

Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema plantio direto e solo preparado

Influence of the previous winter crop and nitrogen fertilization to corn productivity in no-tillage and conventional tillage

Waldo Alejandro Rubén Lara Cabezas¹ Bruno José Rodrigues Alves²
Segundo Sacramento Urquiaga Caballero³ Denise Garcia de Santana⁴

RESUMO

Na região do Cerrado, parte da adubação de cobertura no milho poderia ser antecipada à semeadura do milho visando acelerar a decomposição de resíduos da cultura antecessora. Os objetivos deste experimento foram: a) avaliar a produtividade de milho em sucessão à nabo forrageiro e milheto, na presença e ausência de adubação nitrogenada de cobertura e b) avaliar a eficiência de recuperação de N-adubo na planta e quantificar a volatilização de N-NH₃ do fertilizante nitrogenado aplicado em sistema plantio direto (SPD) e em solo preparado (SP). O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, em esquema de faixas, com quatro repetições. Até o florescimento, a produção de massa de matéria seca (MMS) e acumulação de N na parte aérea do nabo forrageiro foi de, respectivamente, 2,274 e 53,0kg ha⁻¹, sob SPD, e 2,546 e 61,6kg ha⁻¹, sob SP. No caso do milheto, os resultados obtidos foram 5,202 e 107,8kg ha⁻¹, em SPD, e 5,101 e 104,1kg ha⁻¹ em SP. Até a semeadura do milho em SPD, após o acamamento das culturas de inverno, foram liberados 77,3 e 130,7kg ha⁻¹ de N na sucessão nabo-milho e milheto-milho, respectivamente. Na condição de SP, as culturas de inverno foram incorporadas ao solo antes da semeadura do milho. Na cultura do milho, a perda por volatilização de N-NH₃ foi inferior a 2,0% do N-aplicado em pré-semeadura (71,3kg ha⁻¹ de N na proporção 4:1, uréia:sulfato de amônio) e 14 % do N aplicado (5kg ha⁻¹) em cobertura (35,7kg ha⁻¹ de N-sulfato de amônio), avaliadas em SPD e SP, na sucessão nabo-milho. Em SPD, a eficiência da fertilização foi 57,1 e 42,1% do N-aplicado na sucessão milheto-milho e nabo-milho, respectivamente. Em SP, 46,8 e 46,3%, respectivamente. A adubação nitrogenada promoveu um acréscimo médio de 2.396kg ha⁻¹ de grãos na sucessão milheto-milho, em SPD, comparada à testemunha não adubada. Este acréscimo foi de 895kg ha⁻¹ de grãos na sucessão nabo-milho, sob SPD, e de respectivamente, 1.166 e 166kg ha⁻¹ de grãos nas sucessões milheto-milho e nabo-milho, em SP.

Palavras-chave: fertilização em pré-semeadura, *Zea mays*, plantas de cobertura do solo, eficiência do fertilizante, ¹⁵N, volatilização de amônia.

ABSTRACT

In the Cerrado region a proportion of the top dressed N for corn might be applied to the previous cover crop. This could accelerate the decomposition rate and increase overall N availability to corn. Therefore, the objectives of this experiment were: a) to evaluate maize productivity after oil radish and millet grown in winter with and without nitrogen applied and b) to determine the efficiency of recovery of N fertilizer by corn and quantify the losses by volatilization of ammonia of N fertilizers in no-tillage (NT) and conventional tillage (CT). The experimental design was a randomized complete block in strips with four replications. At flowering, the dry matter production and N accumulation of the oil radish were, respectively, 2,274 and 53.0kg ha⁻¹ under NT, and 2,546 and 61.6kg ha⁻¹ under CT. For millet the results obtained were 5,202 and 107.8kg ha⁻¹ under NT, and 5,101 and 104.1kg ha⁻¹ under CT. Until the seeding of the maize under NT, after desiccation by knife rolling the winter crops, 77.3 and 130.7kg N ha⁻¹ were released in the sequences of oil radish - maize and of millet - maize, respectively. Under CT the winter crops were incorporated into the soil before the seeding of the maize. In the growth cycle of corn the losses of N via ammonia volatilization were less than 2.0% of the N applied at pre-seeding (71.3kg N ha⁻¹ in a mixture urea:ammonium sulphate of 4:1) and 14% of the N at the 6-leaf stage (35.7kg N ha⁻¹ of ammonium sulphate), evaluated in NT and CT in the sequence oil radish - corn. Under NT the fertilizer-N-use-efficiency was 57.1 and 42.1% of the N applied in the sequence millet - corn and oil radish-maize, respectively. Under CT these values were 46.8 and 46.3%, respectively. The application of N fertilizer caused a mean yield increase of 2,396kg grain ha⁻¹ in the sequence millet-corn under NT compared to the non-fertilized control. These increase under

¹Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor substituto, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), C.P. 593, 38406-067, Uberlândia, MG. E-mail: waldolar@triang.com.br. Autor para correspondência.

²Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador científico, Embrapa - Agrobiologia, km 47, antiga Rodovia Rio-São Paulo, C.P. 74505, 23851-970, Seropédica, RJ. E-mail: bruno@cnpab.embrapa.br

³Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador científico, Embrapa - Agrobiologia. E-mail: segundo@cnpab.embrapa.br

⁴Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor adjunto, UFU. E-mail: dgsantana@umarama.ufu.br

CT was 895kg grain ha⁻¹ in the sequence oil radish-corn under NT, and 1,166 and 166kg grain ha⁻¹ in the sequences millet-corn and oil radish-corn, respectively.

