

Doses e épocas de aplicação de nitrogênio: Influência na relação C/N da palhada no desenvolvimento e produtividade do milho em sistema plantio direto

Time of application and doses of N effects on the C/N ratio of the straw cover and on growth and productivity of maize plants in a no-tillage system

Flávia Meinicke NASCIMENTO^{1,2}, Sílvio José BICUDO³, Dirceu Maximino FERNANDES⁴, José Guilherme Lança RODRIGUES⁵, Jairo Costa FERNANDES⁶, Mariléia Barros FURTADO⁷

¹ Parte da dissertação de Mestrado do primeiro autor

² Autora para correspondência; Prof.^a. Dr.^a. do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina - CAV/UEDESC. Av. Luiz de Camões, 2090 - Bairro: Conta Dinheiro, CEP 88520-000, Lages, SC; a2fmn@cav.udesc.br

³ Prof. Dr. da Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP /Botucatu - SP, Departamento de Produção Vegetal – Agricultura; sjbicudo@fca.unesp.br

⁴ Prof. Dr. da Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP /Botucatu - SP, Departamento de Recursos Naturais – Ciência do Solo; dmfernandes@fca.unesp.br

⁵ Prof. Dr. da Associação Educacional do Vale do Jurumirim (EDUVALE), Avaré – SP; lancarodrigues@hotmail.com

⁶ Prof. do Instituto Federal Baiano, IFBA, Itapetinga - BA; costajf10@hotmail.com

⁷ Prof.^a. Dr.^a da Universidade Federal do Maranhão, UFMA, Chapadinha – MA; marileiafurtado@hotmail.com

Resumo

Objetivou-se avaliar a influência de doses e épocas de aplicação de N e suas interferências na relação C/N da palhada no desenvolvimento e na produtividade do milho em SPD. O experimento foi conduzido em condições de campo, na FCA/UNESP, Campus de Botucatu-SP. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, sendo consideradas parcelas as doses de nitrogênio (0; 20; 40 e 60 kg ha⁻¹) aplicadas na cultura da aveia; e as doses de nitrogênio (60; 80; 100 e 120 kg ha⁻¹) aplicadas em cobertura na cultura do milho, com quatro repetições. O desenvolvimento e a produtividade do milho em sistema plantio direto são dependentes da relação C/N e da palhada. A resposta da cultura do milho à aplicação antecipada de N é função das doses e das épocas destas aplicações.

Palavras-chave adicionais: *Zea mays*, *Avena strigosa*, sucessão de culturas.

Abstract

the objective of this research work was to evaluate the effects of doses and time of application of N on the C/N ratio of the straw cover and on the growth and productivity of maize plants growing in a no tillage system. The experiment was carried out at the Experimental Farm of the College of Agriculture of the São Paulo State University (UNESP) on its campus of Botucatu, state of São Paulo, Brazil. The treatments were distributed in the field according to a randomized complete block design in a split plot arrangement. The treatments consisted of four doses of N (0, 20, 40, and 60 kg ha⁻¹) applied to oat crop and N doses (60, 80, 100, and 120 kg ha⁻¹) sidedressed to corn. The development and productivity of the maize crop in a no-tillage system were found to be dependent of the C/N ratio and the straw cover. The response of the maize plants to the early application of N is dependent on doses and time of application.

Additional keywords: *Zea mays*, *Avena strigosa*, crop succession.

Introdução

A cultura do milho encontra-se entre as de maior potencial de produção de fitomassa por unidade de área. No entanto, para que possa atingir elevados rendimentos biológicos, o milho necessita ter suas exigências nutricionais

plenamente satisfeitas, visto que produtividades elevadas implicam grande extração de nutrientes (SANGOI & ALMEIDA, 1994).

Para MAR et al. (2003), para se obter a máxima eficiência do fertilizante nitrogenado, é importante determinar as épocas em que esse nutriente é mais exigido pelas plantas, permi-

tindo, assim, corrigir as deficiências que possam ocorrer no desenvolvimento da cultura. A eficiência da adubação nitrogenada é dependente de condições climáticas, tipo de solo, acidez, conteúdo de argila, cultivares, cultura antecessora, distribuição de chuvas, níveis de fertilização nitrogenada e sua interação com outros nutrientes (SIMS et al., 1998).

Para DENARDIN & KOCHHANN (1993), o Sistema Plantio Direto foi definido como sistema de exploração agropecuária, que envolve diversificação de espécies via rotação de culturas, as quais são estabelecidas na lavoura mediante a mobilização de solo exclusivamente na linha de semeadura, mantendo-se os resíduos vegetais das culturas anteriores sobre a superfície do solo. É um importante modificador da concentração e da distribuição dos nutrientes no perfil do solo. O Plantio Convencional resulta numa distribuição mais uniforme de nutrientes na camada mecanizada, devido ao revolvimento desta, enquanto no Sistema Plantio Direto fica caracterizada a acumulação de elementos na camada superficial (HOLANDA, 1998).

Em comparação com o Preparo Convencional, o Sistema Plantio Direto tem efeitos positivos sobre as propriedades químicas mais importantes do solo. Sob este sistema, registram-se maiores valores de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e também maiores valores de pH, ao passo que a saturação de alumínio se torna mais baixa (SIDIRAS & PAVAN, 1985).

PÖTTKER & WIETHÖLTER (2004), cultivando a aveia-preta precedendo ao milho, e testando épocas de aplicação de nitrogênio, constatou que, em safra com elevada precipitação nos estádios iniciais de desenvolvimento do milho, a aplicação de N na semeadura e em cobertura ocasionou rendimento de milho superior à aplicação em pré-semeadura e na semeadura.

A eficiência do uso de nutrientes em solos ácidos, especialmente o nitrogênio, será sempre dependente da parcial ou completa solução de algumas limitações, tais como: altos teores de H^+ e Al^{3+} ativos na solução do solo; baixa capacidade de troca catiônica; alta capacidade da fase sólida em adsorver ânion, especialmente o íon fosfato; baixa atividade orgânica e biológica, envolvendo também o ambiente, e manejo do solo e da planta (GOEDERT et al., 1997).

As cultivares também são importantes no que diz respeito à absorção de nutrientes; e a seleção de cultivares próprias para ambientes pobres em nitrogênio (N) tem sido buscada por diversos pesquisadores. LAFITTE & EDMEADES (1994) estudaram progênies de irmãos completos de uma população que estava sob seleção

em condições de baixa e alta disponibilidade de N. Estes autores constataram correlações elevadas entre a produção e alguns caracteres fisiológicos, como a concentração de clorofila nas folhas da espiga, altura da planta, intervalo entre a antese e o aparecimento dos estigmas, e a velocidade de senescência.

