

ASPECTOS ECONÔMICOS DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO MILHO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO¹

EDSON CABRAL DA SILVA², SALATIÉR BUZETTI³, EDSON LAZARINI³

¹ Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor, apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP/FEIS.

² Engenheiro Agrônomo; Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Centro de Energia Nuclear na Agricultura - USP/CENA. Rua do Trabalho, 578, Apto. 1, Vila Independência, CEP. 13418-220 Piracicaba, SP. E-mail: ecsilva@cena.usp.br (autor para correspondência).

³ Professor da Universidade Estadual Paulista - UNESP/FEIS (Curso de Agronomia) Av. Brasil, 56, Caixa Postal 31, CEP. 15385-000 Ilha Solteira, SP. E-mail: sbuzetti@agr.feis.unesp.br e lazarini@agr.feis.unesp.br

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.4, n.3, p.286-297, 2005

RESUMO - O nitrogênio (N) é o nutriente absorvido em maiores quantidades pelo milho, o que mais influencia a produtividade de grãos e mais onera o custo de produção da cultura. Com o objetivo de analisar economicamente as melhores dose e época de aplicação do N, na forma de uréia, na cultura do milho em plantio direto, foi conduzido um estudo na fazenda experimental da UNESP/FEIS, no município de Selvíria, MS, nos anos agrícolas de 1998/99 e 1999/00, num Latossolo Vermelho distroférico, originalmente recoberto por vegetação de cerrado. Os tratamentos foram distribuídos em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial incompleto (6 x 3) + 1 (testemunha: 0 kg ha⁻¹), constituídos pelas combinações de três doses de N (60, 120 e 180 kg ha⁻¹) com seis parcelamentos do N (todo o N na semeadura, todo o N no de estádio quatro a seis folhas, todo o N no estádio de oito a dez folhas, metade do N na semeadura e metade no estádio quatro a seis folhas, metade do N na semeadura e metade no estádio de oito a dez folhas, e metade do N no estádio de quatro a seis folhas e metade no estádio de oito a dez folhas). A maior receita líquida e o maior índice de lucratividade foram alcançados com a dose de 120 kg ha⁻¹ de N, aplicada metade na semeadura + metade no estádio de quatro a seis folhas. A máxima eficiência econômica, considerando somente a relação preço do N/preço do produto de 8,25/1, foi alcançada com a dose de 126 kg ha⁻¹ de N, também aplicada metade na semeadura e o restante no estádio de quatro a seis folhas.

Palavras-chave: eficiência econômica, eficiência técnica, cerrado, semeadura direta, *Zea mays*

ECONOMIC ASPECTS OF NITROGEN FERTILIZATION IN THE CORN CROP IN NO TILLAGE SYSTEM

ABSTRACT - Nitrogen (N) is the nutrient uptake in largest quantity by corn and it has the higher influence on the grain yield, and it has the higher share in the cost of corn crop production. Aimed at evaluating economically and comparing technical rates and application schedule of nitrogen as urea, on corn cropped in no tillage, this study was conducted at Experimental Station of UNESP/FEIS - Ilha Solteira campus, located in Selvíria, MS, Brazil, during the 1998/99 and 1999/00 growing seasons. Soil utilized was

a dystroferic Red Latosol, previously under savannah vegetation. The experimental design was a randomized complete blocks, with 19 treatments and four replications in an incomplete factorial (6 x 3) + 1 (control: 0 kg ha⁻¹), being combinations of three N rates (60, 120, 180 kg ha⁻¹) with six splits of N application (total N rate at sowing, total N rate at four to six leaves stage, total N rate at eight to ten leaves stage, half N rate at sowing and half N rate at four to six leaves stage, half N rate at sowing and half N rate at eight to ten leaves stage and, half N rate at four to six leaves stage and half N rate at eight to ten leaves). Economically speaking, the 120 kg ha⁻¹ N rate applied half at seeding and half at four to six leaves stage provided the higher net revenue and profit. The maximum economical efficiency, considering only the fertilizer cost and corn price ratio of 8.25:1 was reached with 126 kg ha⁻¹ of N, also supplied half at seeding and half at four to six leaves stage.

Key words: economical efficiency, technical efficiency, savannah, no-tillage, *Zea mays*

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, com cerca de 13 milhões de hectares cultivados, superado apenas pelos EUA e pela China. A produtividade média nacional é baixa, em torno de 3,2 t ha⁻¹ de grãos (CONAB, 2004), principalmente em virtude do manejo incorreto de corretivos e fertilizantes, com destaque para o N, o qual tem sua dinâmica no solo condicionada pelo sistema de manejo, condições climáticas e características do solo, como textura e estrutura.

