



## Adubação Nitrogenada na Sucessão Braquiária/Algodão em Sistema Plantio Direto. 2- Produção de Braquiária e Disponibilidade de Nitrogênio no Solo

**Marisa de Cássia Piccolo<sup>(1)</sup> & Maria da Conceição Santana Carvalho<sup>(2)</sup>**

(1) Professora Associada, CENA/USP, C.P. 96, CEP 13416-000, Piracicaba, SP, [mpiccolo@cena.usp.br](mailto:mpiccolo@cena.usp.br); (2) Pesquisadora da Embrapa Algodão, Núcleo de P&D do Cerrado, C.P. 714, CEP 74001-970, Goiânia, GO, [mscarva@cnpa.embrapa.br](mailto:mscarva@cnpa.embrapa.br)  
Apoio: EMBRAPA, FIALGO, Fundação Agrisus, Fundação GO e FAPESP.

**RESUMO:** Esse estudo foi desenvolvido utilizando-se parcelas de um experimento de campo, no qual, em função da antecipação da adubação nitrogenada de cobertura do algodoeiro para o pré-plantio na braquiária, na sucessão braquiária/algodão, objetivou-se avaliar, ao longo do ciclo do algodoeiro: 1) a produção de matéria seca da parte aérea da *Brachiaria ruziziensis* e a decomposição de sua palha; e 2) a variação da disponibilidade de nitrogênio inorgânico no solo e sua relação com o nitrogênio da biomassa microbiana. Comparou-se os tratamentos com braquiária sem adubação e adubada com 100 kg/ha de nitrogênio. Os resultados indicaram que a antecipação da adubação nitrogenada do algodoeiro para a braquiária, aumentou em 38% a produção de matéria seca de sua parte aérea e o teor de N, proporcionando incremento de 128 kg/ha do N acumulado. Os resíduos da braquiária adubada foram decompostos mais rapidamente. No plantio do algodoeiro as taxas líquidas de mineralização do N do solo foram negativas indicando imobilização líquida, mas a partir dos 32 dias após o plantio predominou o processo de mineralização, concluindo-se que o nitrogênio imobilizado, temporariamente, na biomassa vegetal ou na biomassa microbiana do solo é disponibilizado aos poucos, em sincronia a demanda das plantas do algodoeiro.

**Palavras-chave:** *Gossypium hirsutum*, *Brachiaria spp.*, Cerrado

### INTRODUÇÃO

A região do Cerrado é responsável por mais de 90% da produção de algodão no Brasil e o nitrogênio é o nutriente absorvido em maior quantidade pelo algodoeiro que acumula, em média, entre 60 e 70 kg/ha de nitrogênio (N) durante o seu ciclo, havendo necessidade de adubação para complementar a quantidade fornecida pelo solo. O cultivo do algodoeiro em sistemas conservacionistas como o sistema plantio direto (SPD) está em franca expansão no Cerrado, tendência que é motivada, em parte, pelas quedas sucessivas de produtividade e aumento dos custos de produção dos sistemas

convencionais de cultivo. No SPD, dentre os esquemas de rotação de culturas que incluem o algodão, os mais utilizados no Cerrado são soja/milho/algodão ou soja/milho+braquiária/algodão. Este último envolve a integração lavoura-pecuária, que tem se destacado como um sistema de manejo que agrega ganhos de produtividade e melhoria da qualidade do solo (Vilela et al., 2003). Nesse sistema de produção, uma alternativa de manejo da adubação é antecipar toda ou parte do nitrogênio ou do potássio que seria aplicado em cobertura no algodoeiro para o pré-plantio na braquiária, após a retirada do gado no início do período chuvoso. Essa prática apresenta vantagens operacionais, tais como maior flexibilidade do uso de máquinas e mão-de-obra; espera-se também maior desenvolvimento vegetativo da cultura de cobertura do solo, que será dessecada e os nutrientes liberados pela sua decomposição poderão ser absorvidos pela cultura do algodoeiro, aumentando assim a ciclagem de nutrientes no sistema.

