



MANEJO DE FONTES ALTERNATIVAS DE FERTILIZANTES NITROGENADOS NA SUCESSÃO BRAQUIÁRIA-ALGODÃO EM SISTEMA PLANTIO DIRETO NO CERRADO – SAFRA 2007/2008 ⁽¹⁾

Maria da Conceição Santana Carvalho (Embrapa Algodão / conceicao@cnpa.embrapa.br), Alexandre Cunha de Barcellos Ferreira (Embrapa Algodão), Fernando Lamas (Embrapa Agropecuária Oeste), Marisa de Cássia Piccolo (Centro de Energia Nuclear na Agricultura/USP)

RESUMO – Esse estudo foi conduzido na safra 2007/08, em Santa Helena de Goiás, GO, com o objetivo de avaliar a eficiência da antecipação da adubação nitrogenada de cobertura do algodoeiro para a *Brachiaria ruziziensis* na sucessão braquiária-algodão, comparando-se uréia comum com uréia mais inibidor de urease ou polímero de liberação lenta. O experimento foi instalado em delineamento de blocos ao acaso com 4 repetições, em esquema fatorial (3x5+1), sendo: três fontes de nitrogênio (uréia comum, uréia revestida com polímero de liberação lenta e uréia com inibidor de urease); cinco épocas de aplicação de nitrogênio (100% em pré-plantio, 50% em pré-plantio + 50% na fase B₁, 50% em pré-plantio + 50% na fase F₁, 100% na fase B₁, e 50% na fase B₁ + 50% na fase F₁); e um tratamento testemunha. Utilizou-se dose única de adubação de cobertura do algodoeiro, equivalente a 100 kg/ha de N. A antecipação de 50 % da adubação nitrogenada de cobertura do algodoeiro para o pré-plantio na braquiária, e a aplicação de 100 % da dose na fase B₁ do algodoeiro foram tão eficazes quanto à adubação convencional parcelada em duas coberturas. Os fertilizantes com inibidor de urease e com polímero de liberação lenta apresentaram maior eficiência na recuperação do N aplicado, em comparação com a uréia.

Palavras-chave: Inibidor de urease, inibidor de nitrificação, fertilizante de liberação lenta.

INTRODUÇÃO

O cultivo do algodoeiro em sistemas conservacionistas como o sistema plantio direto, incluindo a integração agricultura-pecuária, está em franca expansão no Cerrado, região responsável por mais de 90 % da produção de pluma do Brasil (CONAB, 2008). Considerando-se a expansão do SPD e os aspectos relacionados com sucessão/rotação de culturas, os produtores têm buscado alternativas de fontes, épocas e modos de aplicação de fertilizantes, especialmente para as fontes de N, P e K, visando principalmente ao maior rendimento operacional, maior eficiência no uso de fertilizantes e a

¹ Apoio financeiro: FIALGO, Fundação Agrisus e Embrapa.

redução de custos. Assim, a adubação do algodoeiro nesse sistema de manejo e a adubação do sistema, e não de uma determinada cultura, são os novos desafios, que necessitam ser investigados pela pesquisa.

O nitrogênio é um dos nutrientes aplicados em grandes quantidades na cultura do algodoeiro, que extrai, em média, 60 a 70 kg/ha de N para a produção de uma tonelada de algodão em caroço, havendo necessidade de adubação para complementar a quantidade fornecida pelo solo (CARVALHO et al., 2007). O baixo aproveitamento dos fertilizantes nitrogenados pelas plantas é fato bastante conhecido, o qual é conseqüência dos diversos processos de transformação e perdas do nitrogênio no solo, tais como imobilização, desnitrificação, lixiviação e volatilização. Dentre os mecanismos de transformação do nitrogênio aplicado no solo, a volatilização de NH_3 é um dos que mais contribuem para a baixa recuperação do N pelas culturas, sobretudo quando a fonte utilizada é a uréia e esta é aplicada sobre a palha (VITTI et al., 2005). Além de práticas de manejo, existem no mercado de fertilizantes algumas tecnologias com o objetivo de aumentar a eficiência de absorção dos nutrientes pelas plantas, como os fertilizantes de liberação lenta ou controlada, uso de inibidores da enzima urease e inibidores de nitrificação. O uso desses produtos em culturas de alto valor agregado como o algodão pode ser uma alternativa interessante, especialmente para reduzir perdas de nitrogênio, conforme verificado nos Estados Unidos (EARNEST; VARCO, 2006).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficiência da antecipação de parte ou do total da adubação nitrogenada de cobertura do algodoeiro para a braquiária na sucessão braquiária-algodão, em sistema de integração lavoura-pecuária, comparando-se uréia comum com uréia mais inibidor de urease (NBPT) ou uréia mais polímero de liberação lenta.

