



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

PREDIÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DO ÍNDICE SPAD PARA O ALGODOEIRO NO SEMI-ÁRIDO.

Ziany Neiva Brandão¹; Valdinei Sofiatti²; Gilvan Barbosa Ferreira³; Rosiane de Lourdes Silva de Lima⁴; Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão⁵; Bernardo Barbosa da Silva⁶.

RESUMO

Avaliações precisas dos teores foliares de nitrogênio são necessárias no gerenciamento de uma cultura para garantir alta produtividade e evitar danos ambientais. Entretanto, métodos laboratoriais para quantificar o N foliar, além de caros são demorados. O objetivo desse trabalho foi avaliar a precisão das leituras do SPAD-502 da Minolta, na determinação precoce do teor foliar de N e na produtividade do algodoeiro, proporcionando subsídios para recomendação da adubação nitrogenada em tempo real. Adotou-se delineamento de blocos casualizados com 3 repetições. Os tratamentos foram dispostos em esquema de parcela subdividida no tempo, tendo nas parcelas os efeitos de quatro doses de N, (0, 90, 180 e 270 kg ha⁻¹) e nas subparcelas quatro épocas de avaliação, (40, 60, 80, 100 DAE). Foram determinados teores foliares de N, índice SPAD e a produtividade. As leituras obtidas com o SPAD-502 possibilitaram a obtenção de modelos matemáticos para a predição do teor de N nas folhas do algodoeiro de maneira simples e com elevado grau de precisão. É possível corrigir a deficiência de nitrogênio na cultura e restaurar total ou parcialmente sua produtividade, usando doses suplementares delimitadas a partir do índice SPAD entre os 40 e 90 dias após a emergência aplicada via fertirrigação.

Palavras-chaves: *Gossypium hirsutum*, nutrição mineral, óxido nitroso, danos ambientais, produtividade.

PREDICTING NITROGEN FERTILIZATION USING SPAD INDEX FOR COTTON IN SEMI-ARID REGION

ABSTRACT

Accurate assessments of leaf nitrogen content are needed to ensure high productivity in crop management and prevent environmental damages. However, laboratory methods of quantifying N content are costly and time consuming. The objective of this study was to evaluate the accuracy of the Minolta SPAD-502 readings for early assessing of leaf N content and cotton yield, providing subsidies for real-time recommendation of nitrogen fertilization. It was used a randomized block design with 3 replications. The treatments were arranged in a split-plot in time, where was evaluated the effects of four N doses, (0, 90, 180 and 270 kg ha⁻¹) into plots, and the effects of four evaluation seasons, (40, 60, 80, 100 DAE) in the subplots. Were done assessments when was determined the leaf nitrogen content and the SPAD index during the evaluation seasons and at the harvest the yield. The readings of the SPAD-502 allowed figure out mathematical models for predicting the content of N in cotton leaves in a simple way and with high precision. It's possible to correct the crop nitrogen deficiency and restore partially or totally the yield, using nitrogen supplementation rates obtained with SPAD index from 40 until 90 days after emergence applied by *fertirrigation*.

Keywords: *Gossypium hirsutum*, mineral nutrition, nitrous oxide, environmental damages, yield

Trabalho recebido em 19/08/2009 e aceito para publicação em 21/10/2009.

¹ Doutoranda em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Campina Grande, PB. Endereço: Rua Oswaldo Cruz, 1143, CEP: 58428-095, Campina Grande-PB. e-mail: ziany@cnpa.embrapa.br;

² Pesquisador, Doutor, Embrapa Algodão, Campina Grande, PB. e-mail: vsofiatti@cnpa.embrapa.br;

³ Pesquisador, Doutor, Embrapa Roraima, Roraima, RR. e-mail: gilvan@cpafrr.embrapa.br;

⁴ Pesquisadora, Doutora, Bolsista DCR pelo CNPq, Fapesq-PB, Campina Grande, PB. e-mail: rosianelima@yahoo.com.br;

⁵ Pesquisador, Doutor, Embrapa Algodão, Campina Grande, PB. E-mail: napoleao@cnpa.embrapa.br;

⁶ Professor, Doutor, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, UFCG, Campina Grande, PB. e-mail: bernardo@dca.ufcg.edu.br;

1. INTRODUÇÃO

O gerenciamento da adubação nitrogenada é uma das práticas mais importantes para obtenção de altas produtividades nos sistemas de produção do algodoeiro. Tanto a deficiência como o excesso de nitrogênio (N), influencia negativamente o crescimento da planta, a retenção de frutos, a qualidade da fibra e a produtividade (REDDY et al., 2004; GERIK et al., 1998). Nesse sentido, o fornecimento insuficiente de N resulta, frequentemente, em redução da área foliar, menor capacidade fotossintética e menor produção de biomassa, resultando em má qualidade da fibra e redução da produtividade (REDDY et al., 2004; ZHAO & OOSTERHUIS, 2000). Entretanto, mesmo com o aumento constante da adubação nitrogenada, a produtividade do algodoeiro não tem crescimento contínuo, devido ao crescimento vegetativo abundante, que é limitante à luz em densas camadas de folhas, aumentando a abscisão dos frutos, reduzindo a produtividade e qualidade da fibra (HUTMACHER et al., 2004).