Key words: pre-plant applied N, *Zea mays*, winter crops residues, N efficiency, ¹⁵N tracer, NH₃-N volatilization.

INTRODUÇÃO

A importância da cultura antecessora à cultura principal em sistema plantio direto (SPD) tem sido mostrada em diversos trabalhos, com maiores alternativas no Sul do país (AMADO & MIELNICZUK, 1999) em relação ao Cerrado (SPEHAR & LARA CABEZAS, 2001), pelas condições climáticas mais favoráveis. A cultura antecessora já se constitui num dos critérios para a recomendação da adubação nitrogenada para a cultura do milho em SPD, nos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (AMADO et al., 2002). O maior benefício para o milho tem sido registrado, no Sul do país (ROS & AITA, 1996), pelo uso preferencial de leguminosas que podem reduzir a demanda de N em 50 a 70 %. Na região do Cerrado, especificamente no Triângulo Mineiro-MG, existe limitação climática para o uso de leguminosas antecendo ao milho (ALVARENGA et al., 2001). Associado à cultura antecessora, a prática de risco da adubação nitrogenada em pré-semeadura do milho no Sul, torna-se interessante em condições de pluviosidade regular (WIETHÖLTER, 2000; CERETTA et al., 2002). Nestas condições, o adubo aplicado em pré-semeadura favorece indiretamente a cultura do milho, à medida em que o N mineralizado da matéria orgânica do solo (MOS) e o N do fertilizante, temporariamente imobilizado nos resíduos (LARA CABEZAS et al., 2001), fica disponível para o milho, além do N derivado da decomposição dos resíduos, acelerada pela própria adubação nitrogenada (ZOTARELLI et al., 2002). O fato de haver estiagem prolongada no Cerrado seria um ponto favorável para o sucesso dessa prática. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivos: a) quantificar a produção de MMS e o N reciclado pelas culturas de inverno em SPD e SP e a posterior decomposição do material de cobertura até a semeadura do milho em SPD; b) avaliar perdas por volatilização de amônia de fontes nitrogenadas aplicadas em pré-semeadura e cobertura em ambos os sistemas de preparo; e c) quantificar a eficiência do adubo nitrogenado aplicado em pré-semeadura (70 % da dose) e em cobertura (30 %) na cultura de milho e seu efeito na produtividade do milho, em dois sistemas de sucessão: milheto - milho e

nabo forrageiro - milho em SPD e SP, na região do Triângulo Mineiro, MG.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na fazenda Floresta do Lobo, Rodovia BR - 050, km 93, município de Uberlândia (MG), em LATOSSOLO VERMELHO Ácrico típico, fase cerrado, de vegetação subcaducifólia, contendo 710 g kg⁻¹ de argila na camada de 0-10 cm de profundidade. A caracterização química do solo, em SPD, foi realizada em setembro de 1998, nas camadas de 0 a 10 e 10 a 20cm de profundidade apresentando, respectivamente: pH (água) 6,1 e 5,6; P (Mehlich 1) 16,2 e 3,0mg dm⁻³; K (Mehlich 1) 3,21 e 0,72mmol_c dm⁻³; CTC 70,0 e 50,0mmol_c dm⁻³; saturação por bases 73,0 e 52 % e MO 45,0 e 36,0g dm⁻³. Em SP, após o revolvimento do solo, na camada de 0 a 20cm de profundidade, o solo apresentou: pH (água) 5,8; P (Mehlich 1) 7,7mg dm⁻³; K (Mehlich 1) 1,87mmol_c dm⁻³; CTC 60,0mmol_c dm⁻³; saturação por bases 71,0% e MO 41,0g dm⁻³. Deve-se destacar que o tratamento SP, foi assim denominado, porque em outubro de 1997, após quatro anos agrícolas sob SPD, o preparo para a semeadura foi feito com aração e gradagem. A área esteve sob SPD em cultivo alternado de milho e soja nas safras de verão, e gramíneas (aveia preta, sorgo forrageiro e milheto), com a finalidade de proporcionar cobertura do solo, no outono e inverno.

Em cada sistema de preparo foi empregado o delineamento de blocos casualizados, em esquema de faixas (para facilitar as operações de campo), com quatro repetições. As parcelas principais (45,0 x 10,4m) foram constituídas por dois sistemas de sucessão de culturas: milheto - milho e nabo forrageiro - milho. O SP constou de uma aração na profundidade de 15 a 20cm e uma passagem de grade niveladora. As subparcelas foram constituídas de dois tratamentos: a) adubação completa, como realizado no restante da área comercial, e b) ausência de nitrogênio na adubação de fundação e cobertura, com aplicação dos outros nutrientes, no cultivo do milho.

Embora pouco usual, na área destinada a SP, no outono - inverno de 1998, foram semeadas as mesmas espécies que em SPD, sendo incorporadas após a passagem de rolo-faca.