MATERIAL E MÉTODOS

Esse estudo foi conduzido na safra 2007/2008 no campo experimental da Fundação GO/Embrapa Algodão, no município de Santa Helena de Goiás, GO, em área de sistema plantio direto com rotação milho-algodão-soja (culturas de verão). Na segunda adubação de cobertura do milho, cultivado no verão da safra 2006/2007, 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 esquema fatorial $(3 \times 5) + 1$, sendo: três fontes de nitrogênio (1- uréia comum; 2- uréia revestida com polímero Kimberlit (kimcoat N); e 3- uréia com inibidor de urease NBPT (super N, da Agrotain®), cinco épocas de aplicação (1-100% em pré-plantio na braquiária; 2- 50% em pré-plantio + 50% na fase B1; 3- 50% em pré-plantio + 50% na fase F1; 4- 100% na fase B1; e 5- 50% na fase B1 + 50% na fase F1), 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, porém todas as parcelas receberam o equivalente a 20 kg/ha de N no sulco de semeadura (formulação de base). A adubação pré-plantio, de acordo com os tratamentos, foi realizada na braquiária, superficialmente a lanço, no início do período das chuvas, em 26/10/2007.

As parcelas mediram 4,8 m x 5 m (24 m²), que correspondem a cinco fileiras de algodão, em espaçamento 0,90 m por 5 m de comprimento, utilizando-se as três linhas centrais como área útil. A semeadura foi realizada mecanicamente, em 23/12/2007, utilizando-se sementes da cultivar BRS Buriti, buscando-se a germinação de 8 a 10 plantas por metro, com 400 kg/ha da formulação 5-25-15 + 0,5 % de Zn e 0,2 % de B, de modo que todas as parcelas foram adubadas com 20 kg/ha de nitrogênio. A primeira adubação de cobertura foi realizada em 04/01/2008 com nitrogênio, de acordo com os tratamentos, além de: 75 kg/ha de K₂O, com cloreto de potássio e 2,5 kg/ha de B, com borogran. Em 26/02/2008, efetuou-se a segunda adubação de cobertura, nos tratamentos pertinentes, somente com nitrogênio.

Antes da dessecação da braquiária, em 06/12/2007, amostras da parte aérea foram coletadas para estimativa da produção de fitomassa (matéria seca) nos tratamentos testemunha, 50% e 100% da adubação em pré-plantio (todas as fontes de N), e subamostras foram tomadas para análise do teor de macronutrientes. As amostras foram coletadas cortando-se a parte aérea contida em áreas de 0,25 m² (0,50m x 0,50 m). Também foram realizadas amostragens de palha na superfície do solo nos tratamentos testemunha e com 100% da adubação em pré-plantio com o objetivo de estimar a quantidade de matéria seca de palha remanescente, nas seguintes datas: 30/01/2007, 25/02/2008, 24/03/2008 e 25/04/2008. Em cada parcela, essas amostras foram coletadas em duas áreas de 0,25 m² (0,50m x 0,50 m). Após a coleta as amostras foram lavadas sobre uma peneira de 2 mm para retirar o solo aderido, secadas em estufa a 60 °C e pesadas.

Em 30/01/2008 e 25/02/2008, antes das adubações de cobertura, foram retiradas amostras de solo (na camada 0-10 cm) nas parcelas dos tratamentos testemunha e 100% de adubação em pré-plantio, para as três fontes de nitrogênio testadas, para determinação de nitrogênio inorgânico (N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻).