O uso de fertilizantes nitrogenados numa cultura pode ser minimizado através de um apropriado monitoramento e diagnóstico do estado nutricional das plantas (HUETT et al., 1997) que envolve tradicionalmente a análise dos teores de N

na massa seca das folhas e posterior interpretação dos resultados. Porém, a utilização da análise foliar apresenta limitações, devido ao tempo gasto entre a tomada das amostras e a obtenção dos dados laboratoriais.

Apesar de adicionado em grandes quantidades na adubação em quase todas as culturas, grande parte do N é perdido no solo. A perda desse nutriente ocorre não só durante o processo de desnitrificação, que é o processo pelo qual o nitrogênio volta à atmosfera sob a forma de gás quase inerte (N_2), mas também com a lixiviação do nitrato. Estas perdas representam, em média, 30% do N aplicado ao solo em áreas de algodão irrigado (BRONSON et al., 2007). Por outro lado, a perda de N como óxido nitroso (N_2O), que é um gás que ocasiona efeito estufa, é um problema ambiental que tem levado diversas pesquisas científicas à busca de métodos capazes de melhorar o gerenciamento da aplicação desse fertilizante nas culturas e determinar o ponto de eficiência do uso do nitrogênio, de forma a garantir a suficiência desse nutriente para alcançar altas produtividades do algodoeiro e ao mesmo tempo reduzir a possibilidade de danos ambientais (ROCHESTER et al., 2009).

Na maioria dos solos cultivados, plantas com deficiência desse elemento são

comuns, sendo caracterizadas por um amarelecimento generalizado das folhas, que se inicia pelas folhas mais velhas (MALAVOLTA, 1980). Devido à complexidade e às interações entre os processos de transformação do nutriente no solo e as condições climáticas, é difícil um diagnóstico preciso da necessidade de adubação nitrogenada para cada cultura.

Atualmente, muitos estudos em agricultura de precisão têm utilizado o sensoriamento remoto em tempo real para diagnosticar o estado nutricional das plantas. Dentre as técnicas mais recentes, destaca-se a análise da intensidade do verde das folhas, pelo fato de haver correlação significativa entre a intensidade do verde, o teor de clorofila e o teor de N foliar (ROCHESTER et al., 2009; MALAVOLTA, et al., 2004; ZHAO & OOSTERHUIS, 2000). Nesse sentido, os clorofilômetros portáteis, que têm sido preconizados como uma forma alternativa de avaliar a deficiência de N em algumas culturas, vêm sendo utilizados para obtenção de resposta rápida e não destrutiva na estimativa do conteúdo de clorofila nas folhas.

Esses equipamentos possuem diodos emissores em 650 nm (faixa do vermelho no espectro eletromagnético) e 940 nm (infravermelho próximo). Seu princípio se baseia no fato de que a clorofila possui

picos máximos de absorção em 665 nm e 465 nm. Assim, a luz que passa através da folha é recebida por um fotodiodo, e após conversão, o sinal é processado e apresentado na forma de um número digital, que pode ser associado ao conteúdo de clorofila presente na folha, sendo chamado de índice do clorofilômetro (ARGENTA et al., 2001; MINOLTA, 1989). Apesar da absorbância das clorofilas ser muito eficiente em 650 nm, é desprezível em 940 nm (MINOLTA, 1989). O sinal originado da emissão em 940 nm serve para compensar fatores externos como o conteúdo de água ou diferenças na espessura da folha que venham a interferir na transmitância da luz (WASKOM, 1996).

Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar a eficiência do clorofilômetro portátil na predição dos teores de N foliar em diferentes estádios fenológicos da cultura, bem como sua relação com a produtividade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo pertencente a Embrapa Algodão/EMPARN situada no município de Apodi, no Rio Grande do Norte, com coordenadas 5°37'19" S e 37°49'06" W e altitude média de 129 m. O clima da região é caracterizado como

tropical quente e semi-árido com predominância do tipo BSw'h', da classificação climática de Köppen. Os solos da área são classificados como

cambissolos eutrófico e os resultados da análise química antes da correção e instalação do experimento são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Características químicas do solo, coletado em três profundidades, no campo experimental, localizado em Apodi, RN.

Profundidade (cm)	pH	MO (g kg ⁻¹)	P (mg kg ⁻¹)	Na ⁺ (cmol _c .dm ⁻³)	K ⁺ (cmol _c .dm ⁻³)	Ca ²⁺ (cmol _c .dm ⁻³)	Mg ²⁺ (cmol _c .dm ⁻³)	H ⁺ +Al ³⁺ (cmol _c .dm ⁻³)	SB (cmol _c .dm ⁻³)	CTC (cmol _c .dm ⁻³)
0-20	6,20	3,92	23,69	0,83	0,69	5,00	2,40	2,47	8,92	11,40
20-40	6,10	2,40	20,92	0,63	0,54	5,80	2,90	2,14	9,87	12,01
40-60	6,20	2,40	20,92	0,53	0,40	6,50	2,50	1,82	9,93	11,74

O experimento consistiu de uma combinação fatorial em esquema de parcela dividida no tempo, sendo o fator alocado na parcela as doses de N, (0, 90, 180 e 270 kg ha⁻¹), e nas subparcelas as quatro épocas de avaliação (40, 60, 80, 100 dias após a emergência (DAE)). Adotou-se delineamento de blocos casualizados com 3 repetições sendo as parcelas constituídas por 13 linhas espaçadas de 0,9 m com 15 metros de comprimento (175,5 m²) com 11 plantas por m².