O nitrogênio é o nutriente mineral extraído em maior quantidade pelo milho, exercendo maior influência na produtividade de grãos, e o que mais onera o custo de produção da cultura. Atualmente, a crescente preocupação com a poluição dos recursos hídricos e da atmosfera, pelo uso de fertilizantes nitrogenados, em virtude de este nutriente ser sujeito a perdas por erosão, lixiviação, volatilização e desnitrificação (Pang *et al.*, 1997; Lara Cabezas *et al.*, 2000), além do elevado custo energético para a obtenção dos mesmos, tem sido estimulada a busca de alternativas que possibilitem maximizar economicamente a melhor dose, aliada à melhor época de aplicação desse nutriente na cultura do milho (Raij *et al.*, 1996; Amado *et al.*, 2002; Lopes *et al.*, 2004; Sousa & Lobato, 2004).

A região dos Cerrados é o maior Bioma do Brasil, depois da mata amazônica, com 204 milhões de hectares e com grande importância nos cenários agrícolas nacional e mundial, sendo, ao mesmo tempo, importante reserva da biodiversidade e potencial produtora de alimento. Pesquisas indicam que é possível, com tecnologia, incorporar ao sistema produtivo até 127 milhões de hectares, mantendo 38% dos Cerrados como reserva natural (Sousa & Lobato, 2002). No entanto, nessa região, predominam os Latossolos, que, em condições naturais, apresentam baixa produtividade, devido à elevada saturação por alumínio, baixos teores da maioria dos nutrientes minerais de plantas, baixos teores de matéria orgânica e predominância de caulinita e/ou óxidos de ferro e alumínio na fração argila, conferindo-lhes baixa capacidade de troca de cátions (CTC) e alta capacidade de fixação de fósforo (Pereira & Peres, 1986; Lopes *et al.*, 2004). A utilização de sistemas de manejo com menor revolvimento do solo como o sistema plantio direto (SPD), promove maior atividade biológica, aumento dos teores de carbono orgânico com o decorrer do tempo de implantação, de N total e outros nutrientes (Bayer *et al.*, 2000).

O SPD favorece a estabilidade dos agregados, o aumento da retenção de umidade e a melhoria do processo de infiltração de água, condicionando menor erosão do solo (Cardoso, 1993; Amado *et al.*, 2002). O preparo excessivo do solo é desaconselhável, pois, além de prejudicar o solo, onera os custos produção da cultura do milho (EMBRAPA, 1993).

A expansão da área cultivada em SPD tem sido notável nos últimos anos, atingindo, na safra 2002/03, aproximadamente 72 milhões de hectares no mundo, sendo, destes, por volta de 20,2 milhões no Brasil, aproximadamente 48% da área cultivada com grãos no país (FEBRAPDP, 2003). O milho é uma das principais culturas utilizadas nesse sistema de manejo, no Brasil, sendo praticamente o responsável pela consolidação do mesmo, principalmente na região dos Cerrados, devido ao grande aporte de massa vegetal ao solo, com relativa alta relação C/N e, por ser a principal cultura utilizada no esquema de rotação e/ou sucessão (safrinha) com a soja e, nos últimos anos, também com algodão.

Os preços do milho acompanham os movimentos da oferta, estabelecendo flutuações de acordo os períodos de safra e entressafra. Dentre os principais fatores que influenciam no processo de formação do preço do milho destacam-se a oferta e a demanda no mercado interno, a oferta e a demanda dos países produtores e exportadores, a política de financiamento de custeio e de gerenciamento de preços mínimos, o custo de produção, o fluxo de formação do comércio, as políticas de importação e as taxas de juros e de câmbio (Souza & Braga, 2004).

De maneira geral, o produtor brasileiro de milho tem sofrido perda de receita nos últimos anos, em função dos aumentos significativos no custo de produção, principalmente, em função de o milho não ter o seu preço cotado em

dólar, como a soja, por exemplo, enquanto os insumos utilizados no seu cultivo acompanham a variação cambial. No entanto, Melo Filho (2000), estudando o custo de produção do milho cultivado em SPD e em sistema convencional, concluiu que a despesa com insumos foi maior no SPD. Entretanto, os custos com as operações agrícolas foram bem maiores no sistema convencional e o resultado final foi um custo 10,3% menor no SPD, em relação ao sistema convencional.

Dessa forma, é de suma importância determinar a fonte, a quantidade e a época de aplicação de N, buscando sempre alcançar a máxima eficiência econômica, em função da alta competitividade do mundo globalizado, principalmente no Brasil, onde não há subsídios à agricultura. Entretanto, são poucos os trabalhos que demonstram o custo/benefício da adubação nitrogenada, principalmente em solo de cerrado sob SPD. Com isso, o presente trabalho teve como objetivo analisar economicamente e comparar tecnicamente diferentes doses e parcelamentos de aplicação de N, na forma de uréia, na cultura do milho em sistema plantio direto.

Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido nos anos de 1998/99 e 1999/00, na fazenda experimental pertencente à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, localizada no município de Selvíria, MS, cujas coordenadas geográficas são 51° 22' W e 20° 22' S, com aproximadamente 335 m de altitude, apresentando temperatura média anual de 24,5 °C, precipitação média anual de 1370 mm e umidade relativa média de 64,8%.

O solo do local foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico típico A, moderado, textura argilosa, fase cerrado tropical

subcaducifólio, relevo suave ondulado (EMBRAPA, 1999). A área experimental apresentava um histórico de 18 anos de plantio convencional com culturas anuais (arroz, feijão, milho, soja) e um ano de SPD em fase de estabelecimento, implantado em 1997, com soja no verão, sucedida por milho no inverno/primavera, para formação de palhada nos dois anos agrícolas de estudo (1998/99 e 1999/00).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 19 tratamentos e quatro repetições, dispostos em um esquema fatorial incompleto, $(6 \times 3) + 1$ (testemunha 0 kg ha^{-1} de N), sendo: seis combinações de épocas de aplicação de N (todo o N na semeadura, todo o N no estádio de quatro a seis folhas, todo o N no de estádio oito a dez folhas, metade do N na semeadura e metade no estádio de quatro a seis folhas, metade do N na semeadura e metade no estádio de oito a dez folhas, e metade do N no estádio de quatro a seis folhas e metade no estádio de oito a dez folhas) e três doses de N, na forma de uréia ($60, 120$ e 180 kg ha^{-1}). As parcelas constituíram-se de oito linhas de $0,85 \text{ m}$ de largura por $7,0 \text{ m}$ de comprimento, perfazendo uma área total de $47,6 \text{ m}^2$, considerando como área útil as quatro linhas centrais, desprezando-se um metro em cada extremidade, perfazendo uma área de $17,0 \text{ m}^2$.

Antes da implantação do experimento (junho de 1998), foram realizadas amostragens do solo na camada de 0 a $0,20 \text{ m}$, para caracterização química e granulométrica. Os resultados da análise química foram utilizados para cálculo da calagem e da adubação fosfatada e potássica para o milho, segundo Raij *et al.* (1996). Foram encontrados: pH em CaCl_2 igual a $4,8$, $10,4 \text{ mg dm}^{-3}$ de P (resina), 25 g dm^{-3} de MO, $2,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K, $16 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Ca, $4,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg, $30,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de H+Al, $3,7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$

de Al, $22,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de SB, $52,9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de CTC, V% igual a 43% e, $420, 530$ e 50 g kg^{-1} de areia, argila e silte, respectivamente.

Com base nos resultados da análise do solo, realizou-se uma calagem superficial no início do mês de agosto de 1998, utilizando-se um calcário dolomítico PRNT 80% , na tentativa de se elevar a saturação por bases a 60% . As semeaduras do milho foram realizadas, em ambos os anos agrícolas, no final do mês de agosto, utilizando-se a variedade BN 2, em linhas espaçadas de $0,17 \text{ m}$, na dose de 20 kg ha^{-1} de sementes, conforme recomendação de Salton & Kichel (1998). As produtividades médias de matéria seca do milho foram de 5.250 e 5.970 kg ha^{-1} , nos anos agrícolas de 1998/99 e de 1999/00, respectivamente. Antes da instalação dos ensaios, realizou-se o manejo químico do milho e das plantas daninhas, utilizando-se os herbicidas Glifosate e 2,4 D.

As semeaduras do milho foram realizadas nos dias 07/12/98, no primeiro ano, e 08/12/99, no segundo, com semeadora apropriada para o SPD, utilizando sementes de um híbrido simples de ciclo semiprecoce, numa população de 60.000 plantas por hectare. Em ambos os anos agrícolas, as sementes foram tratadas com o inseticida Thiodicarb, na dose de 700 g de i.a./ 100 kg de sementes, e a adubação foi de 90 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 50 kg ha^{-1} de K_2O , aplicada a $0,05 \text{ m}$ abaixo e ao lado das sementes.

As adubações de cobertura foram aplicadas manualmente em dois sulcos superficiais, a $0,20 \text{ m}$ da linha da cultura, simulando a aplicação com implemento apropriado para o SPD. Nos tratamentos que receberam N na semeadura, este foi aplicado logo após a mesma, a $0,10 \text{ m}$ da linha. O controle de plantas daninhas em pós-emergência, nos dois anos de cultivos, foi realizado com o herbicida Nicossulfuron, na dose de 60 g

de i.a. ha⁻¹. As parcelas foram alocadas no mesmo local, nos dois anos de cultivo. Realizou-se irrigação suplementar por aspersão nos períodos de estiagem prolongada.