No SPD, após a colheita da safra da soja 97/98 (10/03/98), foram realizadas oito amostragens ao acaso, em quadrante de 1 m², com a finalidade de estimar a MMS (seca em estufa a 60°C até peso constante) e o conteúdo de N na cobertura morta (digestão-destilação Kjeldahl). Durante o ciclo das culturas de inverno e até à semeadura de milho (março

a setembro de 1998), foram avaliadas a matéria seca e o N-residual do material em decomposição. Em quatro das oito parcelas, foram instaladas cinco microparcelsas de 0,2 x 0,2m, nas quais se colocou o equivalente em material fresco, existente na ocasião. As microparcelsas foram cobertas com sombrite a uma altura de 0,1m para evitar a deposição de material externo no local. A correção de MMS, devido a possível presença de solo nas amostras dos resíduos, foi feita através da análise de cinzas, após ignição das mesmas, segundo REZENDE et al., (1999). Em ambos os sistemas de preparo, o nabo forrageiro foi semeado em 17/03/98 e o milho em 22/03/98. As culturas foram semeadas em linhas, espaçadas de 0,15m, com densidade de semeadura de 15 e 25kg ha⁻¹ de sementes para o nabo forrageiro e milho, respectivamente, sem adubação nem tratamento fitossanitário das sementes. Na ocasião de pleno florescimento (3/06/98), em SPD, foi avaliada a produção de MMS e o N acumulado na parte aérea, em oito repetições, sendo as plantas cortadas a 5cm da superfície do solo. Os valores obtidos foram somados à cobertura morta existente nesta ocasião.

Em 14/11/98, foi semeado o híbrido de milho Exceler (triplo), semi - precoce, numa densidade de 62.500 plantas ha⁻¹, espaçamento de 0,8m, sobre uma resteva estimada em 3.124kg ha⁻¹, em média, no tratamento antecedido pelo nabo forrageiro, e em 3.901kg ha⁻¹, no tratamento antecedido pelo milho, na área sob SPD. No sulco de semeadura, para todos os tratamentos com adubação nitrogenada, realizou-se a aplicação de 36, 90 e 54kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O formado por sulfato de amônio (SA), fosfato monoamônico e superfosfatos simples amoniado e KCl). Foram adicionados também 1,2; 0,45; 0,18; 0,9; 1,8 e 0,36kg ha⁻¹ de Zn, B, Cu, Fe, Mn e Mo, respectivamente. Em pré-semeadura (7/11/98), foram aplicados em sulcos, com espaçamento de 0,4m, a 5-7cm de profundidade, 70kg ha⁻¹ de N e 70kg ha⁻¹ de K₂O misturando-se uréia (U) e SA na razão de 4:1 e KCl. No estádio de 4 a 5 folhas, foi aplicado a lanço, nas entrelinhas, 35kg ha⁻¹ de N na forma de SA, utilizando-se um sistema pendular de distribuição. Nos tratamentos em que foi omitida a aplicação de N, foram aplicados todos os outros nutrientes nas doses e épocas correspondentes. Em cada sistema de preparo de solo, nos tratamentos que receberam N em pré-semeadura e cobertura, foi instalada uma microparcelsa por parcela, de forma aleatória, com dimensões de 1,5m de comprimento por 1,6m de largura, constituída pelo sulco de adubação equidistante às duas linhas adjacentes, que seriam posteriormente semeadas (pré-semeadura), ou já semeadas, no caso do tratamento

de adubação em cobertura. Nessas microparcelsas, foram substituídos os adubos nitrogenados comerciais, pela aplicação de uma mistura de uréia marcada (46,7% N), com 2,241% de átomos de ¹⁵N em excesso, e sulfato de amônio (21,4% N), com 2,183% de átomos de ¹⁵N em excesso, em dose equivalente a 71,3kg ha⁻¹ de N. Nos tratamentos que receberam N no estádio de 4 a 5 folhas, foi instalada uma microparcelsa, de 3,0m de comprimento e 0,8m de largura por parcela, com aplicação de 35,7kg ha⁻¹ de N, a lanço na entrelinha, fornecido na forma de sulfato de amônio, com 2,183% de átomos de ¹⁵N em excesso.

O N-NH₃ volatilizado, proveniente da aplicação parcelada de N (pré-semeadura e cobertura), foi determinado somente na sucessão nabo-milho, em ambos os sistemas de preparo do solo, devido à limitada disponibilidade de aparelhos coletores de amônia. Foi utilizada a metodologia e o coletor de amônia semi-aberto estático calibrado por LARA CABEZAS et al. (1999), com dez repetições para cada tratamento. Na época da colheita (29/03/99), foi determinada a produtividade de grãos (umidade corrigida para 130g kg⁻¹) em SPD e SP. Nas microparcelsas que receberam adubo marcado com ¹⁵N em pré-semeadura, foram colhidas as plantas no interior do metro linear central das duas linhas da microparcelsa. O material foi fracionado em parte aérea (palha + colmo + sabugo) e grãos. O N da parte aérea e grãos foi determinado por via seca Dumas (RAMOS et al., 2001), e posterior determinação da abundância de ¹⁵N por espectrometria de massas, na Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ. Efetuaram-se os cálculos da percentagem e da quantidade de nitrogênio (kg ha⁻¹) no grão e parte aérea derivada do fertilizante (*Nppf*) e a recuperação do N-fertilizante (%) de acordo com LARA CABEZAS et al., (2000). O *Nppf* de cada adubação nitrogenada (pré-semeadura e cobertura) foi somado e calculada a eficiência total do N-fertilizante, em relação ao N total aplicado (107,0kg ha⁻¹). A comparação das médias das variáveis avaliadas, entre os sistemas de preparo de solo e sucessão de culturas, foi realizada pelo teste t de Student, a 5% de significância

