



ADUBAÇÃO NITROGENADA NA SUCESSÃO BRAQUIÁRIA/ALGODÃO EM SISTEMA PLANTIO DIRETO COM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO CERRADO*

Maria da Conceição S. Carvalho (Embrapa Algodão / mcscarva@cnpa.embrapa.br), Kézia A. Barbosa e André da Silva Teobaldo (Fundação GO), Marisa de C. Piccolo e Claudia Vieira Brasil (CENA/USP)

RESUMO - O nitrogênio (N) é o nutriente absorvido em maior quantidade pelo algodoeiro e o seu manejo em sistema plantio direto com integração lavoura-pecuária precisa ser aprimorado. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência da antecipação de 25%, 50%, 75% e 100% da adubação nitrogenada de cobertura do algodoeiro (dose única de 120 kg/ha de N) para o pré-plantio na gramínea antecessora (*Brachiaria brizantha*), ou na sua palha, e o restante em uma ou duas adubações de cobertura, comparada com a adubação convencional em duas aplicações de cobertura. Para isso, conduziu-se um experimento de campo em Montividiu, GO, na safra 2005/2006, cujos tratamentos foram dispostos em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. A adubação nitrogenada proporcionou aumento de produtividade de 16,7% de algodão em caroço e 17,8% de pluma. Independentemente da época de aplicação, a antecipação da adubação do algodoeiro para o pré-plantio proporcionou a mesma produtividade que a adubação convencional e, adicionalmente, maior produção de palha, incorporação do nitrogênio aplicado na biomassa (planta de cobertura, biomassa microbiana) e liberação controlada do N pelo processo de mineralização, possibilitando a sua absorção pelas plantas do algodoeiro no período de maior exigência.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum*, nitrogênio, épocas de aplicação, biomassa microbiana do solo

INTRODUÇÃO

A região do Cerrado é responsável por mais de 85% da produção de algodão no Brasil. O nitrogênio é o nutriente absorvido em maior quantidade pelo algodoeiro que acumula, durante o seu ciclo, de 50 até 85 kg de N para produzir uma tonelada de algodão em caroço (FERREIRA e CARVALHO, 2005), havendo necessidade de adubação para complementar a quantidade fornecida pelo solo. No Cerrado, a integração lavoura-pecuária em sistema plantio direto tem se destacado como um sistema de manejo que agrega ganhos de produtividade e melhoria da qualidade do solo. As espécies de braquiária (*Brachiaria* spp), utilizadas para forragem e cobertura de solo, possuem várias características desejáveis como antecessoras à cultura do algodoeiro, tais como: elevada produção de biomassa, persistência da palha até a colheita, sistema radicular agressivo e profundo - que lhe confere elevada capacidade de reciclagem de nutrientes e aporte de carbono no solo -, eficiência na supressão de plantas daninhas e no controle de nematóides, dentre outras (LAMAS e STAUT, 2005).

Convencionalmente, recomenda-se que a adubação nitrogenada do algodoeiro seja parcelada, fornecendo-se parte da dose no plantio (10 a 25 kg/ha de N) e o restante em duas aplicações de cobertura, entre as fases de abotoamento (B1) e florescimento (F1), de modo que o nutriente esteja disponível no período de máxima absorção pela planta (SILVA, 1999; ROSOLEM, 2001). Com a adoção do sistema plantio direto (SPD) a dinâmica dos nutrientes no solo é alterada, exigindo novas