Para a obtenção da produtividade de grãos, utilizaram-se as quatro linhas centrais da parcela (17 m²), com os dados transformados em kg ha⁻¹ a 13% de base úmida, e submetidos à análise de variância, aplicando-se o teste F, comparação de médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Foi realizada análise de variância da regressão para as doses de N estudadas, com a comparação pelo teste F ($p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$), com a finalidade de se avaliar a máxima eficiência técnica e econômica, baseada no preço do milho e no preço do fertilizante. Foi utilizado, para isso, o programa estatístico "SAS System for Windows-release 6.11" (SAS, 1996).

Estrutura do custo de produção e avaliação econômica

Para o cálculo do custo de produção, foi utilizada a estrutura do custo total de produção (CTP), que se compõe dos seguintes itens:

- Operações mecanizadas: foram consideradas as despesas com combustíveis, lubrificantes (20% das despesas com combustível), reparos e manutenção (8% do valor inicial da máquina dividido pelo número de horas trabalhadas no ano), abrigo (1% do valor inicial da máquina dividido pelo número de horas trabalhadas no ano), seguro (0,75% do valor inicial da máquina dividido pelo número de horas trabalhadas no ano) e tratorista. A soma de todos esses gastos resultará no custo horário das operações mecanizadas.
- Insumos: foram considerados os preços médios pagos pelos produtores da região

multiplicados pelas quantidades utilizados dos mesmos.

- Outras despesas: foram considerados 5% das despesas variáveis, isto é, com operações mecanizadas, operações manuais e materiais.

- Depreciação: a depreciação dos bens considerados fixos, ou seja, os que prestam serviços por mais de um ciclo produtivo, foi calculada utilizando-se o método linear.

Os preços médios foram coletados na região, na primeira quinzena do mês de abril de 2000, apresentados em reais (R\$) e convertido para dólares (US\$), considerando o dólar comercial do dia 16 de abril de 2000, no valor de R\$1,95. Para o preço do milho, foi considerado o preço médio de venda da saca de 60 kg de milho no mês de abril dos anos de 1996 a 2000, na região Centro-Sul, valor igual a US\$5,99 (Milho, 2000).

A análise econômica foi realizada utilizando-se a seqüência de procedimentos (Martin *et al.*, 1997):

a) O custo total (CT) refere-se à soma de todos os valores para a obtenção do produto, sendo as despesas com operações mecanizadas (OM), insumos (I), outras despesas (OD) e depreciação (D).

$$CT = OM + I + OD + D \text{ (US\$ ha}^{-1}\text{)} \quad (1)$$

b) A produtividade de grãos (P) determinada através da divisão da quantidade produzida (Q) pela área colhida (A).

$$P = Q/A \text{ (kg ha}^{-1}\text{)} \quad (2)$$

c) A receita bruta (RB) refere-se à multiplicação do preço de venda por unidade do produto, no caso sacas de 60 kg de grãos de milho (PV) pelo número de unidades vendidas (UV).

$$RB = PV \cdot UV \text{ (US\$ ha}^{-1}\text{)} \quad (3)$$

d) A receita líquida (RL) refere-se à diferença entre a receita bruta (RB) e o custo total (CT).

$$RL = RB - CT \text{ (US\$ ha}^{-1}\text{)} \quad (4)$$

e) O preço de equilíbrio (PE) refere-se ao preço pelo qual cada unidade da produtividade colhida (P), no caso, saca de 60 kg, teria que ser vendida para cobrir o custo total (CT).

$$PE = CT/P \text{ (US\$ ha}^{-1}\text{)} \quad (5)$$

f) O índice de lucratividade (IL) constitui a porcentagem da receita líquida (RL) em relação à receita bruta (RB), ou igual à proporção da receita bruta em relação ao que constitui recursos disponíveis.

$$IL = RL/RB \cdot 10^2 \text{ (\%)} \quad (6)$$

Máxima eficiência técnica e econômica, considerando somente o preço do N e do milho

A máxima eficiência técnica (MET) e a máxima eficiência econômica (MEE) foram obtidas através da derivada primeira da função $y = 4302,7000 + 38,0700N - 0,1142N^2 = 0$, em que y se refere à produtividade de grãos e N dado em kg ha^{-1} do nutriente e $y = 4302,7000 + 38,0700N - 0,1142N^2 = 8,25$, ou seja, igualando-a a zero (MET) ou à relação de custos unitários do fertilizante nitrogenado pelo preço do produto (MEE), segundo Raij (1991). Tal função foi obtida do desdobramento do efeito de doses de N em relação à produtividade de grãos, com significância $p < 0,05$ (Figura 1). No caso, considerou-se o preço do N -uréia na região pelo preço mínimo do milho pago pelo governo Federal, obtendo-se a relação de 8,25/1.