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a colheita da soja, realizada em 7/03/98, a resteva foi incorporada em SP (não quantificada) e a cobertura morta estimada na área de SPD em 6.725kg ha⁻¹ de MMS com 106,9kg ha⁻¹ de N. Até o pleno florescimento das culturas de inverno (3/06/98), quando foram acamadas com rolo-faca, em SPD e SP, o nabo forrageiro produziu, em média, 2.274 e 2.546kg ha⁻¹ de MMS, e uma acumulação de N de 53,0 e 61,6kg

ha⁻¹, respectivamente. Estas quantidades, embora aquém do observado na região Sul, estão dentro do esperado para a região do Cerrado (ALVARENGA et al., 2001). Por sua vez, o milho alcançou os respectivos valores médios em SPD e SP de 5.202 e 5.101kg ha⁻¹ de MMS e 107,8 e 104,1kg ha⁻¹ de acumulação de N.

A distribuição da pluviosidade, a decomposição da cobertura morta e o N-residual, referentes ao SPD, no período de desenvolvimento vegetativo das culturas de inverno até o acamamento (3/06/08), constam na figura 1. A pluviosidade acumulada foi de 315,5mm em 78 dias, representando, em média, 4mm dia⁻¹, porém com estiagens frequentes (Figura 1a). Nesse intervalo de tempo, sob nabo forrageiro (Figura 1b), houve decomposição média de resíduos de soja e resíduos anteriores (milho e aveia preta) estimada em 1.914kg ha⁻¹ e uma liberação de 40,4kg ha⁻¹ de N, equivalente a 76,2% do N acumulado pela cultura $[(40,4/53,0) \times 100]$. Sob milho, houve decomposição média estimada de 1.150kg ha⁻¹ e 40,3kg ha⁻¹ de N foram disponibilizados ao sistema (Figura 1c), equivalente a 37,4% do N acumulado pelo milho $[(40,3/107,8) \times 100]$. Na época do acamamento do nabo forrageiro, em SPD, 79 dias após a semeadura, foram adicionados 2.274kg ha⁻¹ de MMS de parte aérea, contendo 53,0kg ha⁻¹ de N (relação C/N = 24,9, assumindo 58% de C), que somados à cobertura morta residual, e ao N-residual, estimados a partir dos modelos (Figura 1b) totalizaram 6.545kg ha⁻¹ de MMS e 98,6kg ha⁻¹ de N, sobre a superfície do solo. De forma similar, após o acamamento do milho, 74 dias após a semeadura, foram adicionados ao sistema 5.202kg ha⁻¹ de MMS e 107,8kg ha⁻¹ de N (relação C/N = 28,0), que somados à cobertura morta e ao N-residual, estimados pelos modelos utilizados (Figura 1c), significaram 10.387kg ha⁻¹ de MMS e 153,9kg ha⁻¹ de N, na superfície do solo. Longos períodos de estiagem foram observados após o acamamento das culturas de inverno em SPD (3/06/98) até a semeadura de milho (13/11/98), conforme pode ser observado na distribuição da pluviosidade durante o período (Figura 2a). Houve decomposição média, estimada nesse período, de 4.019kg ha⁻¹ de MMS, e liberação de 77,3kg ha⁻¹ de N, na sucessão nabo-milho (Figura 2b). Por sua vez, na sucessão milho-milho (Figura 2c), houve decomposição média de MMS estimada em 8.022kg ha⁻¹, e liberação de 130,7kg ha⁻¹ de N. Em ambas as sucessões, o N liberado pela decomposição da cobertura morta superou o N contido nos resíduos das culturas de inverno, indicando que a decomposição dos restos culturais assinalados foi importante na liberação de N. Como as quantidades

residuais de matéria seca e N da cobertura morta não mostraram diferenças significativas ao final da época de avaliação, o tratamento com palha de milho aumentou a disponibilidade de N ao sistema (Figura 2).

As perdas acumuladas de N-NH₃ volatilizado, provenientes do N aplicado em pré-semeadura e em cobertura, respectivamente, foram inferiores a 2,0% do N aplicado (71,3kg ha⁻¹ de N), tanto em SPD como SP, quando as fontes foram incorporadas em pré-semeadura. A aplicação superficial de sulfato de amônio, feita a lanço, na ocasião da cobertura, causaram perdas estimadas e inferiores a 14,0% do N aplicado (em torno de 5kg ha⁻¹ de N), em ambos os sistemas de manejo. Estes resultados corroboram com os obtidos por LARA CABEZAS et al. (2000).

A tabela 1 mostra que em SPD houve maior produção de matéria seca (21.139kg ha⁻¹), N-total acumulado na planta (239,5kg ha⁻¹), recuperação do N-fertilizante (36,2kg ha⁻¹) e eficiência de recuperação (50,8% do N aplicado) no milho cultivado em sucessão com milho do que em sucessão a nabo forrageiro. Estes resultados têm a influência do milho, que apresentou maior quantidade de N acumulado na parte aérea e maior disponibilidade de N na fase de decomposição, após o acamamento (Figura 2). Por sua vez, em SP, não foi observada diferença significativa em ambas as sucessões (Tabela 1). Nesta condição, não houve efeito da cultura antecessora em função da incorporação prévia de restevias, que já mineralizadas, não teriam afetado o comportamento da biomassa microbiana quanto à imobilização.

