

FONTES, DOSES E PARCELAMENTO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA PARA FEIJOEIRO COMUM IRRIGADO

Sources, rates and fractional topdressing of nitrogen fertilizers for irrigated common bean

Morel Pereira Barbosa Filho¹, Nand Kumar Fageria², Osmira Fátima da Silva³

RESUMO

A adoção de sistemas conservacionistas de preparo de solo aumentou consideravelmente nos últimos anos, e uma das tecnologias demandadas nesses sistemas refere-se ao manejo da adubação de cobertura com nitrogênio. Assim, desenvolveu-se por três anos consecutivos, dois experimentos em um Latossolo Vermelho distroférrico, com os objetivos de comparar os efeitos de diferentes doses de N (uréia e sulfato de amônio) e determinar a necessidade de parcelamento do N durante o ciclo do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Os critérios de avaliação foram o rendimento de grãos e a análise financeira. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com parcelas subdivididas, sendo as parcelas formadas pelas doses de N (0, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹ de N) e as subparcelas pelo número de aplicações de N em cobertura (P1 = aplicação aos 30 dias após emergência das plântulas (dae), P2 = aos 15 e 30 dae e P3 = 15, 30 e 45 dae). A uréia constituiu um experimento e o sulfato de amônio outro. Realizou-se a comparação entre as duas fontes por meio da análise conjunta dos experimentos. A uréia e o sulfato de amônio não diferiram significativamente, em termos de rendimento de grãos nas safras de 1999 e 2001. A aplicação do N duas ou três vezes resultou em um rendimento de grãos significativamente maior do que a aplicação apenas uma vez, aos 30 dae. A dose pode variar de 120 a 150 kg ha⁻¹ de N, sendo a uréia o fertilizante que apresentou maior margem de lucro.

Termos para indexação: *Phaseolus vulgaris* L., fertilizantes nitrogenados, sistema de cultivo irrigado, rotação de culturas, cultivo mínimo.

ABSTRACT

The adoption of conservation tillage systems has been increasing considerably in the last years, and one of the necessary technologies in those systems include nitrogen top dressing. During three consecutive years, two experiments were conducted in oxisol (Perferic Red Latossol), with the objective of comparing the effects of different doses of N (urea and ammonium sulfate) and determine the necessity of split application of N during the growth cycle of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). The evaluation criteria were grain yield and financial analysis. A split plot design arranged in randomized complete block was used with nitrogen doses (0, 60, 90, 120 and 150 kg ha⁻¹ de N) as main plots and the number of N applications of top dressing (P1 = 30 days after the emergence of plants (dae); P2 = 15 and 30 days dae; P3 = 15, 30 and 45 dae) as sub-plots. The experiments with urea and ammonium sulfate were conducted separately. The two sources of N were compared by combined analysis of these two experiments. The urea and ammonium sulfate did not differ significantly, in relation to grain yield, during 1999 and 2001 growing seasons. The split application of N two or three times resulted in significant increase in grain yield larger than the application just once, to the 30 dae. The dose can vary from 120 to 150 kg ha⁻¹ of N, being the urea fertilizer that presented larger markup.

Index terms: *Phaseolus vulgaris* L, nitrogen fertilizer, irrigated cultivation system, crop rotation, minimum tillage.

(Recebido para publicação em 5 de maio de 2003 e aprovado em 17 de agosto de 2004)

INTRODUÇÃO

Entre as tecnologias indicadas para o sistema de cultivo sem ou com revolvimento mínimo de solo, a adubação nitrogenada é a que tem gerado maior número de questionamentos. As dúvidas se referem desde reações e mecanismos controladores da disponibilidade do nitrogênio e características e reações das diferentes fontes de nitrogênio no solo, até à prática da adubação quanto à fontes, doses, métodos e épocas de aplicação

durante o ciclo da cultura, necessidade de parcelamento e, sobretudo, quanto aos aspectos econômicos.

A uréia e o sulfato de amônio são os fertilizantes nitrogenados mais utilizados na agricultura brasileira. Porém, em sistemas agrícolas conservacionistas, em que o revolvimento da camada superficial do solo para o plantio é mínimo, os resultados de pesquisas sobre as definições de doses, fontes e método de aplicação na cultura do feijoeiro irrigado ainda são muito limitados.