As doses de nitrogênio foram aplicadas na linha de plantio na forma de uréia, parceladas em duas aplicações, sendo a primeira dose aplicada na semeadura (1/3 da dose), e a segunda dose (2/3 da dose) aos 38 dias após a emergência (DAE). Por ocasião da semeadura foram aplicados na linha de plantio 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅, na forma de

superfosfato triplo, 40 kg ha⁻¹ de K₂O, na forma de cloreto de potássio, 2 kg ha⁻¹ de B, como ácido bórico, além de 25 kg ha⁻¹ de FTE. A cultivar BRS 187 8H foi escolhida por ser de ciclo médio, aproximadamente 130 dias, altamente produtiva e recomendada para o semi-árido. O porte da planta em média é de 1,1 m. Em anos de precipitação regular na região Nordeste sob condições de sequeiro ela pode chegar a produzir 3.000 kg ha⁻¹ e irrigada pode chegar a 4.000 kg ha⁻¹.

Para a determinação do teor de N foliar foram colhidas de 20 plantas representativas, a 5ª folha do algodoeiro a partir do ápice foliar aos, 40 DAE (estádio B₃), 60 DAE (estádio F₃), 80 DAE (estádio C₁) e 100 DAE (C₅), de acordo com a escala de Marur e Ruano (2001). Simultaneamente à coleta das folhas, foram feitas as medições com o

clorofilômetro portátil, obtendo-se a média de 5 leituras por planta, em 20 plantas por parcela, realizadas na 5ª folha completamente expandida a partir do ápice. Ao final do ciclo da cultura foi feita a colheita manual do algodão em caroço sendo a produção convertida em quilos por hectare.

Para determinação do teor de N, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel perfurados, e secadas em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, posteriormente moídas em moinho tipo Willey, passadas em peneira de malha de 20 mesh e posteriormente submetidas à digestão sulfúrica. O N foi dosado pelo método colorimétrico de Nessler (JONES Jr et al., 1991).

A partir das relações da produtividade, dos teores foliares de N e das leituras SPAD com as doses de N aplicadas, determinou-se a dose necessária para atingir 80, 90 e 100% da máxima produtividade. Assim, estimou-se os valores de nitrogênio foliar e SPAD, cujos valores serviram para a elaboração de equações de regressão com as datas das medições, gerando linhas limites de

interpretação para qualquer data compreendida entre os extremos estudados. Do mesmo modo, se fez a confecção da tabela de recomendação de dose corretiva de N a partir do índice SPAD lido em qualquer época no período citado. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F) e regressão polinomial. Foram estimados os pontos de mínimo e/ou máximo das equações por meio da primeira derivada de “Y” em relação à “X”. Foi feita a análise de correlação entre o índice SPAD, a produtividade e o teor foliar de N.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A adubação nitrogenada promoveu aumento significativo nos teores foliares de N, seguindo o modelo polinomial quadrático variando entre 37,25 a 49,77 g kg⁻¹ aos 40 DAE, enquanto que aos 60 DAE, variou de 33,23 a 47,86 g kg⁻¹, como pode ser observado na Figura 1. Os maiores teores foliares observados para esse nutriente nessas datas ocorreram quando se aplicou 183,33 kg ha⁻¹ e 266,67 kg ha⁻¹ de N aos 40 e 60 DAE, respectivamente.

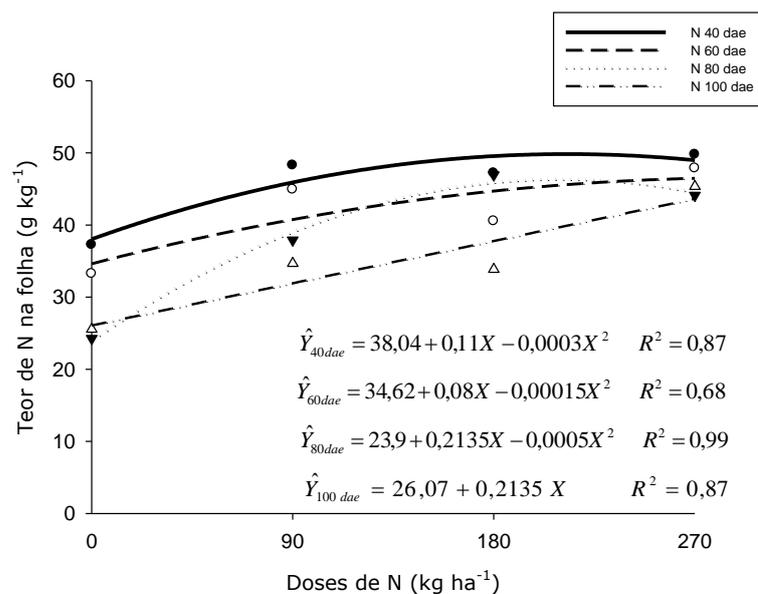


Figura 1. Teores foliares de N em função da adubação nitrogenada determinados em plantas de algodão aos 40, 60, 80 e 100 dias após a emergência (DAE).