O tipo de resíduo vegetal em decomposição na superfície do solo pode afetar a eficiência da utilização da adubação nitrogenada da cultura em sucessão. No caso da aveia, devido à alta relação carbono/nitrogênio (C/N) de seus resíduos, ocorrem prejuízos com relação ao equilíbrio de N no solo, quando se cultiva milho em sucessão, devido à imobilização de N no solo, diminuindo sua disponibilidade para o milho nos estádios iniciais de desenvolvimento (WOLSCHICK et al., 2003).

Segundo VIEGAS & PEETEN (1987), o milho é normalmente incluído no sistema de rotação, pois, além da produção de grãos, deixa sobre o solo grande quantidade de restos de cultura de muita importância para ser utilizada como cobertura morta. Já no sistema de cultivo convencional, o revolvimento do solo promove perda de matéria orgânica maior em comparação ao SPD; a deterioração da estrutura do solo e a consequente compactação que se observa normalmente entre 0,10 e 0,15 m de profundidade, prejudica o desenvolvimento do sistema radicular do milho, ao mesmo tempo em que reduzem a infiltração da água no solo.

Para DUARTE (2004), um dos problemas do SPD na sucessão soja/milho é a baixa cobertura do solo, sendo necessário o emprego da rotação de culturas para o sucesso do sistema. Embora o milho seja uma das espécies que mais produz palhada no outono-inverno, a grande produção de massa seca da parte aérea pode não proporcionar cobertura uniforme do solo em sistemas de sucessão que sempre incluem a soja no verão.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de doses e épocas de aplicação de N e suas interferências na relação C/N da palhada, no desenvolvimento e na produtividade do milho em Sistema Plantio Direto.

Material e métodos

O experimento foi conduzido na FCA/UNESP - Botucatu-SP, latitude de 22°51 S, longitude de 48°26 W e 740 metros de altitude, em solo classificado como Nitossolo Vermelho distroférrico (EMBRAPA, 2006), textura argilosa. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa.

As Figuras 1 e 2 contêm os dados de precipitação pluvial ($mm\ mês^{-1}$) e temperaturas máxima, mínima e média mensais ($^{\circ}C$) dos meses de abril de 2006 a abril de 2007.

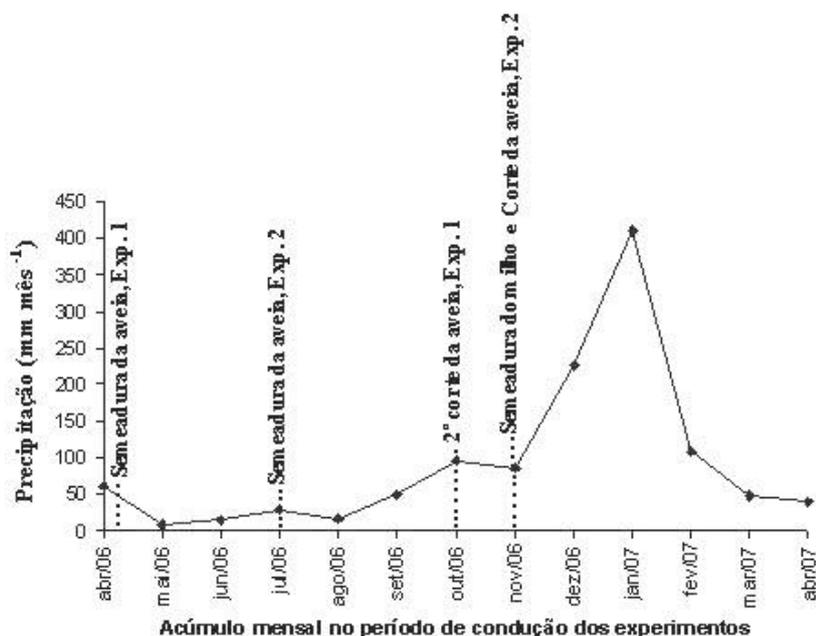


Figura 1 - Acúmulo mensal da precipitação pluvial (mm mês⁻¹), registrada durante a condução dos experimentos, Botucatu-SP. *Monthly accumulated rainfall (mm month⁻¹) during the experiment duration.*

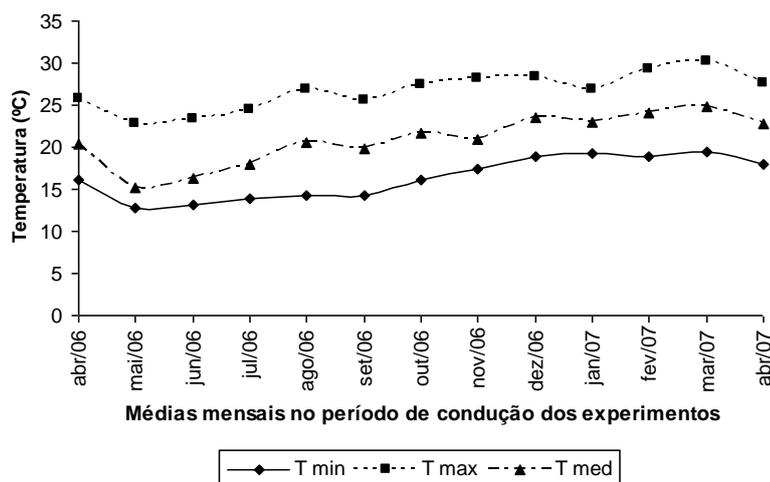


Figura 2 - Temperaturas (°C) máxima, mínima e média mensais, registradas durante a condução dos experimentos, Botucatu - SP. *Maximum, minimum and mean temperatures (°C) during the experiment duration.*

O experimento foi instalado em área de plantio direto de 1^o ano, em que a palhada presente na área era oriunda da cultura da soja. Antes da instalação do experimento, foi coletada uma amostra composta de solo cujos resultados das análises químicas se encontram na Tabela 1.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, em parcelas subdivididas. As parcelas constituíram-se da cultura da aveia com quatro tratamentos, sendo causa de variação as doses de nitrogênio: 0; 20; 40 e 60 kg ha⁻¹. O nitrogênio foi aplicado

na linha, manualmente, sobre a superfície do solo sem incorporação, 15 dias antes do 2^o corte da aveia, e foi realizada irrigação após a aplicação. A fonte utilizada foi a ureia. As parcelas tiveram as dimensões de 4x20 m com espaçamento de 0,17 m entre linhas e 80 sementes por metro.