A tabela 2 mostra que, para a adubação em cobertura, não houve diferença significativa quanto à recuperação de N-fertilizante na planta e eficiência entre as sucessões, nos tratamentos de preparo do solo. Na aplicação de N em cobertura, em SPD, as eficiências de recuperação de N fertilizante foram de 72,0 e 69,7% do aplicado nas sucessões de nabo-milho e milho-milho, respectivamente. Em SP foram, respectivamente, de 80,4 e 75,7%. ZOTARELLI et al. (2002), trabalhando com as mesmas doses de N na forma de SA, mostraram, também, maior eficiência de recuperação de N fertilizante aplicado em cobertura, em relação a pré-semeadura. O N-fertilizante acumulado na planta (pré-semeadura + cobertura) nas sucessões e sistemas de preparo de solo foram de 57,1% (61,1kg ha⁻¹ do N-aplicado) e 42,1% (45kg ha⁻¹) nas sucessões milho-milho e nabo-milho, respectivamente, em SPD. Em SP foram, respectivamente, 46,8% e 46,3% do N-aplicado.

Em SPD, na ausência de adubação nitrogenada, em sucessão à nabo (Figura 3), a

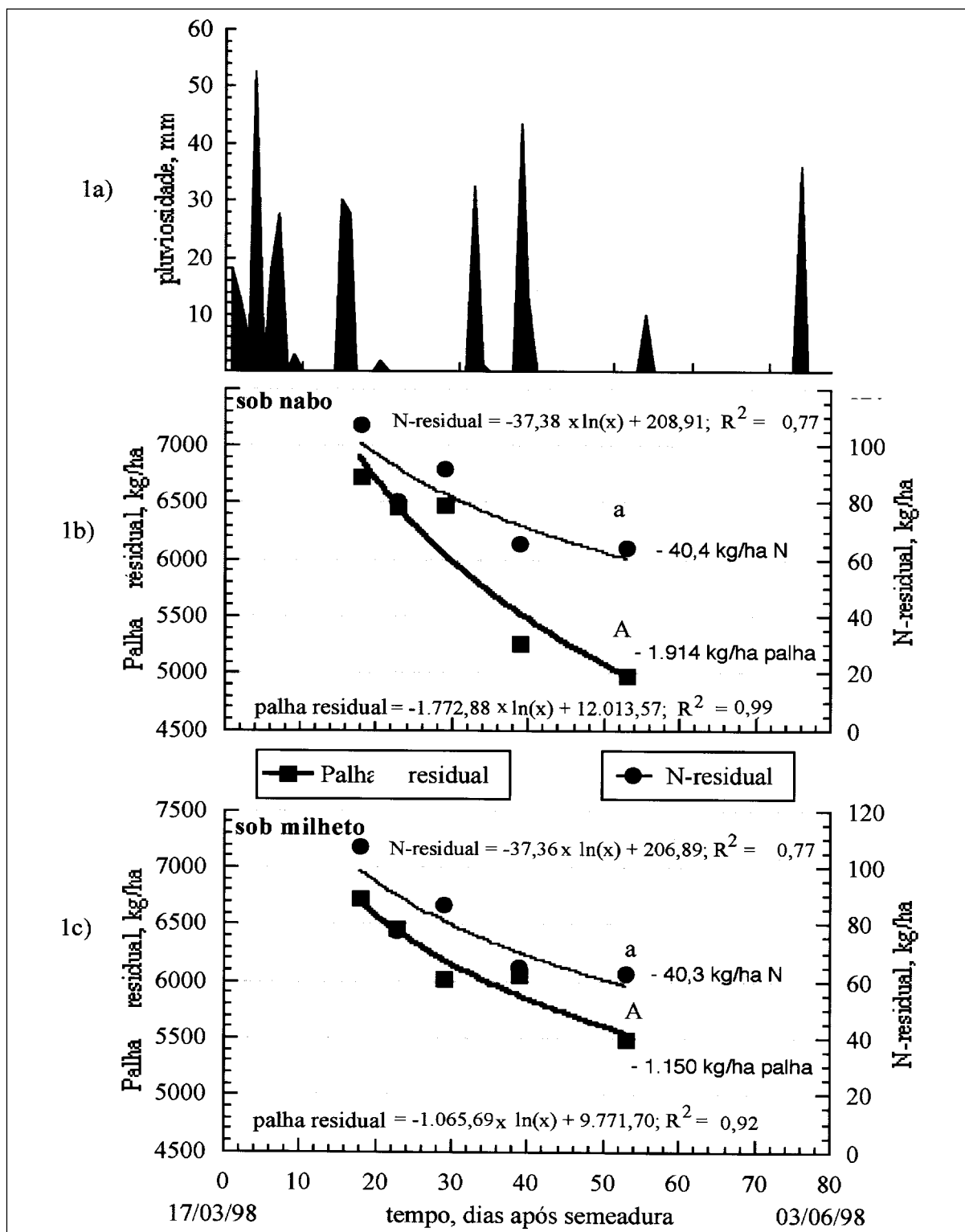


Figura 1 - Distribuição da pluviosidade (a) e decomposição da palha remanescente (milho +aveia preta + soja) e N-residual da palha sob nabo forrageiro (b) e sob milheto (c).Entre as sucessões, para a MMS residual, as médias seguidas de letras maiúsculas iguais, não diferem entre si pelo teste "t" de Students ao nível de 5% de significância.Entre sucessões , para o N-residual, as médias seguidas de letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste "t" de Students em nível de 5% de significância.