Resultados e Discussão

Verifica-se, na Tabela 1, que somente a testemunha apresentou índice de lucratividade

(IL) negativo, que foi igual a $-17,37\%$, ou seja, sem a utilização de N , além de a receita não cobrir as despesas, ainda tem-se um prejuízo de $17,37\%$ sobre a receita bruta, o equivalente a $\text{US\$}74,28 \text{ ha}^{-1}$, indicando que o cultivo do milho sem o fornecimento desse nutriente é inviável economicamente, considerando o sistema de produção utilizado. Esses dados corroboram os de Coelho *et al.* (1992), que observaram aumento de 80% no rendimento de grãos, quando comparada a dose zero com a de 120 kg ha^{-1} de N . O prejuízo em virtude da não aplicação de N no milho pode ser mais acentuado nos primeiros anos do SPD, principalmente quando ele é cultivado em sucessão a gramíneas, quando normalmente há uma menor disponibilidade de N , comparado ao plantio convencional (Sá, 1996; Salet *et al.*, 1997), devido à imobilização do N mineral da solução do solo pelos microrganismos quimiorganotróficos (Amado *et al.*, 2002).

Entre os tratamentos em que o N foi fornecido sem parcelamento, ou seja, em uma única aplicação, as menores produtividades de grãos foram encontradas quando se aplicou toda a dose de 60 kg ha^{-1} de N na semeadura e toda no estádio de oito a dez folhas, com um índice de lucratividade de $9,91$ e $2,80\%$, respectivamente, e receita líquida de $\text{US\$}58,54$ e $\text{US\$}15,32 \text{ ha}^{-1}$, respectivamente. Já entre os demais tratamentos, os valores do índice de lucratividade ficaram muito próximos, em torno de 20% , e a receita líquida por volta de $\text{US\$}146,00 \text{ ha}^{-1}$. Dentre estas épocas e doses, destaca-se a de 180 kg de N , aplicada no estádio de quatro a seis folhas, com índice de lucratividade de $21,51\%$ e receita líquida de $\text{US\$}164,88 \text{ ha}^{-1}$.

Para os tratamentos em que as doses de N foram parceladas, observou-se que as menores produtividades de grãos foram obtidas quan-

TABELA 1. Resultados da análise de rentabilidade da cultura do milho, em função de doses e épocas de aplicação de N em sistema plantio direto – Selvíria, MS, 1998/99 e 1999/00.

	Tratamentos			Produtividade de grãos kg ha ⁻¹	Custo total US\$ ha ⁻¹ *	Receita bruta US\$ ha ⁻¹	Receita líquida US\$ ha ⁻¹	Preço de equilíbrio (US\$)	Índice de lucratividade (%)
	A	B	C						
1	0	-	-	4307	501,94	427,67	-74,28	7,03	-17,37
2	60	-	-	5916	532,05	590,59	58,54	5,40	9,91
3	120	-	-	7104	573,97	709,19	135,22	4,85	19,07
4	180	-	-	7512	599,41	749,92	150,51	4,79	20,07
5	-	60	-	6930	545,76	691,82	146,06	4,73	21,11
6	-	120	-	7272	576,24	725,96	149,72	4,76	20,62
7	-	180	-	7680	601,80	766,69	164,88	4,70	21,51
8	-	-	60	5484	532,14	547,46	15,32	5,82	2,80
9	-	-	120	7182	575,02	716,97	141,95	4,80	19,80
10	-	-	180	7314	596,73	730,15	133,42	4,90	18,27
11	30	30	-	6258	542,61	624,73	82,12	5,20	13,15
12	60	60	-	7542	579,89	752,91	173,02	4,61	22,98
13	90	90	-	7698	601,92	768,48	166,56	4,69	21,67
14	30	-	30	6096	540,42	608,56	68,14	5,32	11,20
15	60	-	60	7176	574,94	716,37	141,43	4,81	19,74
16	90	-	90	7128	594,22	711,58	117,37	5,00	16,49
17	-	30	30	6294	549,03	628,32	79,30	5,24	12,62
18	-	60	60	7164	580,71	715,18	134,46	4,86	18,80
19	-	90	90	7386	603,64	737,34	133,70	4,90	18,13

A, B e C referem-se à aplicação do N na semeadura, no estágio de quatro a seis folhas e no estágio oito a dez folhas, respectivamente.