* Apoio financeiro: FIALGO, Fundação GO, EMBRAPA e FAPESP

linhas de pesquisa, cujos resultados possam direcionar os produtores para o manejo mais eficiente do uso de fertilizantes. Nesse contexto, uma das alternativas que merece mais investigação da pesquisa é a antecipação do total ou de parte da adubação nitrogenada de cobertura do algodoeiro para a gramínea antecessora. Com essa prática o parque de máquinas é melhor aproveitado e espera-se maior desenvolvimento vegetativo da cultura de cobertura, que será dessecada e os nutrientes liberados pela sua decomposição poderão ser absorvidos pela cultura do algodoeiro, aumentando a ciclagem de nutrientes no sistema.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência da antecipação de parte ou do total da adubação nitrogenada de cobertura do algodoeiro para a gramínea antecessora (*Brachiaria brizantha*) em sistema plantio direto com integração lavoura-pecuária, no Cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na safra 2005/2006 em experimento de campo, instalado na Fazenda Vargem Grande, altitude 800m, em Montividiu, Goiás, numa área cultivada há 15 anos em SPD. Na safra 2004/2005 foram cultivados soja (safra) e milho (safrinha), consorciado com *Brachiaria brizantha*, semeada nas entrelinhas do milho, no Sistema Santa Fé. Após a colheita do milho, o gado ficou pastejando na área até ocorrerem as primeiras chuvas, no final de outubro. O solo é classificado como Latossolo vermelho com as seguintes características físicas e químicas, na camada 0-20 cm, antes da instalação do experimento: teores de areia, silte e argila iguais a 420, 80 e 500 g/kg, respectivamente; pH (CaCl₂)=4,7; MO=34 g/kg; teores de K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, H+Al³⁺ e CTC (em cmol_cdm³) iguais a 0,19, 3,3, 0,9, 3,4 e 7,8, respectivamente. A precipitação total no período de outubro/2005 a abril/2006 foi 2.153 mm. Logo depois do plantio, houve um período de chuvas intensas até 11 de janeiro, com precipitação de 364 mm em 19 dias; após essa data, ocorreu um veranico (durante 19 dias choveu apenas 22 mm).

O experimento constou de catorze tratamentos, descritos na Tabela 1, dispostos no campo em esquema fatorial (2x6)+1+1, em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. As parcelas mediram 40 m² (8m x 5m) com área útil de 18 m² (4 linhas de 5m e espaçamento entre linhas de 0,90 cm). Utilizou-se nitrato de amônio (33% de N) como fonte de nitrogênio. As adubações em pré-plantio (Tab. 1) foram realizadas a lanço, na cobertura, em faixa ao lado do sulco de plantio. A dessecação foi feita vinte dias após a adubação da braquiária.

Tabela 1. Tratamentos resultantes da combinação de adubação nitrogenada de cobertura do algodoeiro antecipada para a cultura de cobertura ou em pré-semeadura (na palha) e no modo convencional (parcelada em duas aplicações de cobertura). Montividiu, Goiás, 2005/2006

Tratamento	Total de N (kg/ha)	Cultura de cobertura* (07/11/05)	Pré-semeadura** (09/12/05)	Semeadura (23/12/05)	Cobertura	
					1ª (31/01/06)	2ª (23/02/06)
1	0	0	0	16	0	0
2	136	0	0	16	60	60
3	136	30	0	16	45	45
4	136	60	0	16	30	30
5	136	60	0	16	60	0
6	136	60	0	16	0	60
7	136	90	0	16	15	15
8	136	120	0	16	0	0
9	136	0	30	16	45	45
10	136	0	60	16	30	30
11	136	0	60	16	60	0
12	136	0	60	16	0	60
13	136	0	90	16	15	15
14	136	0	120	16	0	0

* Adubação superficial a lanço nas culturas de cobertura *B. brizantha* e milheto; ** Adubação superficial a lanço na palha

Realizou-se o plantio em 23/12/2005 com semeadora-adubadora com sementes da cultivar Fibermax 977 (espaçamento 0,90 m entre linhas e 10 sementes por metro) e adubação no sulco com 180 kg/ha da formulação 9-48-00 + 0,8% de boro. Logo após a emergência, aplicou-se o equivalente a 60 kg/ha de K₂O na forma de cloreto de potássio, ao lado da linha de semeadura. A primeira adubação de cobertura foi realizada em 31/01/2006 com nitrato de amônio, em função dos tratamentos, mais o equivalente a 40 kg/ha de K₂O na forma de cloreto de potássio. Na segunda cobertura, em 23/02/2006, além de nitrogênio, em função dos tratamentos, foram aplicados 40 kg/ha de K₂O e 1,8 kg/ha de B.