De forma similar ao observado aos 40 e 60 DAE, os teores foliares de N aumentaram gradativamente com o incremento das doses de nitrogênio aplicadas, constatando-se teores variando entre 24,26 a 46,93 g kg⁻¹, aos 80 DAE. Com exceção do tratamento testemunha sem aplicação de N, estes valores encontram-se dentro da faixa de suficiência, segundo critérios estabelecidos por Silva et al. (1999), para o algodoeiro no estágio de máximo florescimento, que variam entre 35 a 43 g kg⁻¹. Resultados similares foram obtidos por Motomiya et al. (2009), os quais constataram teores de N na faixa de 34, 66 g kg⁻¹, no tecido foliar de plantas do algodoeiro em pleno florescimento.

Observa-se nas três primeiras épocas de estudo, que há um incremento nos teores foliares de N com o aumento da dose de fertilizante nitrogenado até a dose de 180 kg ha⁻¹, apresentando tendência à estabilização a partir desta dose. Aos 100 DAE verificou-se resposta linear entre o a adubação nitrogenada e o índice SPAD (Figura 1).

À medida que a folha envelhece, aumentam seus teores de lignina, celulose e de carboidratos, e diminuem a proporção relativa de protoplasma. Assim, com o envelhecimento da planta e início da senescência a concentração de N na folha tende a diminuir. Assim, com a dose de 180 kg ha⁻¹ de N o algodoeiro estava plenamente suprido com nitrogênio, uma vez que algumas pesquisas relatam que

plantas de algodoeiro com teores foliares de N entre 37 a 45 g kg⁻¹ estão bem nutridas para produzir até 5.000 kg ha⁻¹ de algodão em caroço (CARVALHO et al., 2008).

As relações entre as doses de N aplicadas em cobertura e o índice SPAD são apresentadas na Figura 2. Observa-se

que aos 40, 60 e 80 DAE, houve resposta quadrática, apresentando coeficientes de determinação de 0,92, 0,81 e 0,99, respectivamente. Na última leitura, realizada aos 100 DAE, o efeito da adubação nitrogenada nas leituras SPAD se ajustou ao modelo linear, com R² = 0,87.

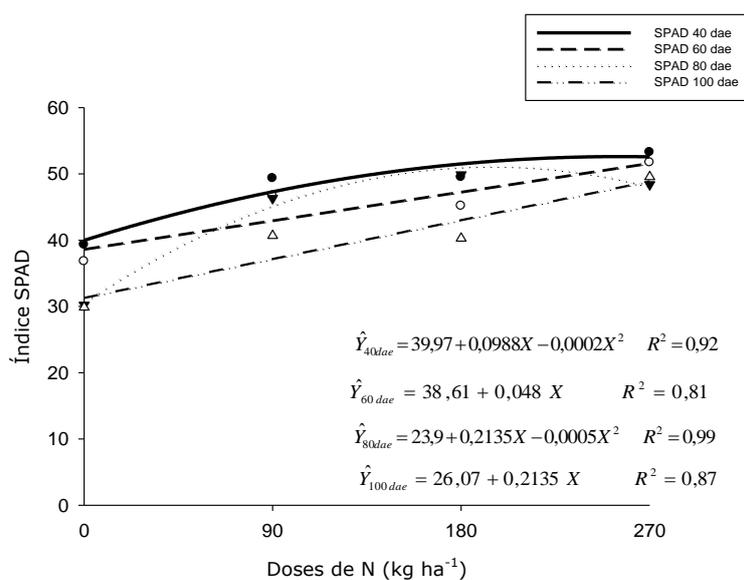


Figura 2. Índice SPAD em função da adubação nitrogenada, determinados em plantas de algodão aos 40, 60, 80 e 100 dias após a emergência (DAE).

A utilização de N pelas plantas é maior durante os estádios de maior crescimento vegetativo, o que explica o alto coeficiente de determinação obtido no período de pleno florescimento. Segundo Schröder et al. (2000) as leituras do SPAD não são boas predictoras do excesso de N porque quando a disponibilidade desse nutriente é alta, nem todo o N é convertido em clorofila. Entretanto, na ocorrência de

deficiência, esta é imediatamente refletida como baixa concentração de clorofila, a qual é medida com precisão pelo SPAD. Os índices do clorofilômetro variaram de 39,30 a 53,25; 36,79 a 51,71; 30,21 a 49,88 e 29,86 a 49,54, aos 40, 60, 80 e 100 DAE respectivamente. Esses dados indicam a tendência de redução do teor foliar de N, que ocorre com o crescimento da planta. Segundo Oosterhuis et al. (2001), durante

o ciclo do algodoeiro, são necessários de 50 a 300 kg ha⁻¹ de N, dependendo da produtividade pretendida, visto que grande parte do nitrogênio disponível na planta vai para a formação dos frutos durante o desenvolvimento das maçãs, havendo redistribuição do N restante para outras partes da planta. Assim, o decréscimo observado no índice SPAD, nas épocas de avaliação, comprovam a redução da disponibilidade de N foliar de acordo com o desenvolvimento dos frutos. Na literatura foram reportados picos diários de consumo de N em torno de 0,6 a 5,7 kg/ha/dia em condições de sequeiro, e de 1,5 a 4,6 kg/ha/dia em condições irrigadas.