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 & Staut, 2005). Além da grande quantidade de resíduos deixados na superfície, as espécies de *Brachiaria* possuem sistema radicular abundante e agressivo e, assim, adicionam grande quantidade de resíduos abaixo da superfície do solo. Esses resíduos, sobretudo os derivados das raízes, possuem elevada relação C/N (> 30), associada com valores relativamente altos de lignina e índice lignina/N, características que levam à imobilização do nitrogênio presente no solo ou aplicado via fertilizante pela biomassa microbiana do solo (Stevenson, 1986). O nitrogênio imobilizado fica temporariamente indisponível às plantas, o que justifica a antecipação das adubações de cobertura do algodoeiro nos sistemas com palhada de



gramíneas; porém, com a morte dos microrganismos ocorre a mineralização do N imobilizado e este volta a ficar disponível para as plantas. O que não se sabe é a partir de quanto tempo passa a ocorrer mineralização líquida do N e se a disponibilidade do N imobilizado coincide com o período de maior requerimento do nutriente pela planta.

Assim, em função da antecipação da adubação nitrogenada de cobertura do algodoeiro para o pré-plantio na braquiária, na sucessão braquiária/algodão, em sistema de integração lavoura-pecuária, os objetivos desse trabalho foram avaliar, ao longo do ciclo do algodoeiro: 1) a produção de matéria seca da parte aérea da *Brachiaria ruziziensis* e a decomposição de sua palha; e 2) a variação da disponibilidade de nitrogênio inorgânico no solo e sua relação com o nitrogênio da biomassa microbiana.

## MATERIAL E MÉTODOS

Esse estudo foi desenvolvido utilizando-se parcelas de um experimento de campo realizado na safra 2006/2007 no campo experimental da Embrapa Algodão/Fundação GO, no município de Santa Helena de Goiás, GO. A área é cultivada em sistema plantio direto com rotação milho-algodão-soja (culturas de verão), sendo o algodão a cultura de verão da safra 2006/07. Na segunda adubação de cobertura do milho, cultivado no verão da safra 2005/2006, semeou-se *Brachiaria ruziziensis* nas entrelinhas, de forma que, após a colheita do milho, a braquiária permaneceu na área como planta de cobertura do solo.

O experimento foi instalado no campo em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema fatorial (3x5+1), sendo: três fontes de nitrogênio (1- uréia comum; 2- uréia revestida com polímero Kimberlit; e 3 uréia com inibidor de urease NBPT (super N da Agrotain®), cinco épocas de aplicação de nitrogênio (1-100% em pré-plantio; 2- 50% em pré-plantio + 50% na fase B<sub>1</sub>; 3- 50% em pré-plantio + 50% na fase F<sub>1</sub>; 4- 100% na fase B<sub>1</sub>; e 5- 50% na fase B<sub>1</sub> + 50% na fase F<sub>1</sub>), além de um tratamento testemunha (sem aplicação de N). Para a aplicação dos tratamentos foi considerada a dose de adubação de cobertura de 100 kg/ha de N. As parcelas possuíam 24 m<sup>2</sup>, correspondentes a cinco fileiras de algodão, em espaçamento 0,90 m, por 5 m de comprimento.

A adubação pré-plantio foi realizada na braquiária no início das chuvas, em outubro de 2006, com os fertilizantes distribuídos superficialmente a lanço. A dessecação da braquiária (3 l/ha de glifosato + 60 ml de carfentrazona) foi realizada em 30 dias antes da semeadura do algodoeiro. O plantio

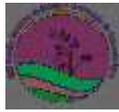
do algodoeiro foi efetuado com semeadora-adubadora em 14/12/2006 com a cultivar BRS Buriti e adubação no sulco com 400 kg/ha da formulação 4-30-16 + 0,4 % de B e 0,5% de Zn, de modo que todas as parcelas foram adubadas com 16 kg/ha de nitrogênio. A primeira adubação de cobertura foi realizada em 01/02/2007 com nitrogênio, de acordo com os tratamentos, mais 50 kg/ha de K<sub>2</sub>O e 1,1 kg/ha de B. Em 26/02/2007 efetuou-se a segunda adubação de cobertura, nos tratamentos pertinentes. As fontes de K e B foram cloreto de potássio e borogran, respectivamente.

Antes da dessecação da braquiária, amostras da parte aérea foram coletadas para estimativa da produção de fitomassa (matéria seca) nas parcelas correspondentes aos tratamentos testemunha e com 100% da adubação em pré-plantio (todas as fontes de N), e subamostras foram tomadas para análise química. As amostras foram coletadas cortando-se a parte aérea contida em áreas de 0,25 m<sup>2</sup> (0,50m x 0,50 m). Nessas mesmas parcelas, coletaram-se amostras de palha na superfície do solo, em duas subáreas de 0,25 m<sup>2</sup> por parcela, em todas as repetições para estimar a quantidade de palha remanescente aos 14, 32, 54 e 64 e 164 dias após o plantio do algodoeiro, sendo este último o dia da colheita.