Antes das duas adubações de cobertura e no período de pleno florescimento foram realizadas medidas do valor SPAD nas folhas (5ª folha a partir do ápice da haste principal) com clorofilômetro portátil Minolta Spad-502, em dez plantas por parcela. Após a leitura, no florescimento, as folhas foram coletadas para análise química, segundo os métodos descritos em Malavolta et al. (1997). Na colheita, em 02/08/2006, foram avaliados o número de capulhos, o peso médio de um capulho, a produtividade de algodão em caroço e em pluma, a altura das plantas e a percentagem de fibra.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Independentemente da época de aplicação, os tratamentos que receberam 120 kg/ha de N, além da adubação no sulco, produziram 16,7% a mais de algodão em caroço e 17,8% a mais de algodão em pluma do que o tratamento testemunha (Tab. 2). As plantas que receberam adubação também ficaram 19 cm mais altas, apresentaram maior peso médio de capulhos, teores mais altos de N e Mg na folha e maior valor SPAD. Ressalta-se que, mesmo no tratamento testemunha, a produtividade média foi alta (4.770 kg/ha), confirmando a importância da matéria orgânica do solo e dos resíduos de culturas antecessoras no fornecimento de nitrogênio para as culturas. A contribuição do solo no fornecimento de N para o algodoeiro pode ser confirmada pela medida dos teores de N inorgânico e das taxas líquidas de mineralização e nitrificação do nitrogênio do solo (Fig. 1), que foram positivas, indicando a predominância do processo de mineralização de nitrogênio, inclusive no tratamento testemunha, nas três épocas avaliadas.

Quando se comparou o grupo de tratamentos onde se aplicou o total ou parte da adubação em pré-plantio (tanto na braquiária como na palhada) com a adubação apenas em cobertura (Tab. 2), o valor SPAD e o teor de N na folha foram as únicas variáveis que apresentaram diferença significativa em favor da adubação em cobertura, porém esse aumento no teor de N pode ser considerado um consumo de luxo, pois não foi convertido em aumento de produtividade. Esses resultados mostram que a antecipação da adubação para a cultura de cobertura do solo e até mesmo para a palhada, em pré-semeadura, foi eficiente nas condições avaliadas. Contudo, este experimento ainda necessita ser repetido por algumas safras agrícolas para confirmar os resultados, sobretudo em anos com condições climáticas diferentes.

Considerando o grupo de tratamentos com aplicação de N em pré-plantio não houve diferença significativa de produtividade, nem de qualquer outra variável apresentada na Tabela 2, entre a aplicação na braquiária ou na palhada. Por outro lado, a antecipação da adubação de cobertura do algodoeiro para a braquiária proporcionou aumento de 57% da produção de palha (dados não mostrados), que é uma vantagem no aspecto de cobertura do solo e ciclagem de nutrientes. Podem-se observar, na Fig. 1, teores mais elevados de N inorgânico no solo no tratamento com antecipação do nitrogênio para a braquiária, a partir do estágio B1 (antes da primeira adubação de cobertura) do ciclo do algodoeiro. Este mesmo tratamento proporcionou, também, maiores taxas líquidas de mineralização e nitrificação do N do solo no estágio F1 (medido na época da segunda adubação de cobertura do algodoeiro), em comparação com a antecipação da adubação na palhada (Fig. 1).

A biomassa microbiana do solo (biomassa C), na época do plantio do algodoeiro, foi menor do que no tratamento testemunha (Fig. 2). Os resultados de biomassa N (Fig. 2) também indicam menor



imobilização de nitrogênio nas células microbianas no tratamento com antecipação 100% da adubação de cobertura do algodoeiro para a braquiária, sobretudo a partir do florescimento do algodoeiro (fase F1 – antes da segunda cobertura). Esses resultados indicam maior velocidade de ciclagem da palha originada da braquiária adubada com nitrogênio, porém com as maiores taxas de mineralização ocorrendo na época do florescimento (Fig. 1) e de elevada demanda de N pelo algodoeiro.



Tabela 2. Resultados de produtividade de algodão em caroço (A.caroço) e em pluma, peso médio de um capulho (Pcap), altura de plantas, número de capulhos por planta (Ncap), valor SPAD e teores foliares de macronutrientes, em função de épocas de aplicação de nitrogênio na sucessão braquiária/algodão em sistema plantio direto”. Montividiu, Goiás, safra 2005/2006