As subparcelas constituíram-se da cultura do milho com quatro subtratamentos, sendo causa de variação as doses de nitrogênio a saber: 60; 80; 100 e 120 kg ha⁻¹ de N. A fonte de N foi a ureia. A adubação de cobertura na cultura do milho foi parcelada da seguinte forma:

1ª aplicação no estádio de 3 a 4 folhas (18 DAS), quando foram aplicadas 50 % das doses; e a 2ª aplicação no estádio de 6 a 7 folhas totalmente distendidas (49 DAS), ocasião em que se aplicaram os 50% restantes. O nitrogênio foi aplicado na linha, manualmente, sobre a superfície do solo sem incorporação e também foram realizadas irrigações após as aplicações. As subparcelas tiveram as dimensões de 4x5 m,

com linhas de semeadura espaçadas de 0,45 m com uma população de 50.000 plantas/ ha⁻¹

Foi aplicada água suplementar através de aspersores na cultura da aveia, totalizando 692 mm de água, ao longo de todo o ciclo da cultura, de acordo com a necessidade hídrica das plantas. Amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0 a 0,20 m, para a caracterização química da área (Tabela1), antes da instalação do experimento.

Tabela 1 - Caracterização química do solo da área onde foi instalado o experimento. *Chemical characterization of the soil used in the experiment.*

Exp.	pH CaCl ₂	M.O. (g dm ⁻³)	P resina (mg dm ⁻³)	H+Al	K	Ca (mmol _c dm ⁻³)	Mg (mmol _c dm ⁻³)	SB	CTC	V %
nº1	5,9	26	52	25	5,1	123	27	154	179	86
nº2	5,3	24	34	41	2,2	47	20	63	109	63

A aveia foi semeada no dia 19 de abril de 2006, com espaçamento de 0,17 m entre linhas e 80 sementes por metro, utilizando-se de semeadora para grãos finos. Foram utilizados 4 L ha⁻¹ do dessecante Gliz 480 SL (glyphosate), antes da semeadura da aveia. Foram feitos dois cortes na aveia, sendo o 2º corte por ocasião do florescimento, com roçadora manual. Não foi utilizado tratamento de sementes, nem aplicados produtos químicos para controle de pragas e doenças durante o ciclo.

O milho foi semeado manualmente, no dia 23 de novembro de 2006, com 5 linhas espaçadas de 0,45 m, utilizando-se do híbrido simples 2A525, de ciclo precoce, porte médio a alto, coloração alaranjada, textura semidura, da empresa Dow AgroScience. Não foi utilizado tratamento de sementes. Foram utilizados 2,5 kg ha⁻¹ de Round-up (glyphosate) para a dessecação da área. As duas linhas das laterais foram consideradas bordadura, e as três centrais, aproveitadas para as avaliações.

A adubação de semeadura do milho foi baseada na análise de solo, e a Tabela de recomendação, para o Estado de São Paulo (RAIJ et al., 1997). A adubação mineral na semeadura foi de 107 kg ha⁻¹ da fórmula 08-28-16, equivalente a 8,5 kg ha⁻¹ de N; 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅, e 17 kg ha⁻¹ de K₂O.

Foram feitas aplicações de 0,4L ha⁻¹ dos herbicidas de pós-emergência Sanson 40SC (nicosulfuron); 3,0 L ha⁻¹ de Atrazina Nortox 500 SC (atrazine), e 50 mL ha⁻¹ do inseticida Tracer (spinosad) para controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda* L.).

A colheita do milho foi realizada manualmente, no dia 12 de abril de 2007, 140 dias após a emergência.

Análises da palhada

- Para a caracterização da área (antes da instalação do experimento)

Foram retiradas amostras de palhada presente, em uma área definida, por um retângulo de madeira de 0,60 x 0,20 m, para a determinação da quantidade de palhada no solo, 15 dias antes da implantação da cultura da aveia. O material colhido foi seco em estufa a 60 °C, e posteriormente sua massa foi determinada (9.285 kg ha⁻¹).

- No 2º corte da aveia, por ocasião do florescimento

Na cultura da aveia, avaliou-se a massa seca da aveia e, posteriormente, a relação C/N foi calculada. Amostras de material vegetal foram retiradas, presentes em uma área definida, por um quadrado de madeira de 0,5 x 0,5 m em três pontos por parcela. O material vegetal colhido foi seco em estufa a 60 °C, e posteriormente amostras deste material foram retiradas e moídas para a determinação do teor de carbono e nitrogênio. O material excedente foi devolvido à sua respectiva área, três semanas após a aplicação do N e antes do corte da aveia, que foi realizado no mesmo dia, ocasião em que foi feita a coleta do material orgânico.

- Na cultura do milho, aos 95 dias após a semeadura (DAS)

Na cultura do milho, efetuaram-se a quantificação e a qualificação da palhada, retirando-se a massa seca, presente na superfície do solo, em uma área definida por um quadrado de madeira de 0,5 x 0,5 m. Amostras de palhada foram retiradas para a determinação dos teores de N e C no tecido da palhada, e o material restante foi devolvido às parcelas. As épocas de avaliação da palhada na cultura do milho foram na semeadura e aos 95 DAS.

Para todas as épocas de avaliação da palhada, o N foi quantificado pelo método semi-

micro Kjeldahl (MALAVOLTA et al., 1997), e o C, pelo método de WALKLEY & BLACK (1934).

Análises na cultura do milho

- Determinação da concentração de nitrogênio nas plantas de milho

Plantas de milho foram coletadas em duas épocas, para a determinação da concentração de nitrogênio nas folhas: a) antes da aplicação da 1ª cobertura de N, no estádio de 3 a 4 folhas, aos 18 DAS (10 plantas por parcela); b) duas semanas após a segunda aplicação de cobertura, no estádio de 6 a 7 folhas totalmente distendidas, aos 49 DAS (3 plantas por subparcela), sendo que, nessa mesma ocasião, determinou-se a massa seca das plantas de milho.

- Produtividade da cultura do milho

Para a determinação da produtividade, foram colhidas todas as espigas presentes nas três linhas centrais de cada subparcela, as quais apresentavam 5m de comprimento. O resultado está expresso em kg ha⁻¹, sendo o teor de água ajustado a 13%.

Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância e comparados através do teste F. As equações de regressão e os coeficientes de determinação (R²) tiveram sua significância testada ao nível de 5% de probabilidade e considerados significativos quando R² foi superior a 60%. Os modelos foram ajustados pelo teste t, a 5% de probabilidade, e somente quando os resultados foram significativos, foram apresentados tais modelos, independentemente de o teste F ter sido ou não significativo.

Resultados e discussão

O ajuste quadrático obtido para produção de massa seca da aveia-preta, no 2º corte, em função das doses de nitrogênio aplicadas (Tabela 2), revela ter havido resposta à adubação efetuada, possibilitando incremento da matéria de cobertura do solo, apresentando valor máximo para este variável quando da aplicação de 34,75 kg ha⁻¹ de N (Figura 3). Este fato ocorreu em função de esta adubação ter sido realizada por ocasião do florescimento, época em que a aveia estava na fase de enchimento de grãos. CERETTA et al. (2002a) encontraram maiores valores para massa seca da aveia quando foram aplicadas doses menores de N, entre 15 e 30 kg ha⁻¹. Já SANTI et al. (2003) encontraram resultados diferentes deste trabalho, verificando respostas crescentes à aplicação de N na massa seca da aveia, sendo que a máxima resposta foi verificada na dose de 180 kg ha⁻¹.

Para a relação C/N da aveia-preta, no presente ensaio, não se obteve efeito significativo (Tabela 2), indicando haver no solo quantidades suficientes de nitrogênio, provavelmente em função de este experimento ter sido implantado sobre uma palhada inicial de soja, limitando a resposta pela cultura da aveia-preta, para as doses de nitrogênio testadas. A elevada quantidade de palhada de aveia-preta, com alta relação C/N, pode provocar imobilização do N do solo e diminuir sua disponibilidade para as plantas de milho cultivadas em sucessão.

BORTOLINI et al. (2001), trabalhando com doses e épocas de aplicação de N, encontraram valores muito inferiores a estes para massa seca da aveia por ocasião da dessecação, sendo o resultado encontrado por este autor de 5,7 t ha⁻¹, porém a relação C/N foi próxima da obtida neste ensaio 35,4.

Tabela 2 - Massa seca no 2º corte da aveia (kg ha⁻¹) e relação C/N em função das doses de N aplicadas na aveia. *Black oat dry mass from the second cut and C/N ratio as a function of N doses.*

Doses de N (aveia) (kg ha ⁻¹)	Massa seca no 2º corte da aveia (kg ha ⁻¹)	Relação C/N
0	9124,75	37,58
20	11102,00	40,37
40	11320,50	36,22
60	10257,50	35,56
Estatística		
Ajustes ⁽¹⁾	L ^{n.s} , Q*	L ^{n.s} , Q*
R ²	0,9962	0,6006
CV (%)	10,11	15,82
Aveia	n.s	n.s

⁽¹⁾L: ajuste linear; Q: ajuste quadrático; n.s.: não significativo; *: P<0,05.

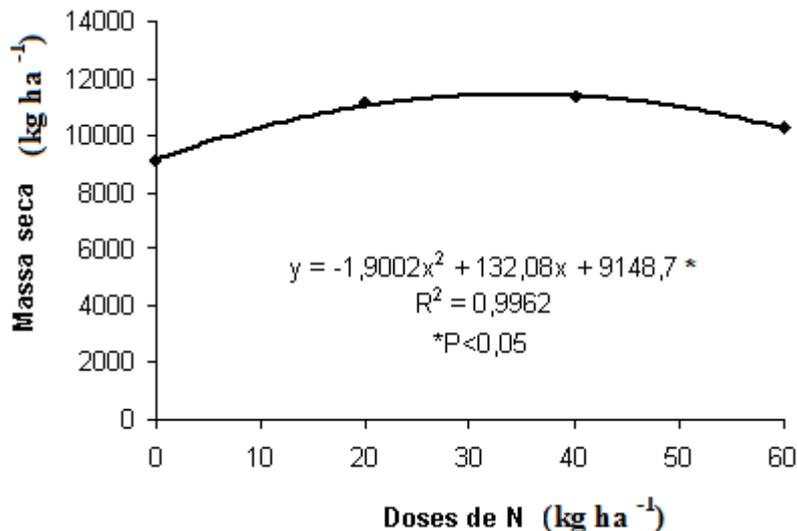


Figura 3 - Massa seca (kg ha⁻¹) em função das doses de N aplicadas na aveia. *Black oat dry mass (kg ha⁻¹) as a function of N doses applied to the plants.*

Para a massa seca da palhada sobre o solo, por ocasião da semeadura do milho (Tabela 3 e Figura 4), foi obtido ajuste quadrático em função das doses de nitrogênio aplicadas na aveia, sendo que o valor máximo foi atingido quando da aplicação de 28 kg ha⁻¹ de N; entretanto, quando esta avaliação foi realizada aos 95 DAS não foi obtido efeito significativo (Tabelas 3 e 4). Pode-se observar que a massa seca da palhada diminuiu consideravelmente, passando de aproximadamente 11.300 kg ha⁻¹ na avaliação realizada no 2^o corte da aveia, chegando a 7.700 kg ha⁻¹ na semeadura do milho e, na última avaliação, aos 95 DAS, 3.100 kg ha⁻¹. A manutenção de palhada de aveia na superfície do solo beneficia o desenvolvimento das plantas e a absorção de N, provavelmente por manter mais umidade no solo (ERNANI et al., 2005).

Para a relação C/N da palhada sobre o solo quando da semeadura, não foi obtido efeito significativo (Tabela 3), repetindo os resultados obtidos quando da avaliação da relação C/N existente na aveia-preta, no segundo corte (Tabela 2), reflexo da participação na cobertura do solo, de material originário da aveia-preta.

Na avaliação realizada aos 95 DAS, foram obtidos ajustes lineares decrescentes (Tabelas 3 e 5, e Figura 5) para as doses de nitrogênio aplicadas na aveia quando da aplicação de 60 e 80 kg ha⁻¹ no milho, associada à maior dose de N aplicada na aveia, que foi de 60 kg ha⁻¹. A relação C/N observada na palhada coletada quando da semeadura, até a coleta realizada aos 95 DAS, apresentou redução importante, passando de, aproximadamente, 32

a 40 para 19 a 25, devido ao fato de que, até a semeadura, influíram doses de N aplicadas na aveia, pois ainda não havia sido realizada a adubação na cultura do milho, podendo-se notar que, com o aumento das doses do adubo nitrogenado, a relação C/N tende a diminuir.