Também nos tratamentos testemunha e 100% de adubação em pré-plantio, por ocasião do plantio e aos 32 e 54 dias após o plantio, fases B<sub>1</sub> e F<sub>1</sub> do ciclo do algodoeiro, respectivamente (Marur & Ruano, 2001), realizou-se amostragem de solo, na camada 0-10 cm de profundidade, para análise de biomassa microbiana e nitrogênio inorgânico. A biomassa microbiana C e N foi estimada pelo método de fumigação-extração (Brookes et al., 1985; Vance et al., 1987). Os teores de N inorgânico (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) foram determinados usando o sistema automático de injeção de fluxo contínuo, após extração de 10g de amostras frescas com 100 ml de KCl 2 mol/l. As taxas líquidas de mineralização do N do solo foram determinadas medindo-se as quantidades de N-inorgânico após sete dias de incubação das amostras de solo, subtraindo-as das quantidades medidas no dia da coleta da amostra e dividindo o resto por sete; da mesma forma, foram calculadas as taxas líquidas de nitrificação, só que considerando apenas os teores de nitrato.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A antecipação da adubação nitrogenada do algodoeiro para a braquiária, proporcionou 38% de aumento na produção de sua parte aérea, acumulando cerca de 14 t/ha de matéria seca, não havendo diferença entre as três fontes de fertilizantes



nitrogenados testadas (Tabela 1). Além de maior produção, a palha da braquiária nas parcelas adubadas com nitrogênio também apresentou maior teor desse nutriente, o que resultou na absorção de 128 kg/ha a mais de N, em comparação com as parcelas sem adubação (Tabela 1). Os valores da constante de decomposição ( $k$ ) e meia vida ( $t_{1/2}$ ), estimados pela função  $y = y_0 e^{-kt}$ , ajustada aos valores medidos de palha remanescente (Figura 1), indicam que os resíduos da braquiária adubada com 100 kg/ha de N foram decompostos mais rapidamente, com a meia vida (tempo necessário para a decomposição de metade do resíduo inicial) estimada em 62 dias, em comparação com os resíduos da palha de braquiária não adubada cuja meia vida foi estimada em 82 dias após a dessecação (Tabela 1).

O aumento da velocidade de decomposição dos resíduos da braquiária adubada foi causado, provavelmente, pelo aumento do teor de N e, conseqüentemente, diminuição da relação C:N. O teor de N é um dos fatores mais limitantes à decomposição, uma vez que determina o crescimento e a reciclagem da biomassa microbiana para a mineralização do C orgânico, e valores de nitrogênio nos resíduos inferiores a 17 a 18 g/kg são geralmente associados com imobilização líquida (Constantinides & Fownes, 1994). A partir dos 100 dias após a dessecação (ou 70 dias após o plantio do algodoeiro), a quantidade de palha remanescente na superfície do solo permaneceu semelhante em ambos os tratamentos até a colheita (186 dias após a dessecação), mantendo, assim, o mesmo padrão de cobertura do solo (Figura 1).

Essa alta quantidade de palha, inclusive no tratamento testemunha (10 t/ha), provavelmente ocasionou a manutenção de uma elevada população microbiana, estimada pelo carbono da biomassa microbiana (Figura 2), com conseqüente imobilização do N do solo em sua biomassa (Figura 2). Assim, no plantio do algodoeiro as taxas líquidas de mineralização do N do solo foram negativas (Figura 3), indicando imobilização líquida de N na biomassa microbiana; como conseqüência, os teores de N inorgânico medidos no solo foram baixos (2 a 4 kg/ha) e predominantemente na forma de  $\text{NO}_3^-$  (cerca de 90%). A partir dos 32 dias após o plantio (fase  $B_1$ ), quando a demanda de N pelo algodoeiro aumenta substancialmente, predominou a forma  $\text{NH}_4^+$  no solo, o que indica liberação de N pelo processo de mineralização, fato este confirmado pelos valores positivos das taxas líquidas de mineralização de N do solo (Figura 3).

Mesmo com a redução na massa de palha na superfície do solo com o tempo (Figura 1), a

biomassa microbiana do solo permaneceu constante até o início do florescimento, ou fase  $F_1$ , (Figura 2), provavelmente devido à massa de raízes da braquiária abaixo da superfície do solo. De qualquer modo, o nitrogênio imobilizado na biomassa microbiana (mais de 40 kg/ha de N, na camada 0-10 cm) constitui um reservatório importante desse nutriente, que fica protegido de perdas, e pode ser aproveitado pelas plantas após a morte dos microrganismos decorrente da diminuição do substrato (fonte de carbono).