Tratamentos	Pcap	Altura	Ncap	A.caroço	Fibra	Pluma	Spad	N	P	K	Ca	Mg	S
	(g)	(cm)		(kg/ha)	(%)	(kg/ha)							
Comparações testemunha vs. adubado													
Testemunha (16 kg/ha de N no sulco de plantio)	5,00 b	109 b	16,1	4.774 b	42,3	2.030b	47,6 b	42,3 b	3,7	16,3	28,2	4,0 b	4,9
Adubado (16 kg/ha de N no sulco + 120 kg/ha)	5,22 a	128 a	16,4	5.572 a	42,9	2.392a	51,1 a	46,8 a	4,0	17,1	26,8	4,5 a	5,1
Comparações pré-plantio vs. cobertura													
Pré-plantio	5,22	128	16,4	5.587	42,9	2.399	51,0 b	46,6 b	4,0	17,1	26,7	4,5	5,0
Cobertura	5,29	131	16,7	5.413	42,7	2.309	52,1 a	48,8 a	4,1	17,9	27,7	4,5	5,4
Comparações pré-plantio: braquiária vs. palhada													
PP braquiária	5,26	128	16,3	5.546	43,1	2.391	51,3	47,0 a	4,0	17,0	26,9	4,6	5,2
PP palhada	5,17	128	16,4	5.633	42,7	2.409	50,7	46,2 a	3,9	17,1	26,5	4,4	4,9
Comparações pré-plantio na braquiária vs. cobertura													
PP braquiária	5,26	128	16,3	5.546	43,1	2.391	51,3	47,0 b	4,0	17,0	26,9	4,6	5,2
Cobertura	5,29	131	16,7	5.413	42,7	2.309	52,1	48,8 a	4,1	17,9	27,7	4,5	5,4
Comparações pré-plantio na palhada vs. cobertura													
PP na palhada	5,17	128	16,4	5.633	42,7	2.409	50,7	46,2 b	3,9	17,1	26,5	4,4	4,9
Cobertura	5,29	131	16,7	5.413	42,7	2.309	52,1	48,8 a	4,1	17,9	27,7	4,5	5,4
Comparações entre doses em PP na braquiária													
30 kg/ha PP + 90 kg/ha em duas coberturas	5,37	132	16,4	5.896	42,9	2.532	51,4 a	49,0 a	4,3	16,6	27,3	4,8	4,9
60 kg/ha PP + 60 kg/ha em duas coberturas	5,41	131	15,2	5.630	44,0	2.476	51,4 a	47,5 ab	4,0	17,3	26,7	4,8	5,5
60 kg/ha PP + 60 kg/ha na 1ª cobertura (B1)	5,14	130	14,7	5.457	42,6	2.326	51,4 a	46,9 ab	3,9	16,0	27,0	4,8	5,6
60 kg/ha PP + 60 kg/ha na 2ª cobertura (F1)	5,08	126	16,1	5.314	44,0	2.340	51,9 a	46,6 ab	3,7	17,6	27,2	4,6	4,9
90 kg/ha PP + 30 kg/ha em duas coberturas	5,17	122	18,4	5.739	43,4	2.489	52,4 a	46,1 b	4,2	17,0	26,2	4,1	5,4
120 kg/ha PP + 0 kg/ha cobertura	5,39	124	16,9	5.241	43,1	2.256	48,7 b	46,0 b	4,1	17,5	26,8	4,4	4,9
Comparações entre doses em PP na palhada													
30 kg/ha PP + 90 kg/ha em duas coberturas	5,28	132 a	15,3	5.964	42,4	2.528	51,6	45,9 ab	3,7	18,0	25,1	4,7	4,7
60 kg/ha PP + 60 kg/ha em duas coberturas	4,77	130 ab	19,1	5.521	42,9	2.382	50,9	45,7 ab	3,6	18,0	27,7	4,1	4,5
60 kg/ha PP + 60 kg/ha na 1ª cobertura (B1)	4,89	128 ab	16,4	5.554	42,1	2.347	49,8	45,1 b	3,6	17,8	26,4	4,4	4,9
60 kg/ha PP + 60 kg/ha na 2ª cobertura (F1)	5,30	133 a	14,7	5.597	42,9	2.400	51,6	48,4 a	4,3	15,8	26,0	5,0	5,2
90 kg/ha PP + 30 kg/ha em duas coberturas	5,38	127 ab	15,6	5.557	42,9	2.383	48,8	47,6 ab	4,0	16,5	27,1	4,6	4,6



120 kg/ha PP + 0 kg/ha em cobertura	5,40	116 b	17,2	5.531	43,3	2.383	51,4	45,0 b	4,2	16,8	27,0	5,0	5,2
-------------------------------------	------	-------	------	-------	------	-------	------	--------	-----	------	------	-----	-----