CERETTA et al. (2002b) verificaram que, sob condições em que ocorre acúmulo de resíduos com relação C/N alta, tenderá a ocorrer redução na disponibilidade de nitrogênio. Nesse caso, a adubação nitrogenada poderá fornecer nitrogênio, suprimindo a necessidade de N no solo.

PACE (2001), trabalhando com diferentes espécies de cobertura, dentre as quais aveia-preta, verificou que essa gramínea, quando não adubada com nitrogênio, foi o tratamento no qual a palhada apresentou maior relação C/N, independentemente da coleta, sendo elas: manejo das espécies de cobertura do solo, semeadura do milho, 30; 60 e 90 dias após a semeadura do milho.

Quanto à massa seca de plantas de milho realizadas na primeira coleta, aos 18 DAS, feita antes da 1^a cobertura, e o teor de nitrogênio nas folhas, não foram observados efeitos significativos e, por este motivo, não foi possível ajustar um modelo (Tabela 6). Este fato se deve provavelmente porque a aplicação do nitrogênio em pré-semeadura, na cultura da aveia, foi desnecessária, em função de este experimento ter sido instalado sobre palhada de soja, o que indica que o milho, provavelmente, já estivesse com suas necessidades nutricionais plenamente satisfeitas.

Tabela 3 - Massa seca da palhada (kg ha⁻¹) e relação C/N na semeadura do milho e aos 95 DAS. *Dry mass of the straw cover and C/N ratio at the sowing of maize and 95 days later.*

Causas de variação	Relação C/N da palhada na semeadura	Massa seca da palhada na semeadura (kg ha ⁻¹)	Relação C/N da palhada aos 95 DAS	Massa seca da palhada aos 95 DAS (kg ha ⁻¹)
Doses de N (aveia)				
0	40,28	6086,75	25,90	3394,87
20	32,62	7734,00	23,45	3480,81
40	35,14	6851,50	21,29	3181,31
60	38,38	5996,75	19,67	3607,68
Ajustes ⁽¹⁾	L ^{n.s.} , Q ^{n.s.}	L ^{n.s.} , Q [*]	L ^{n.s.} , Q ^{n.s.}	L ^{n.s.} , Q ^{n.s.}
Coefficiente de determinação	0,8708	0,8330	0,9998	0,3599
CV 1(%)	11,64	20,56	39,93	47,27
Doses de N (milho)				
60			22,50	3488,75
80			22,20	3384,56
100			22,89	3370,06
120			22,71	3421,31
Ajustes			L ^{n.s.} , Q ^{n.s.}	L ^{n.s.} , Q [*]
Coefficiente de determinação			0,3515	0,9966
CV 2(%)			19,52	30,84
Aveia	n.s	n.s	n.s	n.s
Milho	-----	-----	n.s	n.s
Interação A x M	-----	-----	n.s	n.s

⁽¹⁾ L: ajuste linear; Q: ajuste quadrático; n.s.: não significativo; *: P<0,05.

Tabela 4 - Massa seca da palhada aos 95 DAS (kg ha⁻¹) em função das doses de N aplicadas na aveia e no milho. *Straw cover dry mass 95 days after maize sowing as a function of N dose applied to oats and maize.*

Aveia/milho	60	80	100	120	Médias
0	3500,25	3168,00	3290,25	3621,00	3394,87
20	3566,00	3471,00	3343,75	3542,50	3480,81
40	3233,50	3135,25	3659,75	2696,75	3181,31
60	3655,25	3764,00	3186,50	3825,00	3607,68
Médias	3488,75	3384,56	3370,06	3421,31	

Tabela 5 - Relação C/N da palhada aos 95 DAS, em função das doses de N aplicadas na aveia e no milho. *C/N ratio of the straw cover 95 days after sowing of maize as a function of N dose applied to oats and maize.*

Aveia/milho	60 ⁽¹⁾ L [*] , Q ^{n.s.}	80 L [*] , Q ^{n.s.}	100	120	Médias
0	26,38	26,88	25,99	24,35	25,90
20	23,27	23,58	21,99	24,96	23,45
40	22,04	19,98	23,79	19,33	21,29
60	18,29	18,34	19,81	22,22	19,67
Médias	22,50	22,20	22,89	22,71	

⁽¹⁾ L: ajuste linear; Q: ajuste quadrático; n.s.: não significativo; *: P<0,05.

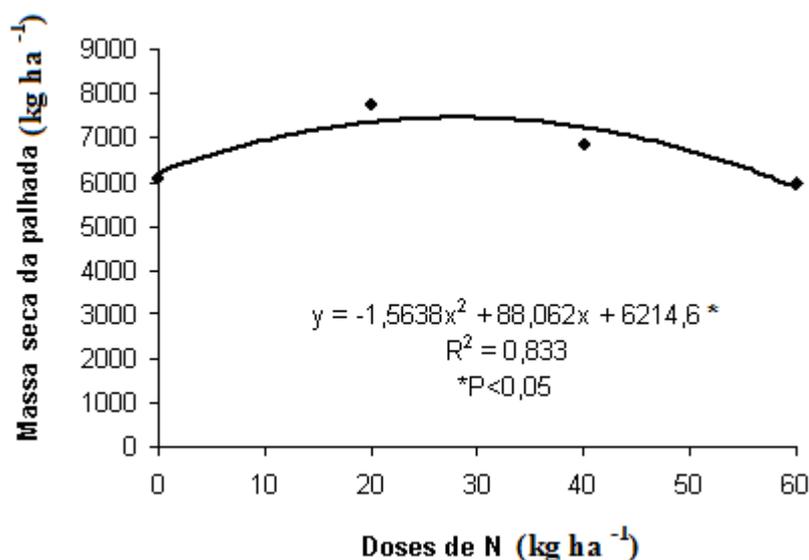


Figura 4 - Massa seca da palhada (kg ha^{-1}) em função das doses de N aplicadas na aveia. *Dry matter of the straw cover as a function of N doses applied to black oat.*

