NIR apresentou valores de CV crescentes ao longo do período e, geralmente, maiores do que os do NDVI, exceto na primeira leitura (CV de 7,24%), embora os valores tenham sempre ficado abaixo de 20% (exceto na 4ª leitura, quando o CV chegou a 20,4%).

As relações entre as doses de N aplicadas e a resposta da cultura através do NDVI são apresentadas na **Figura 3**. A primeira leitura foi realizada logo após a aplicação da primeira adubação de cobertura nitrogenada, logo, era previsível que não haveria diferenças entre os tratamentos, pois o N aplicado não havia sido completamente absorvido e tampouco metabolizado (**Figura 3a**). A partir da terceira leitura (45 DAE), os valores de NDVI e RED/NIR foram afetados significativamente pelas doses de N aplicadas.

**Tabela 1.** Valores da média e coeficientes de variação para as leituras de NDVI e RED/NIR em função do período de coleta de dados (dias após a emergência – DAE).

	NDVI	RED/NIR	NDVI	RED/NIR	NDVI	RED/NIR
DAE	23		29		45	
Média	0,339	0,495	0,498	0,339	0,584	0,264
CV	9,8	7,2	8,0	10,0	8,4	15,7
DAE	51		60		65	
Média	0,725	0,159	0,758	0,138	0,832	0,090
CV	5,1	20,4	4,5	17,6	2,6	16,0
DAE	74		85		92	
Média	0,830	0,090	0,849	0,079	0,833	0,089
CV	3,1	16,1	1,42	9,3	2,2	12,9



**Figura 3:** Relação entre doses de N aplicadas e NDVI aos: (a) 23, (b) 29, (c) 45, (d) 51, (e) 60, (f) 65, (g) 74, (h) 85, e (i) 92 DAE respectivamente.

#### 4. Conclusões

O sensor utilizado mostrou-se uma ferramenta potencial para a detecção da deficiência de nitrogênio na cultura do algodoeiro nas condições apresentadas. Novos estudos estão em andamento para verificar a resposta em época normal e favorável para a cultura.

## 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.

Booij, R. Uenk, D.; Lokhorst, C; Sonneveld, C. Monitoring crop nitrogen status in potatoes, using crop light reflection. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 3., 2001,. Montpellier. **Proceedings...** Montpellier: Agro Montpellier, 2001. p. 893-897.

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

Ferri, C.P. **Utilização da reflectância espectral para estimativa de pigmentos fotossintéticos em dosséis de soja** [*Glycine max* (L.) Merrill]. 2002, 173 f. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto). São José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE / MCT), 2002.

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.

Silva, N. M. Nutrição mineral e adubação do algodoeiro no Brasil. In: Cia, E.; Freire, E. C.; Santos, W. J. (Ed.). **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: POTAFOS, 1999. p.57-92.

Sui, R.; Wilkerson, J.B.; Hart, W.E.; Wilhelm, L.R., Howard, D.D. Multi-spectral sensor for detection of nitrogen status in cotton. **Applied Engineering in Agriculture**, v.21, n.2, p.167-172, 2005

Tarpley, L.; Reddy, K.R.; Sassenrath Cole, G.F. Reflectance indices with precision and accuracy in predicting cotton leaf nitrogen concentration. **Crop Science**. 2000.

Zhao, D.; Reddy, R.K.; Kakani, V.G.; Read, J.J.; Koti, S. Selection of optimum reflectance ratios for estimating leaf nitrogen and chlorophyll concentrations of field-grown cotton. **Agronomy J.**, 97:89-98, 2005.