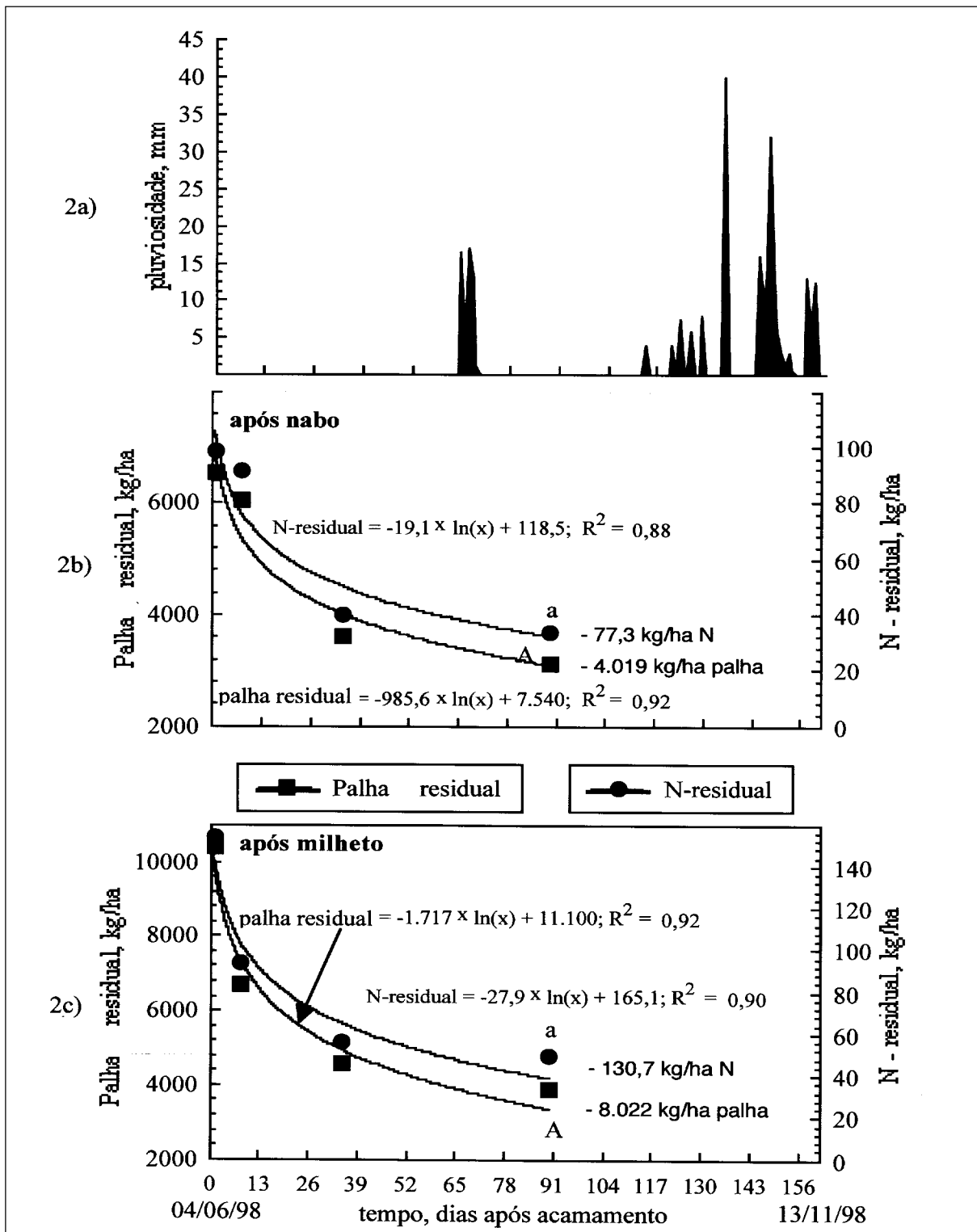


Figura 2 - Distribuição da pluviosidade (a) e decomposição da palha remanescente (milho + aveia preta + soja) e N-residual da palha, após o acamamento do nabo forrageiro (b) e após milho (c). Entre as sucessões, para a MMS residual, as médias seguidas de letras maiúsculas iguais, não diferem entre si pelo teste "t" de Students ao nível de 5% de significância. Entre sucessões, para o N-residual, as médias seguidas de letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste "t" de Students em nível de 5% de significância.