Em 24/03/2008 realizou-se a amostragem de folhas do algodoeiro para determinação dos teores de macronutrientes, coletando-se a 5ª folha a partir da haste principal, em 15 plantas por parcela. Em 28/04/2008 realizou-se amostragem de plantas (duas plantas por parcela) para análise e determinação de recuperação aparente de nitrogênio, nos tratamentos testemunha e 100% do N aplicado em pré-plantio. A colheita foi realizada em 09/07/2008. Foram avaliados e/ou calculados, também: altura final de plantas, rendimento de fira, produtividade de pluma, peso médio de um capulho e número médio de capulhos por planta.

A precipitação total no período de outubro/2007 a abril/2008 foi 1.357 mm, bem distribuídos durante as fases de maior requerimento pelo algodoeiro.

Os resultados foram analisados estatisticamente por meio de análise de variância (teste F, $Pr < 0,05$). Havendo significância, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($Pr < 0,05$) ou por contraste de médias, para comparar grupos de tratamentos ($Pr < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das variáveis de produção e de avaliação do estado nutricional do algodoeiro são apresentados na Tabela 1. De acordo com a análise de variância, em todas as variáveis medidas não houve efeito das fontes de nitrogênio testadas e nem interação entre fontes e épocas de aplicação, mas houve efeito isolado das épocas de aplicação. Houve resposta à adubação nitrogenada e, independentemente da época de aplicação, os tratamentos que receberam 100 kg/ha de N, além da adubação no sulco, produziram 17 % a mais de algodão em caroço e 16 % a mais de algodão em pluma que o tratamento testemunha (que recebeu apenas 20 kg/ha de N no sulco de semeadura). As plantas que receberam adubação também ficaram mais altas e apresentaram maiores teores de N e K em suas folhas, indicando melhor estado nutricional. Assim como as demais variáveis medidas, a recuperação aparente do N aplicado foi semelhante entre as três fontes testadas (Tabela 2).

Tabela 1 - Resultados de variáveis de produção e teores de N e K na fola do algodoeiro, Santa Helena de Goiás, safra 2007/2008.

Tratamentos	Pcap	Altura	Ncap	A.caroço	Fibra	Pluma	N	K
	cm	g		kg/ha	%	kg/ha	-----g/kg-----	
Comparação testemunha vs. adubado								
Testemunha (20 kg/ha de N no sulco)	6,46 a ¹	116 b	12,3 a	4.303 b	40,9 a	1.762 b	41,5 b	19,7 b
Adubado	6,55 a	131 a	13,7 a	5.034 a	40,6 a	2.043 a	45,9 a	23,0 a
Comparação entre fontes (média de 5 épocas)								
Uréia	6,57 a ²	130 a	14,1 a	4.957 a	40,6 a	2.014 a	46,4 a	22,5 a
Super N	6,53 a	131 a	13,6 a	5.036 a	40,6 a	2.044 a	46,0 a	23,7 a
Kimcoat N	6,54 a	131 a	13,4 a	5.123 a	40,6 a	2.079 a	45,4 a	22,7 a
Comparação entre épocas de aplicação (média das 3 fontes usadas)								
100 % pré-plantio na braquiária (PP)	6,46 a ²	128 a	13,3 a	4.805 b	40,9 a	1.968 b	45,7 a	22,5 a
50 % PP + 50 % na 1ª cobertura	6,67 a	130 a	13,5 a	5.045 ab	40,7 a	2.051 ab	45,8 a	21,6 a
50 % PP + 50 % na 2ª cobertura	6,53 a	133 a	14,3 a	4.960 ab	40,2 a	1.993 b	46,2 a	23,3 a
100 % na 1ª cobertura	6,58 a	130 a	13,8 a	5.099 ab	40,7 a	2.076 ab	45,5 a	23,0 a
50 % na 1ª cobertura + 50% na 2ª cobertura	6,49 a	133 a	13,6 a	5.266 a	40,5 a	2.132 a	46,3 a	24,8 a
C.V. (%)	4,12	4,28	15,82	5,27	1,66	5,58	6,65	13,98

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si: ¹ pelo contraste de médias com teste F ($P < 0,05$); ² pelo teste de Tukey ($P < 0,05$)

Tabela 2 - Teor, absorção e recuperação aparente do N na parte aérea do algodoeiro aos 121 dias após a emergência, em função de fontes de nitrogênio aplicadas 100 % em pré-plantio na braquiária, na sucessão braquiária-algodão. Santa Helena de Goiás, safra 2007/2008.