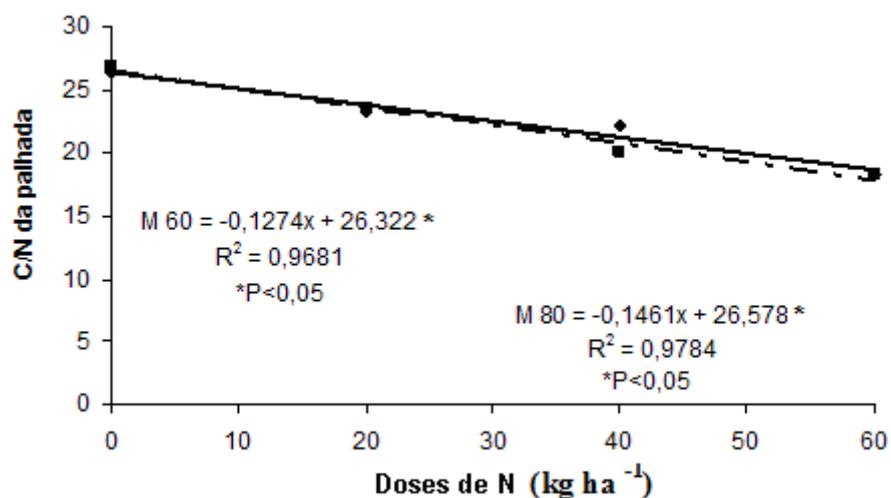


Figura 5 - C/N da palhada em função das doses de N aplicadas na aveia, quando aplicados (\ast) 60 kg ha^{-1} e (\blacksquare) 80 kg ha^{-1} de N no milho. *C/N ratio of the straw cover resulting from doses of N applied to oat when 60 kg ha^{-1} (\ast) and 80 kg ha^{-1} (\blacksquare) were applied to the maize plants.*

Tabela 6 - Massa seca (g) e teor de N (g kg^{-1}) na 1ª coleta de plantas de milho, aos 18 DAS, em função das doses de N aplicadas na aveia. *Dry matter and N content of maize plants at the first picking 18 DAS as a function of doses of N applied to the oat plants.*

Doses de N (aveia) (kg ha^{-1})	Massa seca na 1ª coleta de plantas de milho (g)	Teor de N na 1ª coleta de plantas de milho (g kg^{-1})
0	13,49	35,73
20	12,75	35,49
40	13,57	36,52
60	12,67	36,64
Estatística		
Ajustes ⁽¹⁾	L ^{n.s.} , Q ^{n.s.}	L ^{n.s.} , Q ^{n.s.}
R ²	0,2070	0,7561
CV (%)	7,18	3,62
Aveia	n.s	n.s

⁽¹⁾ L: ajuste linear; Q: ajuste quadrático; n.s.: não significativo; *: $P < 0,05$.

Para a massa seca de plantas de milho, por ocasião da segunda coleta, aos 49 DAS, feita após a 2ª cobertura, não foi observado efeito significativo para as doses de nitrogênio aplicadas na aveia e no milho (Tabelas 7 e 8); porém, para o teor de nitrogênio nas plantas, foi obtido ajuste linear crescente (Tabelas 7 e 9, e Figura 6) para as doses de nitrogênio aplicadas no milho, quando da ausência de aplicação de

nitrogênio na aveia, associada à máxima dose aplicada no milho: 120 kg ha⁻¹. A não ocorrência de resposta para esta característica se deve ao fato já explicado anteriormente, ou seja, a adubação em pré-semeadura, provavelmente, foi desnecessária, pois já deveria haver nitrogênio no solo suficiente para o pleno desenvolvimento vegetativo das plantas de milho.

Tabela 7 - Massa seca (g) e teor de N (g kg⁻¹) na 2ª coleta de plantas de milho, aos 49 DAS, em função das doses de N aplicadas na aveia e no milho. *Dry matter and N content of maize plants at the second picking 49 DAS as a function of doses of N applied to oat and maize plants.*

Doses de N	Massa seca na 2ª coleta de plantas de milho (g)	Teor de N na 2ª coleta de plantas de milho (g kg ⁻¹)
Aveia		
0	176,56	24,25
20	188,35	22,87
40	170,56	24,31
60	185,29	22,81
Estatística		
Ajustes ⁽¹⁾	L ^{n.s} , Q ^{n.s}	L ^{n.s} , Q ^{n.s}
R ²	0,0288	0,2015
CV 1(%)	21,46	9,62
Milho		
60	174,84	23,18
80	192,55	22,68
100	173,82	24,06
120	179,56	24,31
Estatística		
Ajustes	L ^{n.s} , Q ^{n.s}	L [*] , Q ^{n.s}
R ²	0,1657	0,6564
CV 2(%)	21,99	8,62
Aveia	n.s	n.s
Milho	n.s	n.s
Interação A x M	n.s	n.s

⁽¹⁾ L: ajuste linear; Q: ajuste quadrático; n.s.: não significativo; *: P<0,05.

Tabela 8 - Massa seca na segunda coleta de plantas de milho (g), aos 49 DAS, em função das doses de N aplicadas na aveia e no milho *Dry matter of maize plants at the second picking (49 DAS) as a function of N doses applied to oat and maize plants.*

Aveia/milho	60	80	100	120	Médias
0	173,30	181,71	185,99	165,22	176,56
20	175,99	217,45	156,85	203,12	188,35
40	162,34	167,63	176,77	175,50	170,56
60	187,72	203,41	175,65	174,40	185,29
Médias	174,84	192,55	173,82	179,56	

O conhecimento dos padrões normais de acúmulo de massa seca por uma cultura possibilita melhor entendimento dos fatores relacionados à nutrição mineral e, conseqüentemente, da adubação (BÜLL, 1993).

Estima-se que a necessidade de N para produção de uma tonelada de grãos de milho

varie de 20 a 28 kg ha⁻¹. Sua absorção pela planta ocorre durante todo o ciclo vegetativo, sendo pequena nos primeiros 30 dias. Nesta fase, as plantas absorvem menos do que 0,5 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de N (SCHRÖDER et al., 2000).

Tabela 9 - Teor de N na segunda coleta de plantas de milho (g kg^{-1}), aos 49 DAS, em função das doses de N aplicadas na aveia e no milho. *N content of maize plants at the second picking (49 DAS) as a function of N doses applied to oat and maize plants.*

Aveia/milho	60	80	100	120	Médias
$0^{(L)}$ L*, Q ^{n.s}	22,25	23,50	26,00	25,25	24,25
20	22,50	23,25	22,50	23,25	22,87
40	24,50	23,00	24,75	25,00	24,31
60	23,50	21,00	23,00	23,75	22,81
Médias	23,18	22,68	24,06	24,31	

^(L)L: ajuste linear; Q: ajuste quadrático; n.s.: não significativo; *: $P < 0,05$.