Tabela 1 - Produção de massa de matéria seca (MMS), nitrogênio total e acumulado pela planta (N-total), concentração de ^{15}N , nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (Nppf) de recuperação do N-fertilizante na cultura do milho após a aplicação incorporada da uréia + sulfato de amônio em pré-semeadura em sistema plantio direto e solo prepa

Sucessão	Parte da planta	Sistema de Manejo												
		Sistema plantio direto					Sistema solo preparado							
		MMS	N-total	Concentração de ^{15}N	Nppf	Concentração de ^{15}N	MMS	N-total	Concentração de ^{15}N	Nppf	Concentração de ^{15}N			
		kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	% exc. átom.	%	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	% do aplic.	%	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	% exc. átom.	%	kg ha ⁻¹
Nabo-milho	Parte aérea	8.647	72,2	0,129	11,6	8,4	5.781	11,8	13,4	52,7	0,149	13,4	7,1	
	Grãos	6.156	100,6	0,120	10,8	10,9	7.061	15,3	13,6	101,0	0,151	13,6	13,7	
	Total	14.803 B	172,9 B	-	-	19,3 B	12.842 A	27,1 B	-	-	153,7 A	-	-	20,8 A
Milheto-milho	Parte aérea	12.334	103,3	0,200	18,0	18,9	7.168	26,5	13,6	68,0	0,152	13,6	9,2	
	Grãos	8.805	136,2	0,142	12,7	17,3	6.312	24,3	15,5	89,4	0,173	15,5	13,9	
	Total	21.139 A	239,5 A	-	-	36,2 A	13.480 A	50,8 A	-	-	157,4 A	-	-	23,1 A

¹⁾ As médias seguidas de letras diferentes na coluna, diferem entre si pelo teste "t" (Student) em nível de 5% de significância

Tabela 2 - Produção de massa de matéria seca (MMS), nitrogênio total e acumulado pela planta (N-total), concentração de ^{15}N , nitrogênio na planta proveniente do fertili eficiência de recuperação do N-fertilizante na cultura do milho após a aplicação a lanço do sulfato de amônio em cobertura em sistema plantio direto e solo preparado.

Sucessão	Parte da planta	Sistema de manejo												
		Sistema plantio direto					Sistema solo preparado							
		MMS	N-total	Concentração de ^{15}N	Nppf	Concentração de ^{15}N	MMS	N-total	Concentração de ^{15}N	Nppf	Concentração de ^{15}N			
		kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	% exc. átom.	%	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	% do aplic.	%	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	% exc. átom.	%	kg ha ⁻¹
Nabo-milho	Parte aérea	8.750	70,7	0,173	15,8	11,2	7.672	31,4	18,9	71,5	0,207	18,9	13,5	
	Grãos	7.442	109,1	0,145	13,2	10,9	6.635	40,6	16,0	94,9	0,175	16,0	15,2	
	Total	16.192 A	179,8 A	-	-	25,7 A	14.037 A	72,0 B	-	-	166,4 A	-	-	28,7 A
Milheto-milho	Parte aérea	6.597	98,5	0,156	14,3	14,1	8.043	39,5	15,4	66,5	0,169	15,4	10,2	
	Grãos	8.223	58,8	0,200	18,3	10,8	8.319	30,3	14,7	114,0	0,161	14,7	16,8	
	Total	14.820 A	157,3 A	-	-	24,9 A	16.362 A	69,7 A	-	-	180,5 A	-	-	27,0 A

⁽¹⁾ As médias seguidas de letras diferentes na coluna, diferem entre si pelo teste "t" (Student) em nível de 5% de significância