Para estimativa das doses de fertilizantes é importante o conhecimento das quantidades totais de nutrientes absorvidos pelo algodoeiro, que, associado aos resultados de análises de solo e ao histórico de adubação, permite uma estimativa adequada do que a planta necessita para obtenção de altas produtividades. De acordo com Rosolem (2001), após a emissão dos primeiros botões florais, até a abertura dos primeiros capulhos, o algodão eleva

consideravelmente sua marcha de absorção de nutrientes, onde para N a absorção é em média de 2,5 a 3,6 kg/ha/dia. Assim, a deficiência de N, no início do estágio de florescimento, permite a tomada de decisão em tempo hábil da necessidade de suplementação desse nutriente garantindo as condições adequadas para obtenção de altas produtividades. Dessa forma, a avaliação dos teores foliares, quando realizada em campo, através do clorofilômetro portátil, pode ser útil para essa rápida resposta.

O índice SPAD, apresentou elevada correlação com os teores foliares de N e com a produtividade, conforme apresentado na Tabela 2. Os coeficientes de correlação observados entre o índice SPAD e os teores foliares de N, mantiveram-se elevados em todos os estádios fenológicos, variando entre 0,92 e 0,99, mostrando grande potencial para substituição das análises químicas feitas em laboratório. Enquanto a correlação entre o teor foliar de N e produtividade variou de 0,65 a 0,99 (Tabela 2), a correlação entre índice SPAD e a produtividade variou de 0,88 a 0,98.

Tabela 2. Análise de correlação simples entre as variáveis dependentes, índice SPAD, N foliar e produtividade estimada de algodão em caroço, nos quatro estádios fenológicos que determinaram as épocas de avaliação.

Variáveis	Índice SPAD*				Teor de N foliar			
	40 DAE	60 DAE	80 DAE	100 DAE	40 DAE	60 DAE	80 DAE	100 DAE
Teor de N foliar	0,99	0,92	0,98	0,99				
Produtividade	0,95	0,89	0,98	0,88	0,93	0,65	0,99	0,81

(*) Todos os valores obtidos foram significativos a 1 % de probabilidade pelo teste t.

Considerando-se a alta correlação do índice SPAD com os teores foliares de N na folha do algodoeiro, foi possível obter modelos matemáticos que estimem os teores foliares de N por meio do índice SPAD obtido em campo. As relações entre

os teores foliares de N e o índice SPAD seguiram tendência linear, para todas as datas de amostragem, com altos coeficientes de determinação, os quais variaram de 0,95 a 0,99, conforme apresentado na Figura 3.

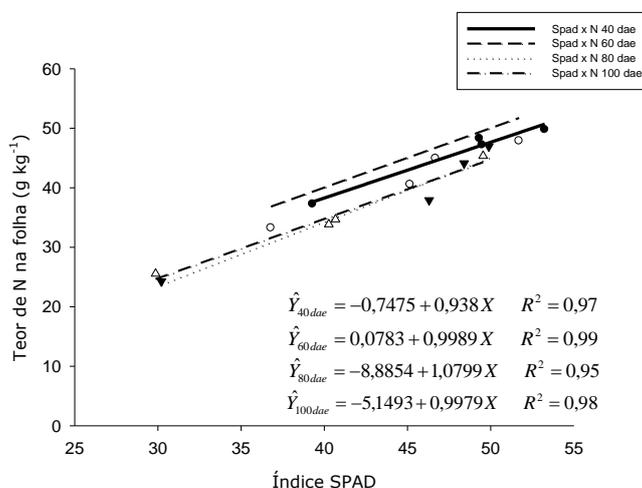


Figura 3. Teores foliares de N em função do índice SPAD, determinados em plantas de algodão aos 40, 60, 80 e 100 dias após a emergência (DAE).

As relações entre os teores foliares de N e a produtividade seguiram o modelo polinomial quadrático, na maioria das épocas de avaliação (Figura 4a). Os valores dos coeficientes de determinação obtidos

para estimativa da produtividade foram de 0,89, 0,82, 0,99 e 0,89, nas amostragens aos 40, 60, 80 e 100 DAE, respectivamente.