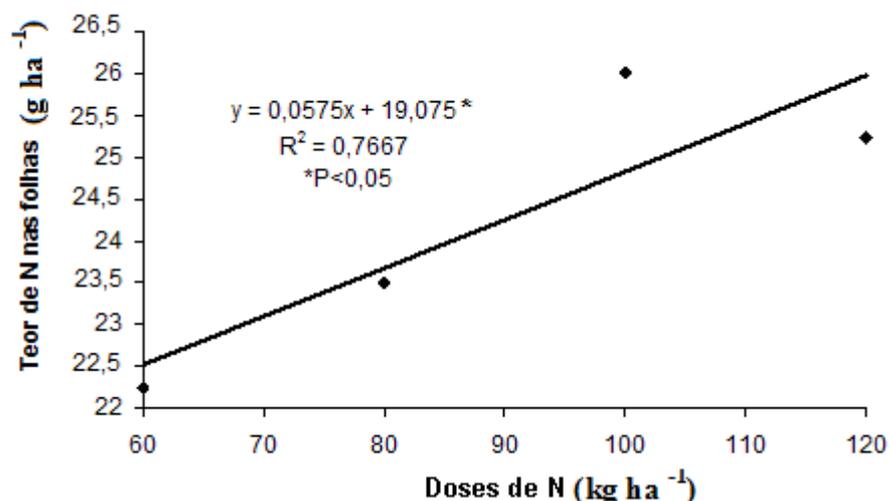


Figura 6 - Teor de N nas folhas (g kg^{-1}) em função das doses de N aplicadas no milho, quando aplicados 0 kg ha^{-1} de N na aveia. *N content in maize leaves as a function of doses of N applied to the maize plants and when the oat plants received no N.*

O conhecimento dos padrões normais de acúmulo de massa seca por uma cultura possibilita melhor entendimento dos fatores relacionados à nutrição mineral e, conseqüentemente, da adubação (BÜLL, 1993).

Estima-se que a necessidade de N para produção de uma tonelada de grãos de milho varie de 20 a 28 kg ha^{-1} . Sua absorção pela planta ocorre durante todo o ciclo vegetativo, sendo pequena nos primeiros 30 dias. Nesta fase, as plantas absorvem menos do que $0,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de N (SCHRÖDER et al., 2000).

Os dados deste ensaio para massa seca das plantas de milho estão de acordo com os obtidos por PACE (2001), que não verificou diferenças significativas entre as doses de nitrogênio utilizadas, para coletas aos 30; 60 e 90 dias após a semeadura e na colheita. Já para o teor de nitrogênio nas referidas coletas, este autor observou que, aos 60 dias após a semeadura, o teor de nitrogênio na planta foi menor quando não foi feita adubação de cobertura, sendo que todas as espécies estudadas tiveram maior resposta para a dose aplicada no milho, 120 kg ha^{-1} , a mesma utilizada neste trabalho.

SILVA et al. (2006), estudando doses de nitrogênio e plantas de cobertura do solo, constataram que o incremento nas doses de N proporcionou aumento no teor de nitrogênio total nas folhas de milho, de forma quadrática, nos três sistemas de cobertura do solo: crotalária (*Crotalaria juncea*), milheto (*Pennisetum americanum*) e vegetação espontânea (pousio).

Resultados semelhantes ao presente trabalho foram encontrados por ARAÚJO et al. (2004) e SOUTO (2004), que verificaram menor produção de massa seca da parte aérea na ausência de adubação nitrogenada, o que vem indicar a importância da adubação nitrogenada em relação à maior produção de massa seca pela cultura do milho.

A produtividade do milho não apresentou efeito significativo (Tabela 10). Este fato demonstra que o fornecimento de nitrogênio pela palhada inicial de soja, provavelmente, foi suficiente para o desenvolvimento da cultura, sendo que a palhada da aveia não proporcionou incrementos na produtividade nem provocou imobilização do nitrogênio.

Porém pode-se observar maior efeito das doses de N na cultura antecessora, quando da aplicação da menor dose, 60 kg ha^{-1} de N, na

cultura do milho, demonstrando o efeito do nitrogênio aplicado na cultura da aveia, na produção de milho. Nota-se também que a associação de 60 kg ha⁻¹ de N na aveia e 60 kg ha⁻¹ de N no milho, proporcionou produtividades

superiores quando comparadas à aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N no milho, associado à ausência de aplicação na aveia (Tabela 10), indicando a importância da adubação em pré-semeadura.

Tabela 10 - Produtividade do milho (kg ha⁻¹) em função das doses de N aplicadas na aveia e no milho. *Maize yield as a function of doses of N applied to oats and maize crops.*

Aveia/milho	60	80	100	120	Médias
0	8497,00	8541,50	9376,75	8748,75	8791,00
20	8809,25	8213,50	8314,50	8121,50	8364,68
40	8503,25	7989,00	8913,75	9271,25	8669,31
60	9290,75	8912,75	9378,75	9060,25	9160,62
Médias	8775,06	8414,18	8995,93	8880,00	

Segundo SILVA (2004), a resposta do milho à adubação nitrogenada é dependente da cultura antecessora e que, quando o milho é semeado após plantas que disponibilizam o nitrogênio de seus resíduos mais rapidamente, a resposta à adubação nitrogenada é menor.

Já PIZA et al. (2004) concluíram que independentemente do tipo de palhada existente no primeiro ano de cultivo do milho em plantio direto, não houve respostas em relação a características morfológicas ou produtividade do milho.

SILVA et al. (2006) verificaram que, sobre a aveia-preta, o milho respondeu positivamente à adubação nitrogenada, com máxima eficiência na dose de 205 kg ha⁻¹.

CERETTA et al. (2002a), estudando o manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia-preta/milho, no sistema plantio direto, constataram que a produtividade de grãos de milho diminuiu à medida que se retirou nitrogênio que seria aplicado em cobertura no milho para aplicar no perfilhamento da aveia preta e que a aplicação de nitrogênio em pré-semeadura do milho aumentou a disponibilidade de nitrogênio no início do ciclo do milho, mas ficou demonstrado que se deve manter a aplicação de N em cobertura. Resultados semelhantes foram obtidos por BORTOLINI et al. (2001) e PAULETTI & COSTA (2000).