**Tabela 1.** Produção de matéria seca (MS), teor de N, N acumulado e meia-vida ( $t_{1/2}$ ) da palha de braquiária sem adubação (testemunha) e adubada com 100 kg/ha de nitrogênio (média das três fontes).

Tratamento	MS kg/ha	Teor de N g/kg	N absorvido kg/ha	k	$t_{1/2}$ dias
Testemunha (T)	10,05	16,8	169	0,0085	82
Adubada (A)	13,86	21,4	297	0,0112	62
Diferença (A-T)	3,81	4,6	128		-20

$t_{1/2} = \ln(2)/k$ , valores estimados das equações ajustadas na Figura 1.

## CONCLUSÕES

A antecipação da adubação nitrogenada de cobertura do algodoeiro para a braquiária na sucessão braquiária/algodão aumenta a produção de palha, melhora a cobertura do solo e aumenta a ciclagem de nutrientes. O nitrogênio imobilizado, temporariamente, na biomassa vegetal ou na biomassa microbiana do solo é disponibilizado aos poucos, em sincronia o período de maior demanda pelas plantas do algodoeiro, reduzindo, assim, a possibilidade de perdas do sistema.

## REFERÊNCIAS

- 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.
- CONSTANTINIDES, M. & FOWNES, J.H. Nitrogen mineralization from leaves and litter of tropical plants: relationship to nitrogen, lignin and soluble polyphenol concentrations. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 26, p.49-55, 1994.
- LAMAS, F.M. & STAUT, L.A. Espécies vegetais para cobertura de solo no Cerrado de Mato Grosso. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. 4p. (Comunicado Técnico, 97).
- STEVENSON, F.J. Cycles of soil: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients. New York: J. Wiley, 1986. 380p.
- 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.



VILELA, L; MACEDO, M.C.M.; MARTHA-JÚNIOR, G.B. & KLUTHCOUSKI, J. Benefícios da integração lavoura-pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONA, L.F.

& AIDAR, H. (Eds.) **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.144-170.

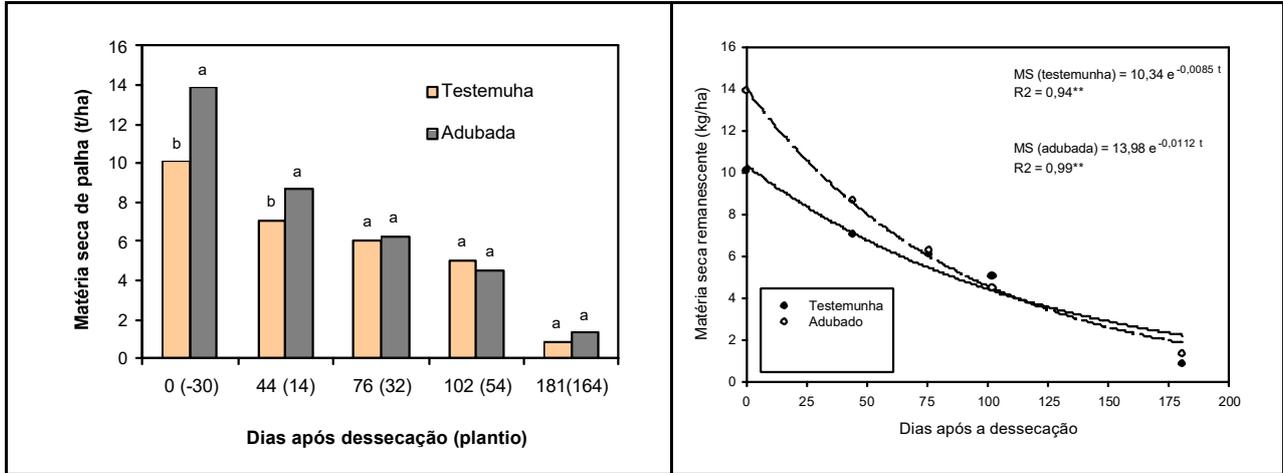


Figura 1. Produção de matéria seca de braquiária e palha remanescente nos tratamentos testemunha e com 100% de N em pré-plantio na braquiária, em função do tempo após a dessecação (ou após o plantio) até a colheita do algodoeiro. No gráfico da direita os valores medidos de palha remanescente foram ajustados à função  $y = y_0 e^{-kt}$ .