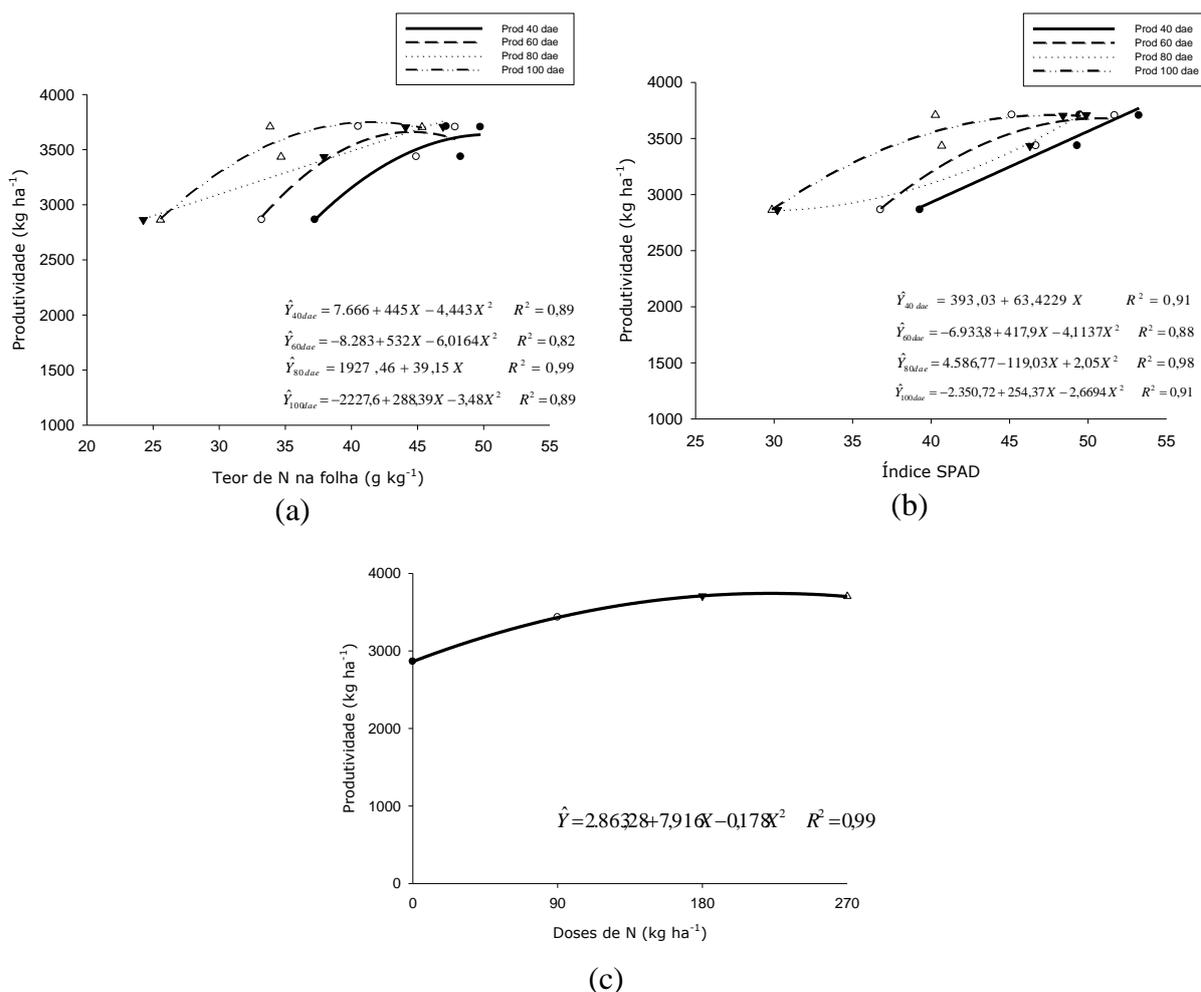


Figura 4. Valores da produtividade do algodoeiro em função de: (a) teores foliares de N, no algodoeiro aos 40, 60, 80 e 100 dias após a emergência (DAE), (b) índice SPAD, aos 40, 60, 80 e 100 (DAE), e (c) doses de N aplicadas.

A produtividade aumentou com a aplicação de doses crescentes de N, (Figura 4c), tendo seu crescimento bem representado também através das leituras SPAD, (Figura 4b). A correlação positiva e elevada entre o índice SPAD aos 40 e 60 DAE e a produtividade de algodão em caroço é importante pelo fato desses estádios compreenderem as épocas mais

indicadas para a aplicação do N em cobertura.

As relações entre o índice SPAD e a produtividade seguiram o modelo polinomial quadrático aos 60, 80 e 100 DAE e linear aos 40 DAE, conforme apresentado na Figura 4b. As leituras SPAD, obtidas em campo apresentaram melhores coeficientes de determinação que o teor de N determinado em laboratório,

sendo esses coeficientes 0,91, 0,88, 0,98 e 0,91, obtidos nas avaliações realizadas aos 40, 60, 80 e 100 DAE, respectivamente.

As equações obtidas, bem como a alta correlação das leituras SPAD com a produtividade (Tabela 2), sugerem que o índice SPAD pode ser utilizado para estimar os teores de N na folha do algodoeiro, que é um parâmetro chave na determinação da produtividade, servindo dessa forma para correção de possíveis deficiências desse nutriente (MALAVOLTA et al., 2004). Assim, para previsão da dose necessária à obtenção da produtividade desejada pelo produtor, foram determinados os valores limites do índice SPAD e os teores foliares de N, bem

como a dose corretiva de nitrogênio com essa finalidade. Na Figura 5a são apresentadas as relações entre uma simples leitura do SPAD, obtidas pelo produtor em qualquer data entre os 40 e 100 DAE, e a provável produtividade que terá a cultura se nenhuma aplicação de nitrogênio for feita naquela época. Efeito semelhante pode ser observado para os teores foliares de N (Figura 5b). É possível observar que valores obtidos abaixo do limite de 80% da máxima produtividade não são desejados. Pode-se então fazer uma classificação das produtividades desejadas a partir dessas linhas-limites obtidas na Figura 5a, traduzidas como baixa, média, alta e muito alta produtividade.