Fonte de N	Matéria seca (parte aérea)			Teor de N		N absorvido			N recuperado	
	Veg.	Repr.	Total	Veg.	Repr.	Veg.	Repr.	Total	kg/ha	%
Testemunha	4.590	2.339	6.929	18,8	25,3	86	60	146	-	-
Uréia	5.350	3.178	8.528	24,7	23,9	133	74	207	61	61
Super N	4.880	2.242	7.121	30,4	29,4	145	66	211	65	65
Kimcoat N	4.779	2612	7.391	26,8	31,6	128	81	209	63	63

Veg. = estruturas vegetativas da planta (hastes, ramos e folhas); Repr. = estruturas reprodutivas da planta (botões florais, flores e maçãs).

Com relação à época de aplicação, verificou-se que, independentemente da fonte usada, a adubação de cobertura convencional (parcelada em duas aplicações até o florescimento) proporcionou maior produtividade de algodão em caroço, em comparação com a antecipação de 100 % do nitrogênio para a braquiária (Tabela 1), mas apresentou desempenho semelhante aos demais tratamentos.

A antecipação da adubação nitrogenada, independentemente da fonte usada, proporcionou 22% de aumento na produção da braquiária e na quantidade absorvida de nutrientes, sobretudo N e K (Tabela 3). A porcentagem do N recuperado pela parte aérea da braquiária com a aplicação de 50 kg/ha de N (metade da adubação de cobertura do algodoeiro antecipada para a braquiária) foi 58%, 56% e 50% para uréia, super N e kimcoat N, respectivamente. Com a aplicação de 100 kg/ha de N a recuperação desse nutriente pela braquiária caiu para 33% com uréia e 34% com kimcoat N, respectivamente, enquanto super N manteve o mesmo nível de recuperação, absorvendo 56 kg dos 100 kg de N aplicados (Tabela 3). Esses resultados indicam que o inibidor de urease presente no fertilizante super N pode ter contribuído para redução de perdas de N por volatilização, nessas condições.

Mesmo sem afetar a produtividade, há indícios de maior eficiência de recuperação do N com o uso de fertilizantes com inibidor de urease e polímero para liberação controlada do N, sobretudo em algumas condições específicas, como na necessidade de aplicação de doses mais altas em uma única parcela; porém ainda há necessidade de estudos em outras situações de manejo, regime de chuvas e características de solo.

Tabela 3 - Produção de matéria seca, teores de nutrientes, absorção de nutrientes e recuperação aparente do N na parte aérea da braquiária, adubada com 50 kg/ha e 100 kg/ha de N, usando as fontes uréia comum, super N e kimcoat N. Santa Helena de Goiás, safra 2007/2008. Os valores são médias de quatro repetições.

Fontes de N	Dose de N em pré-plantio kg/ha	Matéria seca t/ha	Teor de nutrientes			Absorção de nutrientes			N recuperado	
			N	P	K	N	P	K	kg/ha	%
Testemunha	0	5,46	15,0	1,4	32,3	82	08	175	-	-
Uréia	50	6,70	16,5	1,6	33,9	111	11	225	29	58
	100	6,80	16,9	1,9	33,8	115	13	228	33	33
Super N	50	6,55	17,0	1,8	34,9	110	12	228	28	56
	100	6,90	19,9	1,9	35,4	138	13	241	56	56
Kimcoat N	50	6,65	16,1	1,7	36,9	107	12	242	25	50
	100	6,40	18,2	1,8	33,9	116	11	215	34	34
<i>Média dos tratamentos adubados</i>		6,67	17,4	1,8	33,8	116	12	230	34	48

Na Figura 1 são apresentados os resultados de avaliação da palha remanescente na superfície do solo, nos tratamentos testemunha e com 100% da adubação do algodoeiro antecipada para o pré-plantio na braquiária, para cada fonte de N testada. Aos 38 dias após o plantio do algodoeiro havia maior quantidade de palha na parcela onde se aplicou o fertilizante super N, em comparação com o tratamento testemunha, e após os 63 dias do plantio não houve diferença entre os tratamentos (Figura 1), indicando que a biomassa de braquiária produzida a mais com a adubação nitrogenada (Tabela 3) foi decomposta até os 90 dias de plantio do algodão.