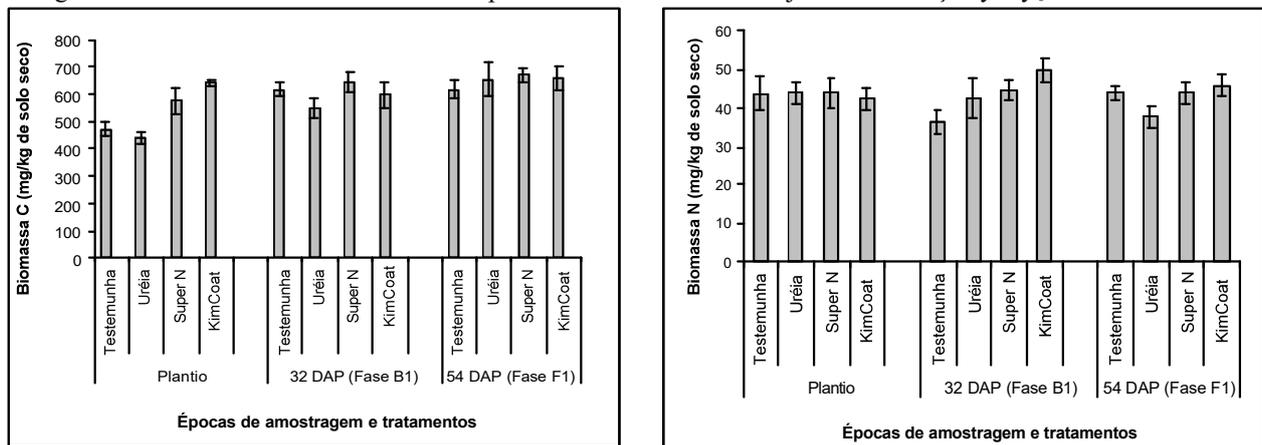


Figura 2. Biomassa microbiana C (esquerda) e biomassa microbiana N (direita), medidos em três fases do ciclo do algodoeiro, nos tratamentos testemunha e adubação 100% em pré-plantio na braquiária. DAP = dias após o plantio do algodoeiro. Santa Helena de Goiás, safra 2006/2007.

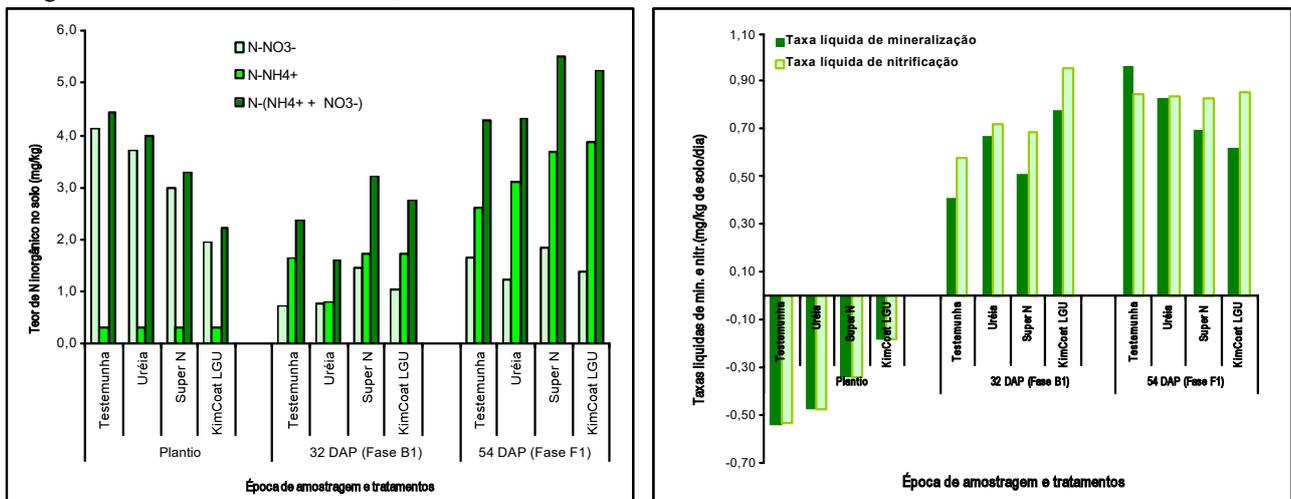


Figura 3. Teores de N inorgânico (esquerda) e taxas líquidas de mineralização e nitrificação de N do solo (direita), medidos em três fases do ciclo do algodoeiro, nos tratamentos testemunha e adubação 100% em pré-plantio na braquiária com três fontes de N. DAP = dias após o plantio do algodoeiro.