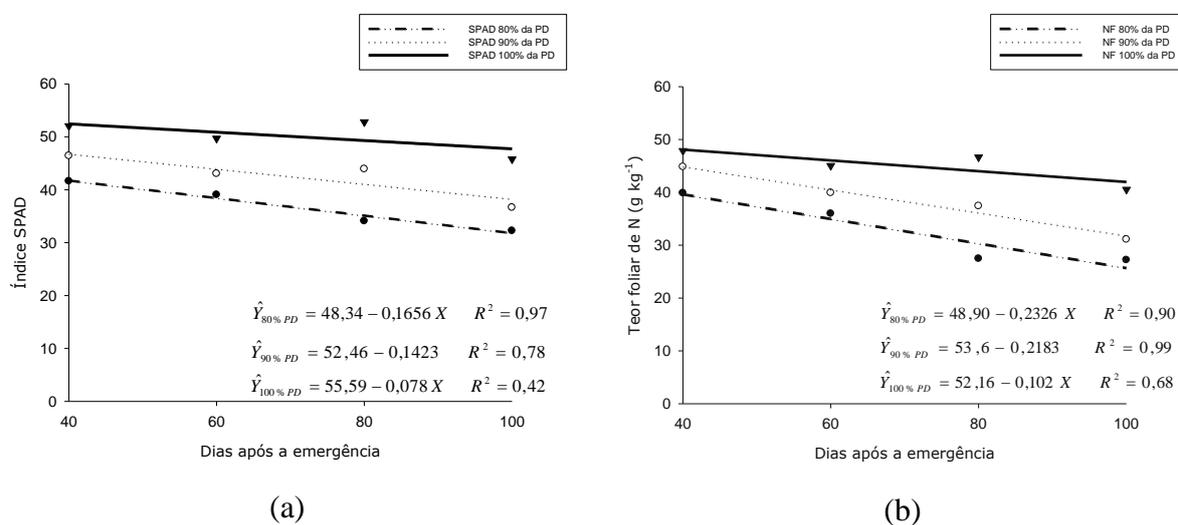


Figura 5. Valor limite do teor de N na folha e do índice SPAD para obtenção de 80, 90 e 100% da produção máxima.

Na Tabela 3 têm-se os valores limites do índice SPAD obtidos em campo,

podendo-se correlacioná-los à dose necessária para a fertilização

complementar em vários estádios fenológicos da cultura, de forma a obter a produtividade desejada. Assim, o produtor pode ser orientado a corrigir adequadamente as possíveis necessidades de nitrogênio para restaurar produtividades acima de 90% do máximo permitido pela cultura. Esses dados são úteis para correção da deficiência desse nutriente até os 70 DAE, sendo menos efetivo para

correção se a deficiência for constatada entre os 71 e 90 DAE. Após os 90 DAE há pouca possibilidade de correção da deficiência com impacto positivo na produtividade. As aplicações de N podem ser realizadas por cobertura ou através da fertirrigação. Esses valores são apenas referenciais para atestar a adequação do manejo nutricional de N na lavoura durante o ciclo no semi-árido.

Tabela 3. Valores limites de índice SPAD e dose corretiva de nitrogênio necessária para elevar a produtividade para diversos percentuais da máxima alcançada nas condições do ensaio estudado.

----- Índice SPAD -----				----- Dose corretiva de N para alcançar: -----				Produtividade (PD)	
30-50*	51-70*	71-90*	91-100*	100% da PD	97,5% da PD	95% da PD	90% da PD	kg/ha	%
unidade				----- kg/ha -----					
39,2	35,7	32,2	28,7	225	157	127	85	2807,0	75,0
41,8	38,5	35,2	31,9	200	132	102	60	3000,0	80,1
44,2	41,1	38,0	34,9	173	105	75	33	3183,5	85,0
46,8	44,0	41,1	38,3	140	72	42	0	3372,5	90,1
49,4	46,9	44,4	41,9	98	30	0	0	3556,9	95,0
50,8	48,5	46,3	44,1	68	0	0	0	3650,2	97,5
51,7	49,7	47,7	45,7	41	0	0	0	3706,8	99,0
52,4	50,8	49,2	47,6	0	0	0	0	3743,1	100,0

* Idade fenológica da planta, considerando uma variação de ± 10 dae, em relação as datas de medições originais de 40, 60, 80 e 100 dae; é pouco provável que haja resposta em produtividade pela correção de deficiência além dos 90 dae.

Técnicas de monitoramento utilizando medidas baseadas na resposta espectral da cultura, além da redução dos custos com coleta de material, permitem uma tomada rápida de decisão, minimizando os riscos de redução da produtividade que o produtor deseja obter (WEI-QUN et al., 2007). Segundo Schröder et al. (2000), devido a sua boa resposta espectral, plantas ricas em N

devem ser usadas como referência para realização de diagnósticos de problemas que interfiram no verde foliar, que não sejam causados por deficiência de N, como por exemplo o ataque de pragas, doenças ou densidade populacional. Dessa forma, as possibilidades de uso do SPAD para monitorar o estado nutricional de planta do algodoeiro podem ser ampliadas.

4. CONCLUSÕES

As leituras obtidas com o clorofilômetro portátil SPAD-502 possibilitaram a obtenção de modelos matemáticos para a predição do teor de N nas folhas do algodoeiro de maneira simples e com elevado grau de precisão, economia de recursos, espaço físico e tempo no processamento de amostras, comumente demandados nestas análises.

A estimativa dos teores de N pelo clorofilômetro pode ser feita a qualquer tempo entre os 40 dias após a emergência e o período de máximo florescimento, possibilitando a intervenção com adubação nitrogenada em cobertura antes que os sintomas visuais de deficiências estejam visíveis e haja comprometimento da produtividade.