Na Figura 2 são apresentados os resultados dos teores de N inorgânico do solo, medidos nos estádios B1 e F1 do algodoeiro. Verifica-se que as taxas de mineralização foram positivas já na fase B1, quando aumenta a demanda da planta por nutrientes, indicando a predominância do processo de mineralização do N e, conseqüentemente, disponibilidade de N para a absorção pelas plantas de algodão.

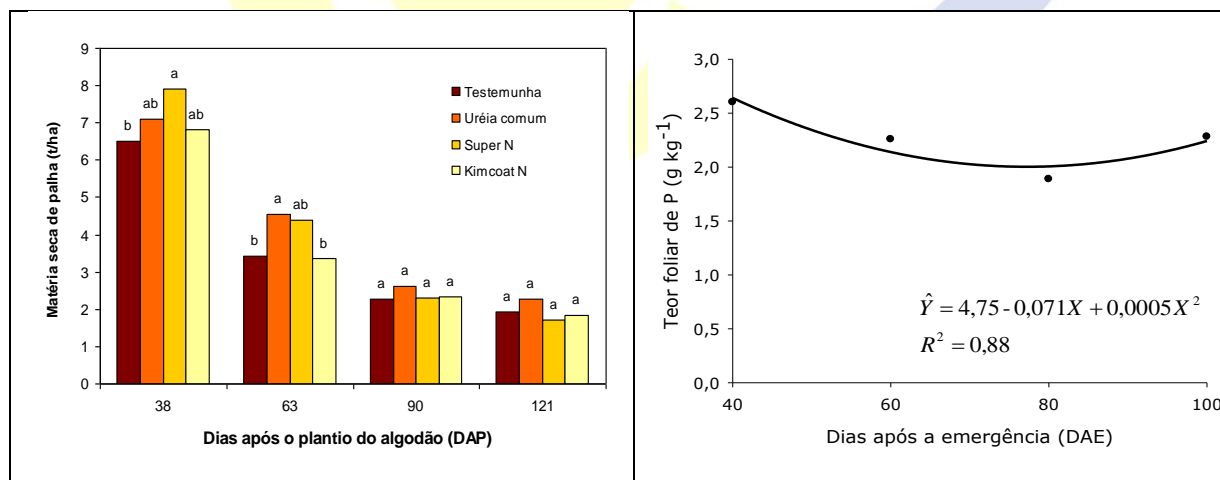
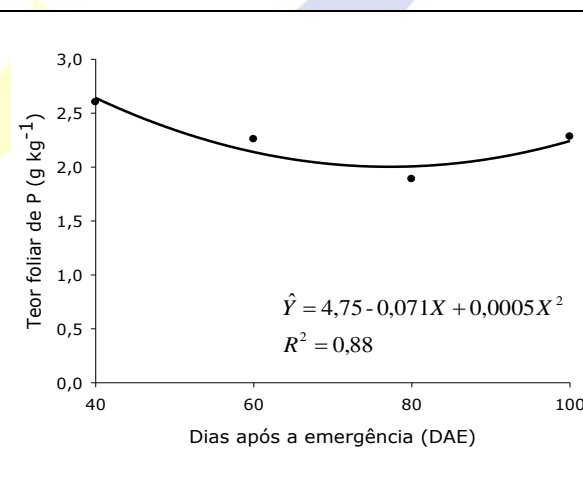


Figura 1 - Palha remanescente na superfície do solo (braquiária + milho) nos tratamentos testemunha e com 100 % da adubação do algodoeiro antecipada para o pré-plantio na braquiária, usando uréia comum, Super N e Kimcoat N, em função do tempo após o plantio até a colheita do algodão. Santa Helena de Goiás, safra 2007/2008. Os valores são médias de 4 repetições.