AITA et al. (2001), utilizando várias culturas antecessoras ao milho, observaram que as leguminosas proporcionam melhores produtividades quando os teores de N são baixos, porém quando se adicionaram doses elevadas de N, as produtividades não diferem estatisticamente.

Conclusões

O desenvolvimento e a produtividade do milho em sistema plantio direto são dependentes da relação C/N da palhada e que a resposta da cultura do milho à aplicação

antecipada de N é função das doses e épocas destas aplicações.

A massa seca da palhada e das plantas de milho, nas diferentes coletas efetuadas, está diretamente relacionada com as combinações de doses dos fertilizantes nitrogenados aplicados na aveia e no milho.

Referências

- AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; GONÇALVES, C. N.; DA ROS, C. O. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 25, p. 157-165, 2001.
- ARAÚJO, L. A. N.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Adubação nitrogenada na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 8, p. 771-777, 2004.
- BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; FORSTHOFER, E. L. Rendimento de grãos de milho cultivado após aveia-preta em resposta à adubação nitrogenada e regime hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 9, p. 1.101-1.106, 2001.
- BÜLL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. (Org.). **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFÓS, 1993. 301 p.
- CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; FLECHA, A. M. T.; PAVINATO, P. S.; VIEIRA, F. C. B.; MAI, M. E. M. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia-preta/ milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, p. 163-171, 2002a.
- CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; HERBES, M. G.; POLETTO, N.; SILVEIRA, M. J. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 125-136, 2002b.

- DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A. Requisitos para a implantação e manutenção do sistema. In: DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A. Ed. **Plantio direto no Brasil**. 2.ed. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p. 19-28.
- DUARTE, A. P. Milho safrinha: características e sistemas de produção. In: GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. (Ed.). **Tecnologias de produção de milho**. Viçosa: UFV, 2004. 366p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Rio de Janeiro: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPS, 2006. 306p.
- ERNANI, P. R.; SANGOI, L.; LECH, V. A.; RAMPAZZO, C. A forma de aplicação da ureia e dos resíduos vegetais afeta a disponibilidade de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 2, p. 360-365, 2005.
- GOEDERT, W. J.; LOBATO, E.; LOURENÇO, S. Nutrient use efficiency in brasilian acid soils: Nutrient management and plant efficiency. In: MONIZ, A. C.; FURLANI, A. M. C.; SCHAFFERT, R. E.; FAGERIA, N. K.; ROSOLEM, C. A.; CANTARELLA, H. (Orgs.). **Plant-soil interactions at low pH: sustainable agriculture and forestry production**. Brasília: SBCS, 1997. p.97-104.
- HOLANDA, F. R. S. Influence of crop rotations and tillage systems on phosphorus and potassium stratification and root distribution in the soil profile. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 29, n. 15/ 16, p. 2.383-2.394, 1998.
- LAFITTE, H. R.; EDMEADES, G. O. Improvement for tolerance to low soil nitrogen in tropical maize. I Selection criteria. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 39, p.1-4, 1994.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Associação Brasileira de Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.
- MAR, G. D.; MARCHETTI, M. E.; SOUZA, L. C. F.; GONÇALVES, M. C.; NOVELINO, J. O. Produção do milho safrinha em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 2, p. 267-274, 2003.
- PACE, L. **Adubação nitrogenada na cultura do milho em sucessão a espécies de cobertura do solo**. 2001. 59f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.
- PAULETTI, V.; COSTA, L. C. Época de aplicação de nitrogênio no milho cultivado em sucessão à aveia preta no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 4, p. 599-603, 2000.
- PIZA, R. J.; CAMARGO, R.; GOMES, M. S.; ROCHA, W. W. ; GONÇALVES, A. H. Efeito de culturas de inverno sobre a produtividade do milho em plantio direto na região de Passos-MG. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25., 2004, Cuiabá. **Anais...** Sete Lagoas: ABMS; EMBRAPA Milho e Sorgo; Epagri, 2004. 1 CD - ROM.
- PÖTTKER, D.; WIETHÖLTER, S. Épocas e métodos de aplicação de nitrogênio em milho cultivado no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 4, p. 1.015-1.020, 2004.
- RAIJ, B. van, CANTARELLA, H., QUAGGIO, J. , FURLANI, A. M. C. (Eds.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**.Campinas: IAC, 1997. 285p. (Boletim, 100) ed. rev. atual.
- SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio para a cultura do milho num solo com alto teor de matéria orgânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 13-24, 1994.
- SANTI, A.; AMADO, T. J. C.; ACOSTA, J. A. A. Adubação nitrogenada na aveia-preta: Influência na produção de matéria seca e ciclagem de nutrientes sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 27, n. 6, p. 1075-1083, 2003.
- SCHRÖDER, J. J.; NEETESON, J. J.; ONEMEA, O. Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production?: reviewing the state of the art. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 66, n. 1, p. 151-164, 2000.
- SIDIRAS, N.; PAVAN, M. A. Influência do sistema de manejo do solo no nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 9, p. 249-254, 1985.
- SILVA, D. A. **Cultura antecessora e adubação nitrogenada na produção do milho, em um sistema plantio direto**. 2004. 53f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Produção Vegetal) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Dourados, 2004.
- SILVA, E. C ; MURAOKA, T. ; GUIMARÃES, G. L.; BUZETTI, S. Acúmulo de nutrientes em

plantas de cobertura e no milho cultivado em sucessão sob diferentes doses de nitrogênio em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 2, p. 202-217, 2006.

SIMS, A. L.; SCHEPERS, J. S.; OLSON, R. A. ; POWER, J. F. Irrigated corn yield and nitrogen accumulation response in a comparison of no-tillage and conventional till: tillage and surface-residues variables. **Agronomy Journal**, Madison, v. 90, n. 5, p. 630-637, 1998.

SOUTO, L. S. **Resposta do milho à adição de níveis de fitomassa de *Brachiaria decumbens* Stapf e nitrogênio em Latossolo Vermelho**. 2004. 65f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

VIEGAS, G. P.; PEETEN, H. Sistema de produção. In : PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. (Org.). **Melhoramento e produção do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 2, p. 453-538.

WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, Baltimore, v. 37, p. 29-38, 1934.

WOLSCHICK, D.; CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; JADOSKI, S. O. Adubação nitrogenada na cultura do milho no sistema plantio direto em ano com precipitação pluvial normal e com "El niño". **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 27, n. 3, p. 461-468, 2003.