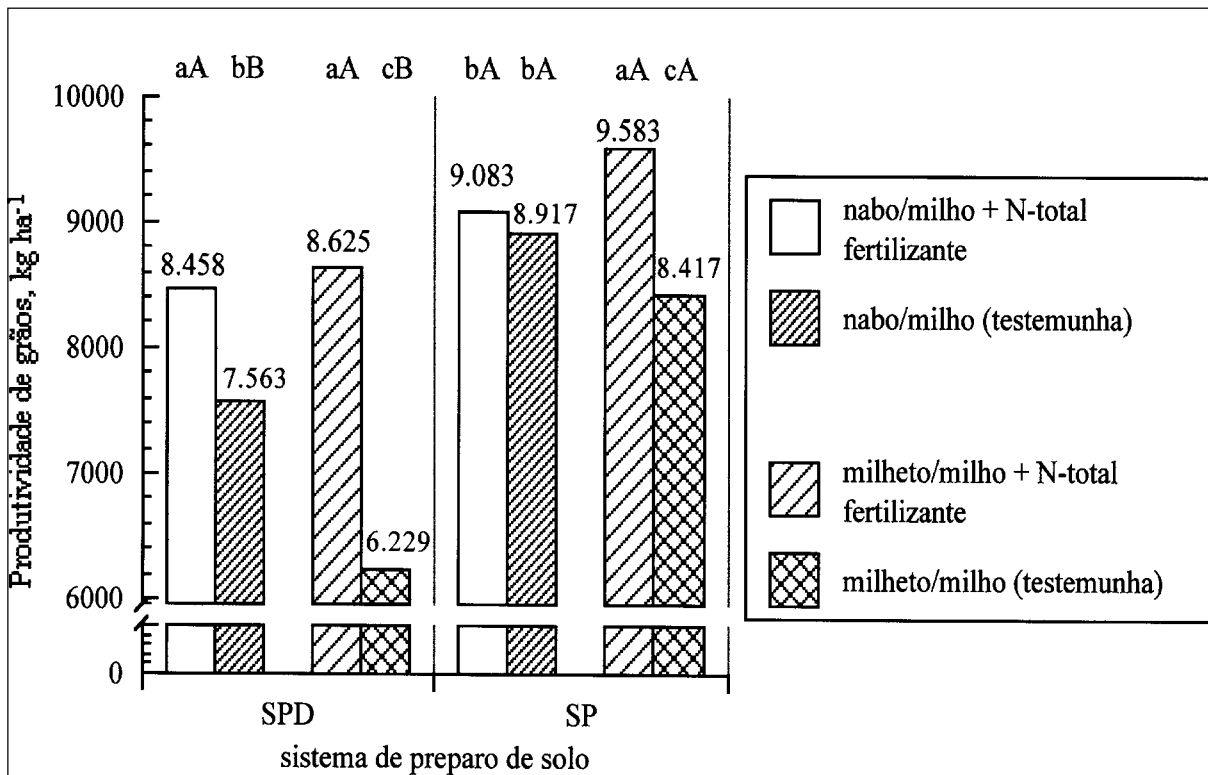


Figura 3 - Produtividade de grãos de milho em sucessão as culturas de milho e nabo forrageiro em SPD e SP. Dentro de cada sistema de preparo de solo, entre sucessões com e sem adubação nitrogenada de cobertura, as médias seguidas de letras minúsculas desiguais diferem entre si pelo teste de "t" de students em nível de 5% de significância. Entre sistema de preparo de solo, na mesma sucessão, com e sem adubação nitrogenada de cobertura, as médias seguidas de letras maiúsculas iguais, não diferem entre si pelo teste de "t" de students em nível de 5% de significância.

produtividade de milho (7.563kg ha⁻¹) foi superior à sucessão com milho (6.229kg ha⁻¹), indicando que maior quantidade de N foi disponibilizado na sucessão nabo-milho. Por sua vez, em SP, as produtividades foram, respectivamente, de 8.917 e 8.417kg ha⁻¹, mostrando que a incorporação das restevras (adubação verde) deve ter disponibilizado maior quantidade de N em relação à SPD, e que o nabo foi mais favorável para o milho que o milho. Na presença de N, verificou-se na sucessão milho-milho, acréscimo médio de 2.396kg ha⁻¹ de grãos em relação à testemunha (Figura 3). Em SP, verificou-se que o efeito da adubação com N mostrou acréscimos muito inferiores em produtividade em relação à testemunha: 166 e 1.166kg ha⁻¹ de grãos nas sucessões nabo-milho e milho-milho, respectivamente. Nesta condição, em que se fez a incorporação da cobertura morta no solo, a maior disponibilidade de N do solo, pela maior mineralização de N em relação ao SPD, poderia ter contribuído para uma menor eficiência da recuperação do N fertilizante.

CONCLUSÕES

Tanto em SPD como em SP, a produção de matéria seca e acumulação de N pelo milho foram superiores às observadas com nabo forrageiro. A decomposição de resíduos e a correspondente liberação de N, foi afetada tanto na presença quanto na ausência de adubação nitrogenada, aplicada em pré-semeadura. As perdas de N observadas através da volatilização de NH₃ foram desprezíveis. Em pré-semeadura a eficiência do fertilizante foi superior na sucessão milho-milho do que na sucessão nabo-milho em SPD, sendo similares em SP, quando as culturas de inverno foram incorporadas ao solo. Maiores rendimentos de milho foram observados com a incorporação dos resíduos (SP), com uma influência menor da adubação nitrogenada, comparando-se com o observado em SPD.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro outorgado para o estudo bem como aos discentes

do ICIAG/UFU, pela execução dos trabalhos de campo e laboratório.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, R.C. et al. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, n.208, p.25-36, 2001.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J. Plantio direto e rotação de culturas com leguminosas. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, n.50, p.23-27, 1999.

AMADO, T.J.C. et al. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.1, p.241-248, 2002.

CERETTA, C.A. et al. Nitrogen fertilizer split-application for corn in no-till succession to black oats. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.59, n.3, p.549-554, 2002.

LARA CABEZAS, W.A.R. et al. Calibration of a semi-open static collector for determination of ammonia volatilization from nitrogen fertilizers. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.30, p.389-406, 1999.

LARA CABEZAS, W.A.R. et al. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura de milho, em sistema plantio direto no Triângulo Mineiro (MG). **Revista**

Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.24, p.363-376, 2000.

REZENDE, C.P. et al. Litter deposition and disappearance in Brachiaria pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Netherlands, v.54, n.2, p.99-112, 1999.

ROS, C.O.; AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, p.135-140, 1996.

SPEHAR, C.; LARA CABEZAS, W.A.R. Introdução e diversificação de espécies para a diversificação do sistema produtivo nos cerrados. In: LARA CABEZAS, W.A.R.; FREITAS, P.L. **Plantio direto na integração lavoura-pecuária**. 2.ed. Uberlândia : Universidade Federal de Uberlândia, 2001. p.179-188.

WIETHÖLTER, S. Manejo da fertilidade do solo na cultura do milho. In: SEMINÁRIO SOBRE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DO MILHO, 2000, Passo Fundo. **Resumo de palestras...** Passo Fundo : Aldeia Norte, 2000. p.5-38.

ZOTARELLI, L. et al. Recuperação do N derivado do fertilizante pela cultura do milho em sistema plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25., 2002, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro : UFRRJ, 2002. p.91.