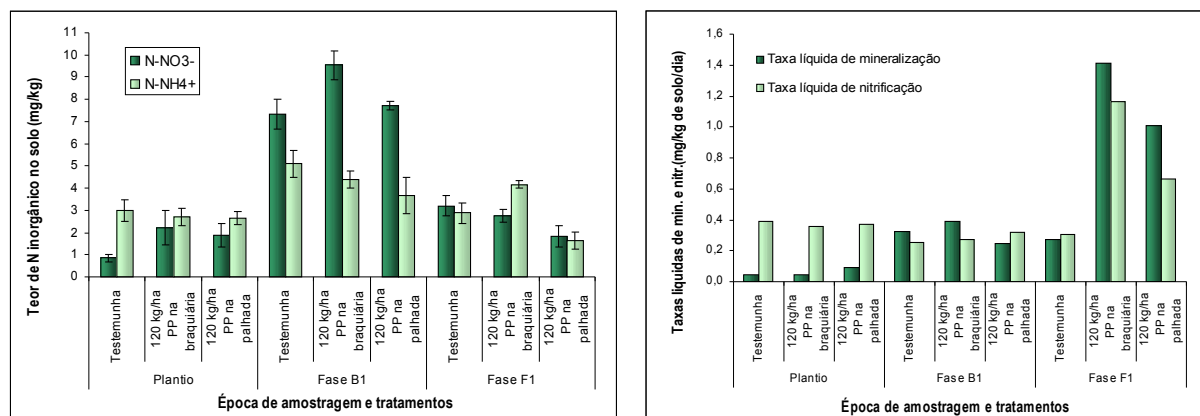


Figura 1. Teores de N-NH_4^+ e N-NO_3^- e taxas líquidas de mineralização e nitrificação do nitrogênio, medidos na camada 0-10 cm de solo cultivado com algodoeiro sem adubação nitrogenada de cobertura (testemunha) e com aplicação de 100% (120 kg/ha de N) da adubação de cobertura antecipada para o pré-plantio na braquiária ou na palhada, em três épocas de avaliação. Montividiu, Goiás, safra 2005/2006

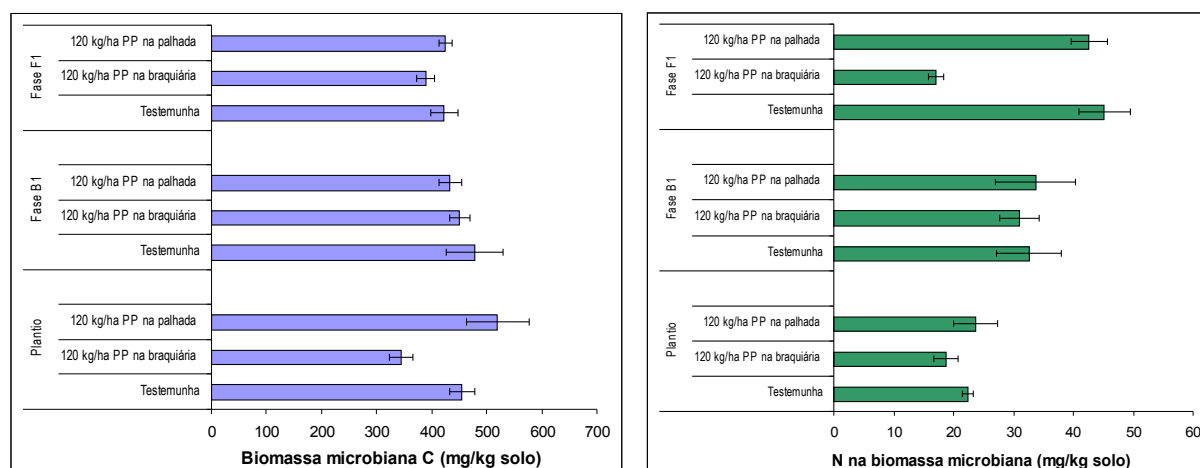


Figura 2. Biomassa microbiana C e N na biomassa microbiana do solo (camada 0-10 cm) nos tratamentos testemunha e com aplicação de 100% (120 kg/ha de N) da adubação 100% de cobertura antecipada para o pré-plantio na braquiária ou na palhada, em três épocas de avaliação. As barras horizontais correspondem aos valores de erro padrão da média. Montividiu, Goiás, safra 2005/2006