* dólar comercial do dia 16 de abril de 2000, no valor de R\$1,95.

do se aplicou a dose de 60 kg ha⁻¹ de N, parcela em duas vezes, independente da época de aplicação. Nos demais tratamentos, em ambas as épocas, o parcelamento de 120 kg ha⁻¹ de N em duas vezes proporcionou maiores rendimentos, com índice de lucratividade variando de 18,80% a 22,98% e receita líquida variando de US\$134,46 a US\$173,02 ha⁻¹. Já no parcelamento de 180 kg ha⁻¹ de N, o índice de lucratividade variou de 16,49% a 21,67% e receita líquida, de US\$117,37 a US\$166,56. De forma geral, o tratamento que se destacou em termos econômicos foi o de 60 kg ha⁻¹ de N na semeadura e 60 kg ha⁻¹ de N no

estádio de quatro a seis folhas. Esses dados confirmam os da análise estatística da Tabela 2. Isso demonstra que o maior fornecimento de N, no estágio inicial de crescimento do milho, favoreceu o rendimento de grãos, provavelmente em virtude de suprir as necessidades da cultura e a dos microrganismos, que certamente imobilizaram parte do N mineral presente na solução do solo, para decomposição dos resíduos vegetais do milheto e das plantas daninhas presentes no solo (Sá, 1996; Amado *et al.*, 2002). Nos tratamentos com a aplicação tardia do N, provavelmente a cultura já havia definido sua produção

potencial, a qual ocorre no estágio de quatro a seis folhas (Mengel & Barber, 1974; Yamada, 1996), proporcionando menor produtividade relativa de grãos.

Na Tabela 2, encontram-se os valores médios referentes à produtividade de grãos, receita líquida (RL), índice de lucratividade (IL) e teste de Tukey, para as médias de épocas de aplicação de N, nos cultivos de 1998/99 e 1999/00. Observa-se que, para a produtividade de grãos, o maior valor foi obtido quando se aplicou metade do N na semeadura e metade no estágio de quatro a seis folhas (7.292 kg ha⁻¹), o qual não diferiu estatisticamente da aplicação de metade do N na semeadura e metade no estágio de oito a dez folhas e todo N no estágio de quatro a seis folhas. O menor valor foi observado quando se aplicou todo o N no estágio de oito a dez folhas. Os demais tratamentos ocuparam posição intermediária.

Em termos econômicos, os maiores valores de receita líquida (RL) e índice de lucratividade (IL) foram verificados quando se aplicou todo o N no estágio de quatro a seis folhas (RL US\$153,55 e IL 21,08%) e quando se

aplicou metade do N na semeadura e metade no estágio de quatro a seis folhas (RL US\$140,57 e IL 19,27%). Entretanto, apesar de a RL e o IL terem sido maiores no estágio de quatro a seis folhas, deve-se considerar que os dados referentes às épocas de aplicação do N são provenientes da média referente às três doses de N (60, 120 e 180 kg ha⁻¹). Observando-se a Tabela 1, onde se encontram as médias dos 19 tratamentos individualizados, verifica-se que a melhor combinação de dose e época, em termos de RL e IL, foi para o tratamento 12, quando se aplicaram 120 kg ha⁻¹ de N, sendo, metade na semeadura e metade no estágio de quatro a seis folhas. O tratamento em que se aplicou a metade do N na semeadura e metade no estágio de oito a dez folhas não diferiu estatisticamente dos tratamentos citados anteriormente, em termos de produtividade de grãos, mas foi o que apresentou uma das menores RL e IL, superando apenas o tratamento em que o N foi fornecido todo no estágio de oito a dez folhas. Com isso, pode-se notar a importância do fornecimento do N na fase inicial de desenvolvimento da cultura do milho, principalmente em SPD precedido de gramínea, onde pode

TABELA 2. Médias de produtividade de grãos de milho, de receita líquida e de índice de lucratividade, em função de doses e épocas de aplicação de N em sistema de plantio direto – Selvíria, MS, 1998/99 e 1999/00.

Épocas de aplicação do N	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	Receita líquida (US\$)*	Índice de lucratividade (%)
Todo o N na semeadura	6844 bc	114,75	16,35
Todo o N no estágio de 4 a 6 folhas	7165 ab	153,55	21,08
Todo o N no estágio de 8 a 10 folhas	6659 c	96,90	13,62
½ Sem.+ ½ no estágio de 4 a 6 folhas	7292 a	140,57	19,27
½ Sem. + ½ no estágio de 8 a 10 folhas	6948 abc	108,98	15,81
½ no estágio de 4 a 6 + ½ de 10 a 10 folhas	6800 bc	115,82	16,52

Médias seguidas de letras comuns, na coluna, não diferem entre si, ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey; * dólar comercial do dia 16 de abril de 2000, no valor de R\$1,95.

ocorrer imobilização temporária desse nutriente (Amado *et al.*, 2002).

Resultados demonstrando vantagens no maior aporte de N na fase inicial também foram obtidos por Sá (1996), que, estudando as doses de N na semeadura (0, 30 e 60 kg ha⁻¹), combinada à cobertura (0, 60 e 120 kg ha⁻¹), aplicada toda aos 35 dias após a semeadura (DAS) e 50% aos 35 DAS e o restante aos 55 DAS, observou maior produtividade de milho na dose de 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura, superior à dose de 120 kg ha⁻¹ em cobertura. A dose de 30 kg ha⁻¹ de N também eliminou a deficiência inicial, devido à imo-

bilização de N causada pela decomposição dos resíduos vegetais.