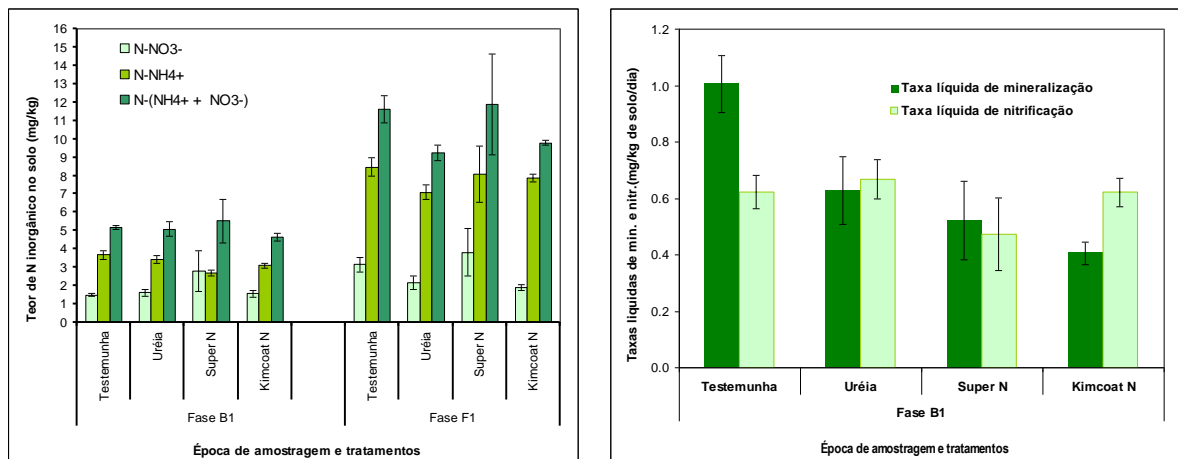


Figura 2 - Teores de N inorgânico (esquerda) e taxas líquidas de mineralização e nitrificação de N do solo (direita), medidos durante o ciclo do algodoeiro, nos tratamentos testemunha e adubação 100% em pré-plantio na braquiária com três fontes de N. Santa Helena de Goiás, safra 2007/2008. As barras verticais representam os valores de erro padrão da média.

CONCLUSÃO

A antecipação de 50 % da adubação nitrogenada de cobertura do algodoeiro para o pré-plantio na braquiária, e a aplicação de 100 % da dose na fase B₁ do algodoeiro foram tão eficazes quanto a adubação convencional parcelada em duas coberturas. Embora não tenha havido diferença na produtividade, os fertilizantes com inibidor de urease e com polímero de liberação lenta apresentaram maior eficiência na recuperação do N aplicado, em comparação com a uréia; nesse aspecto, a vantagem desses fertilizantes foi maior quando se antecipou 100 % da adubação de cobertura do algodoeiro para o pré-plantio, na braquiária.

CONTRIBUIÇÃO PRÁTICA E CIENTÍFICA DO TRABALHO

A contribuição científica do trabalho é permitir comparar, em condições de campo, fontes alternativas de fertilizantes existentes no mercado com fontes convencionais quanto à eficiência agronômica e às possibilidades de épocas de aplicação, considerando os sistemas de produção com integração lavoura-pecuária. A contribuição prática é fornecer informações, comprovadas cientificamente, para subsidiar a tomada de decisão do produtor sobre o uso de fertilizantes e as épocas mais eficientes para a sua aplicação na cultura do algodão, gerando alternativas para aumento do rendimento operacional e redução de custos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONAB. **Safra – Grãos. Algodão – Série histórica.** Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/AlgodaoSerieHist.xls>. Acesso em: 18 out. 2008.

CARVALHO, M. C. S.; FERREIRA, G. B.; STAUT, L. A. Nutrição, calagem e adubação do algodoeiro. In: FREIRE, E. C. (Org.). **Algodão no cerrado do Brasil**. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, 2007. cap. 16. p. 581-647.

EARNST, R. E.; VARCO, A. J. Fertilizer nitrogen source and placement, and Agrotain® effects on no-till cotton n-use efficiency. In: BELTWISE COTTON CONFERENCES, 2006, San Antonio, Texas. **Proceedings**. Memphis: National Cotton Council, 2006. p. 2105-2108.

VITTI, A. C.; TRIVELIN, P. C.; GAVAE, G. J. C.; PENSTTI, C. P. Produtividade de cana-de-açúcar relacionada a localização de adubos nitrogenados sobre palha. **STAB**, v. 23, p. 6-8., 2005.