O conjunto dos resultados de N inorgânico do solo, combinados com os resultados de produtividade, valores SPAD e teores foliares de N, apresentados na Tabela 2, indicam que a antecipação da adubação do algodoeiro para a cultura de cobertura não influenciou a produtividade do algodoeiro, em comparação com a adubação em cobertura parcelada em duas aplicações. Adicionalmente, a adubação nitrogenada em pré-plantio proporcionou maior produção de palha, incorporação do nitrogênio aplicado na biomassa (braquiária, biomassa microbiana) e liberação controlada pelo processo de mineralização, possibilitando a absorção pelas plantas o algodoeiro. Contudo, comparando-se a proporção antecipada para o pré-plantio, pode-se observar (Tab. 2) que, embora não tenha havido diferença significativa, a produtividade do algodoeiro tendeu a diminuir com a antecipação da dose total de cobertura, havendo melhor performance quando se antecipou 25% da adubação de cobertura (30 kg/ha de N). O resultado positivo da aplicação de N na palhada está relacionado com a redução do efeito da imobilização do nitrogênio pela biomassa microbiana do solo nos primeiros dias após o plantio, proporcionando assim um melhor "arranque das plantas".

CONCLUSÃO

Nas condições apresentadas neste trabalho, conclui-se que há alternativas à adubação convencional de cobertura do algodoeiro, antecipando-se parte do nitrogênio para o pré-plantio na cultura de cobertura do solo ou após a sua dessecação no manejo da palha, como forma de aumentar a produção de biomassa, melhorar a cobertura do solo, aumentar a ciclagem de nutrientes e reduzir os efeitos negativos da imobilização do nitrogênio pela biomassa microbiana do solo na fase inicial de desenvolvimento da cultura. Contudo, este experimento ainda necessita ser repetido por algumas safras agrícolas para confirmar os resultados, sobretudo em anos com condições climáticas diferentes, pois essa prática pode ser arriscada em áreas de solos arenosos, bem como locais com histórico de chuvas irregulares, situação em que pode não haver sincronia entre a mineralização do N imobilizado, nos resíduos e na biomassa microbiana do solo, e o período de maior demanda da planta.

CONTRIBUIÇÃO PRÁTICA E CIENTÍFICA DO TRABALHO

Diante do cenário mundial de redução das reservas de combustíveis fósseis diretamente relacionados com a produção de fertilizantes solúveis, especialmente nitrogênio, do aumento dos custos de produção, além de preocupações ambientais, o uso eficiente dos fertilizantes é de fundamental importância, visando obter ótimo rendimento econômico e minimizar as perdas para o ambiente. Nesse contexto, a filosofia de adubação do sistema objetiva o máximo aproveitamento pelas culturas dos nutrientes aplicados, considerando o efeito residual e a ciclagem de nutrientes no sistema solo-planta. No Brasil, e em particular na região do Cerrado, são raras as pesquisas que focalizam essa temática, sobretudo com o algodoeiro inserido na rotação de culturas. Assim, os resultados apresentados no presente trabalho traz informações inovadoras, também, no aspecto científico por avaliar em conjunto variáveis de produção, estado nutricional das plantas e ciclagem de nutrientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BROOKES, P.C.; LANDMAN, A.; PRUDEN, B.; JENKINSON, D.S. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v.17, p.837-842, 1985.
- FERREIRA, G.B; CARVALHO, M.C.S. **Adubação do algodoeiro no Cerrado**: com resultados de Pesquisa em Goiás e Bahia. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 71p. (Embrapa Algodão. Documentos, 138).
- LAMAS, F.M.; STAUT, L.A. **Espécies vegetais para cobertura de solo no Cerrado de Mato Grosso**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. 4p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado Técnico, 97)
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- ROSOLEM, C.A. Problemas em nutrição mineral, calagem e adubação do algodoeiro. **Informações Agrônomicas**, n.95, p.17, 2001. (Encarte Técnico)
- RUZICKA, J.; HANSEN, E.H. **Flow injection analysis**. New York: Wiley Interscience, 1981. 395p.
- SILVA, N.M. da. Nutrição mineral e adubação do algodoeiro no Brasil. In: CIA, E.; FREIRE, E.C.; SANTOS, W.J. dos. **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: 1999. p.57-92.
- VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v.19, p.703-107, 1987.