É possível corrigir a deficiência de nitrogênio na cultura e restaurar total ou parcialmente sua produtividade, usando doses corretivas delimitadas a partir das leituras de índice SPAD entre os 40 e 90 dias após a emergência aplicada via fertirrigação.

5. REFERÊNCIAS

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; BORTOLINI, C. G. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. **Ciência Rural**, v. 31, p. 715-722, 2001.

BRONSON, K. F.; MALAPATI, A.; NUSZ, J. W. **Canopy spectral reflectance can guide in-season nitrogen fertilization of irrigated cotton**. In: THE WORLD COTTON RESEARCH CONFERENCE, 4. Lubbock, Texas. USA, 2007. Anais ... Lubbock, 2007.

CARVALHO, M. C. S.; FERREIRA, G. B.; CARVALHO, O. S.; SILVA, O. R. R. F.; MEDEIROS, J. C. Nutrição calagem e adubação. In: BELTRÃO, N. E. M., AZEVEDO, D. M. P. (Eds.). **O Agronegócio do Algodão no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v. 2. 1309p.

GERIK, T. J.; OOSTERHUIS, D. M.; TORBERT, H. A. Managing cotton nitrogen supply. **Advances in Agronomy**, v. 64, p. 115-147, 1998.

HUETT, D. O.; MAIER, N. A.; SPARROW, L. A.; PIGGOTT, T. J. Vegetables. In: REUTER, D. J.; ROBINSON, J. B. (Eds.). **Plant Analysis: an interpretation manual**. 2. ed. Collingwood, Australia: CSIRO, 1997. p. 385-464.

HUTMACHER, R. B.; TRAVIS, R. L.; RAINS, D. W.; VARGAS, R. N.;

- ROBERTS, B. A.; WEIR, B. L.; WRIDHT, S. D.; MUNK, D. S.; MMARSH, 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. **Agronomy Journal**, Madison, v. 96, p. 48-62, 2004.
- JONES Jr, J. B.; WOLF, B.; MILLS, H. A. **Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide**. Athens: s. ed., 1991. 213 p.
- MALAVOLTA, E.; NOGUEIRA, N. G. L.; HEINRICH, R.; HIGASHI, E. N.; RODRIGUEZ, V.; GUERRA, E.; OLIVEIRA, S. C.; CABRAL, C. P. Evaluation of nutritional status of the cotton plant with respect to nitrogen. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 35, p.1007-1019, 2004.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.
- MARUR, C. J.; RUANO, O. A reference system for determination of cotton plant development. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 5, p. 313-317, 2001.
- MINOLTA CAMERA CO. **Chlorophyll meter SPAD-502: Instruction Manual**. Osaka: Radiometric Instruments Divisions, 1989. 22p.
- MOTOMIYA, A. V. de A.; MOLIN, J. P.; CHIAVEGATO, E. J. Utilização de sensor óptico ativo para detectar deficiência foliar de nitrogênio em algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 137-145, 2009.
- OOSTERHUIS, D. Physiology and nutrition of high yielding cotton in the USA. **Informações Agronômicas**, n. 95, p. 18-24, 2001.
- REDDY, K. R.; KOTI, S.; DAVIDONIS, G. H.; REDDY, V. R. Interactive effects of carbon dioxide and nitrogen nutrition on cotton growth, development, yield, and fiber quality. **Agronomy Journal**. v. 96, p. 1148–1157, 2004.
- ROCHESTER, I.; CEENEY S.; MAAS, S.; GORDON, R.; HANNA, L.; HILL, J. **Monitoring nitrogen use efficiency in cotton crops**. Cotton Catchment Communities CRC. Disponível em: <http://www.crdc.com.au/uploaded/f>

- ile/E-
Library/Climate%20Change%20July%202009/Cotton%20NUE%20Monitoring%202008.pdf. Acesso em 2009.
- ROSOLEM, C. A. Problemas em nutrição mineral, calagem e adubação do algodoeiro. **Informações Agronômicas**, n. 95, 2001. 17p. (Encarte Técnico).
- SCHRÖDER, J. J.; NEETESON, J. J.; OENEMA, O.; STRUIK, P. C. Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production? Reviewing the state of the art. **Field Crops Research**, v. 66, p. 151-164, 2000.
- SILVA, N. M. Nutrição mineral e adubação do algodoeiro no Brasil. In: CIA, E.; FREIRE, E. C.; SANTOS, W. J. **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: IAC, 1999. p. 57-92.
- WASKOM, R. M.; WESTFALL, D. G.; SPELLMAN, D. E.; SOLTANPOUR, P. N. Monitoring nitrogen status of corn with a portable chlorophyll meter. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. v. 27, p. 545-560, 1996.
- WEI-QUN, Q.; WANG, S-H.; CHEN, B-L.; WANG, Y-H.; ZHOU, Z-G. SPAD value of cotton leaves on main stem and nitrogen diagnoses for cotton growth. **Acta Agronomica Sinica**. v. 33, n. 6, p. 1010-1017, 2007.
- ZHAO, D.; OOSTERHUIS, D. M. **Nitrogen application effect on leaf photosynthesis, nonstructural carbohydrate concentrations and yield of field-grown cotton**. In: OOSTERHUIS, D. M. (Ed.), Proceedings ... Arkansas: National Cotton Research, 2000. p. 69-71. (AAES Special Report 198).