Observa-se na Tabela 3, que praticamente não houve diferença quanto à RL e ao IL entre as doses de 120 e 180 kg ha⁻¹ de N (US\$145,97 e 20,17%; US\$144,41 e 19,36%, respectivamente), no entanto, quando se aplicou a dose de 60 kg ha⁻¹ de N, observou-se que a RL e o IL reduziram-se praticamente à metade (US\$74,91 e 11,79%, respectivamente) comparada às doses anteriormente citadas, indicando que essa dose de N foi insuficiente para a planta expressar o seu potencial de produtividade de grãos.

TABELA 3. Médias de produtividade de grãos de milho, de receita líquida e de índice de lucratividade, em função de doses e épocas de aplicação de N em sistema de plantio direto – Selvíria, MS, 1998/99 e 1999/00.

Doses de N aplicada (kg.ha ⁻¹)	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	Receita líquida (US\$)*	Índice de lucratividade (%)
0	4307	-74,28	-17,37
60	6163	74,91	11,79
120	7240	145,97	20,17
180	7452	144,41	19,36

* dólar comercial do dia 16 de abril de 2000, no valor de R\$1,95.

Com relação às doses de N testadas, observou-se, também, que a similaridade dos valores obtidos na análise econômica foi constatada na análise de regressão (Figura 1), onde os dados se ajustaram a funções quadráticas, sendo que a máxima eficiência técnica para produtividade de grãos foi alcançada com a dose de 166 kg ha⁻¹ de N e a máxima eficiência econômica, considerando-se somente a relação preço do N/preço do milho de 8,25/1, foi alcançada com a dose de 126 kg ha⁻¹ de N. Verifica-se que este valor é bem semelhante ao obtido na análise econômica, considerando todos os custos fixos e variáveis, o qual

foi alcançado com a dose de 120 kg ha⁻¹ de N, aplicada metade na semeadura e o restante no estádio de quatro a seis folhas (Tabela 1).

Resultados nesse sentido foram também observados por Fernandes *et al.* (1998), trabalhando em três sistemas de preparo e quatro doses de N em cobertura (0, 60, 120 e 240 kg ha⁻¹), verificando que os dados de produtividade de grãos se ajustaram a funções quadráticas, e que 70 a 71 kg ha⁻¹ de N foram suficientes para a obtenção de 90% da produtividade máxima de grãos. No presente trabalho, o intervalo de 120 a 166 kg ha⁻¹, respectivamente, para a obtenção da

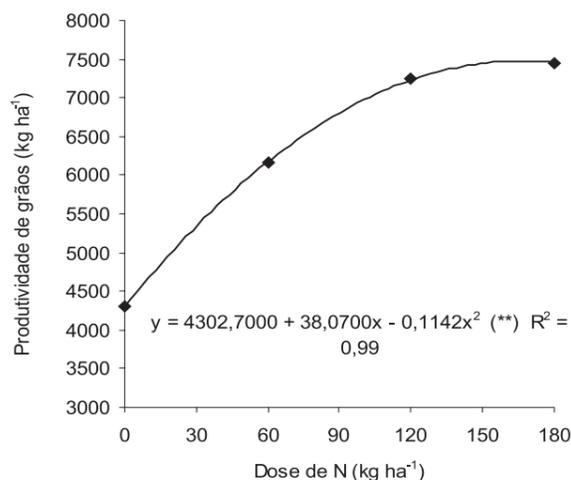


FIGURA 1. Produtividade média de grãos de milho, em função de doses e épocas de aplicação de N em sistema de plantio direto – Selvíria, MS, 1998/99 e 1999/00. (** significativo a 1% pelo teste F).

MEE e da MET, está um pouco acima do preconizado por Raij *et al.* (1996), para o patamar de produtividade de 6 a 8 t ha⁻¹. Ressalta-se que as diferenças nas quantidades de N a serem utilizadas dependem, além da produtividade, do nível do elemento no solo, o que está relacionado ao histórico da área, assim como do sistema de manejo adotado, devendo ser considerado o preço de mercado do milho e o custo do fertilizante nitrogenado.

De maneira geral, deve-se considerar que as propriedades agrícolas apresentam particularidades quanto à fertilidade e manejo do solo, tipos de máquinas, nível tecnológico, aspectos administrativos e outros, que as tornam diferenciadas quanto à estrutura do custo de produção (Melo Filho, 2000). Portanto, os custos podem variar, sendo que as diferenças podem recair tanto sobre o custo fixo quanto sobre o custo variável e o ponto de equilíbrio pode variar em função das alterações no custo de produção ou no preço de venda do produto, resultando em maior

ou menor rentabilidade econômica para o produtor.

Conclusões

A dose de 120 kg ha⁻¹ de N, aplicada metade na semeadura e metade no estádio de quatro a seis folhas, proporcionou o melhor valor de receita líquida e índice de lucratividade.

A não utilização de N proporcionou um prejuízo de 17,37% sobre a receita bruta.

A máxima eficiência econômica, considerando-se somente a relação preço do fertilizante/preço do produto de 8,25/1, foi alcançada com a dose de 126 kg ha⁻¹ de N, também aplicada metade na semeadura e o restante no estádio de quatro a seis folhas.

Agradecimentos

À FAPESP a concessão da bolsa de estudo (Proc. 98/13753-5), e à UNESP/FEIS o apoio no desenvolvimento do trabalho.

Literatura Citada

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. 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, p. 241-248, 2002.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN NETO, L. Efeito do sistema de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO₂. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 599-607, 2000.

CARDOSO, A. N. Manejo e conservação do solo na cultura da soja. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. (Ed). **Cultura da soja nos Cerrados**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 71-104.

- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. C.; BAHIA, A. F. C.; GUEDES, G. A. Doses e métodos de aplicação de fertilizantes nitrogenados na cultura do milho sob irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, p. 61-67, 1992.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasília, DF.). **Comparativo da área, produção e produtividade**: safras 2001/02 e 2002/03. Disponível em: < <http://conab.gov.br/safra.asp> > Acesso em: 29 jan. 2004.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Milho e Sorgo (Sete Lagoas, MG). **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, Brasília, DF.: EMBRAPA-SPI, 1993. 204 p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção da Informação, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.
- FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO NA PALHA. **Evolução da área de plantio direto no Brasil**. Disponível em: < <http://www.agri.com.br/febrapdp> > Acesso em: 01 set. 2003.
- FERNANDES, L. A.; FURTINI NETO, A. E.; VASCONCELLOS, C. A.; GUEDES, G. A. A. Preparo do solo e adubação nitrogenada na produtividade do milho em Latossolo sob vegetação de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 247-254, 1998.
- LARA CABEZAS, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O.; KORNODÓRF, G. H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto no Triângulo Mineiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 14, p. 363-376, 2000.
- LOPES, S. A.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L. R. G.; SILVA, C. A. **Sistema plantio direto**: bases para o manejo da fertilidade do solo. São Paulo: ANDA, 2004. 110 p.
- MARTIN, N. B.; SERRA, R.; OLIVEIRA, M. D. M.; ANGELO, J. A.; OKAWA, H. **Sistema "CUSTAGRI"**: sistema integrado de custos agropecuários. São Paulo: IEA: SAA, 1997. 75 p.
- MELO FILHO, G. A. Custos: Plantio Direto x Plantio convencional. **Direto no Cerrado**. Brasília DF., v. 5, n. 18, p. 1-10, out./nov. 2000.
- MENGEL, D. B.; BARBER, S. A. Rate of nutrient uptake per unit of corn root under field conditions. **Agronomy Journal**, Madison, v. 66, p. 399-402, 1974.
- MILHO. **Agrianual**: Anuário da agricultura brasileira, São Paulo, p. 417-438, 2001
- PANG, X. P.; LETEY, J.; WU, L. Irrigation quality and uniformity and nitrogen application effects on crop yield and nitrogen leaching. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 61, p. 257-261, 1997.
- PEREIRA, J.; PERS, J. R. R. Manejo da matéria orgânica. In: GOEDERT, W. J. (Ed). **Solos dos Cerrados**: tecnologias e estratégias de manejo: São Paulo: Nobel, 1986. p. 261-284.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: POTAFOS, 1991. 343 p.
- RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. 285 p. (Boletim Técnico, 100).
- SÁ, J. C. M. **Manejo do nitrogênio na cultura do milho no sistema plantio direto**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. 24 p.

- SALET, R. L.; VARGAS, L. K.; ANGHINONI, I.; KOCHANN, R. A.; DENARDIN, J. E.; CONTI, E. Por que a disponibilidade de nitrogênio é menor no sistema plantio direto? In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2., 1997, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997. p. 217-219.
- SALTON, J. C.; KICHEL, A. N. Milheto: uma alternativa para cobertura do solo e alimentação animal. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 45, p. 41-43, 1998.
- SAS INSTITUTE (Cary, NC.). **The SAS: System for Windows release 6.11 (software)**. Cary, 1996.
- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.
- SOUZA, P. M.; BRAGA, M. J. Aspectos econômicos da produção e comercialização do milho no Brasil. In: GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. **Tecnologia de produção de milho**. Viçosa: UFV, 2004. p. 13-53.
- YAMADA, T. **Adubação nitrogenada do milho: quanto, como e quando aplicar**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. 5 p. (Informações Agronômicas, 74).