1. Engenheiro Agrônomo, Doutor, Embrapa Arroz e Feijão, Rod. Goiânia/Nova Veneza, Km 12 – Caixa Postal 179 – 75375-000 – Santo Antônio de Goiás - GO. morel@cnpaf.embrapa.br

2. Engenheiro Agrônomo, PhD, Bolsista do CNPq, Embrapa Arroz e Feijão.

3. Economista, Bacharel, Embrapa Arroz e Feijão.

Existem vários trabalhos demonstrando as perdas por volatilização de NH_3 da uréia, principalmente quando é distribuída a lançô na superfície do solo, como o de Lara e Trivelin (1990). Em sistemas conservacionistas com alta disponibilidade de restos culturais com alta relação C/N, além das perdas de NH_3 por volatilização, o nitrogênio pode tornar-se insuficiente para as plantas em função da fixação microbiana do solo (TISDALE et al., 1985; MENGEL, 1996; SÁ, 1999). Num sistema como esse, as doses de nitrogênio poderão ser necessárias em maiores quantidades, além do que, a época de aplicação do nitrogênio em cobertura mais adequada ao feijoeiro também pode não ser aquela utilizada em sistemas convencionais.

Segundo Fox et al. (1986), dentre as formas de aplicação de nitrogênio, a de cobertura tem sido a mais eficiente (rendimento/unidade de nitrogênio aplicado) pois, além de fornecimento do nutriente em época de maior exigência, a absorção do NH_3 pelas folhas inferiores das plantas pode reduzir as perdas por volatilização. Por outro lado, Keller e Mengel (1986) demonstraram que a uréia em cobertura apresenta-se tão eficiente quanto outras fontes de nitrogênio, quando ocorre precipitações após a sua aplicação.

Nas condições de cultivo do feijoeiro irrigado no inverno, quando há possibilidade de irrigação imediata após a adubação de cobertura, pode-se formular a hipótese de que a opção pelo uso da uréia pode garantir ao produtor ganho econômico considerável. Não havendo diferença de eficiência, em termos de rendimento de grãos, a uréia tem menor custo por unidade de N que o sulfato de amônio. Além disso, a incorporação do adubo ao solo abaixo dos resíduos deixados pelas culturas anteriores é realizada pela irrigação.

Os objetivos deste trabalho foram comparar os efeitos de diferentes doses de N nas formas de uréia e sulfato de amônio e determinar a necessidade de parce-

lamento do N em diferentes fases de crescimento do feijoeiro irrigado.

MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos, um com uréia e outro com sulfato de amônio em cobertura, foram instalados em área experimental da Embrapa Arroz e Feijão, usada anteriormente por quatro anos para o plantio de soja e milho no verão e feijão no inverno, sem revolvimento do solo. Em razão da existência de camada subsuperficial compactada, procedeu-se a uma subsolagem antes da aplicação dos tratamentos. O solo é caracterizado como Latossolo Vermelho distroférrico com 40% de argila e baixo teor de matéria orgânica. Resultados de análises químicas iniciais de amostras do solo nas camadas de 0-10 e de 10-30 cm de profundidade constam da Tabela 1.

O plantio do feijão cultivar Pérola foi realizado em meados de junho de 1999, 2000 e 2001; em 1999 o cultivo anterior foi soja e nos anos subsequentes o arroz, ambos cultivados no verão. A semeadura do feijão foi feita em linhas espaçadas de 40 cm, com 12 plantas m^{-1} e a adubação de plantio foi 30-120-70 kg ha^{-1} de N - P_2O_5 - K_2O , respectivamente, aplicada no sulco de plantio, 5 cm ao lado e abaixo das sementes.

O delineamento experimental foi blocos ao acaso com parcelas subdivididas, sendo as parcelas formadas pelas doses de N (0, 60, 90, 120 e 150 kg ha^{-1} de N) e as subparcelas pelo número de aplicações em cobertura (P1 = aplicação aos 30 dias após emergência das plântulas - dae, P2 = aos 15 e 30 dae e P3 = 15, 30 e 45 dae). Um dia após a distribuição dos adubos foram aplicados, via pivô central, 12 mm de água, para favorecer a penetração dos adubos no solo.

TABELA 1 – Características químicas iniciais de amostras do solo nas camadas de 0-10 e de 10-30 cm de profundidade.

Prof.	pH ¹	H+Al	Ca ²	Mg ²	K ³	P ³	Cu ³	Mn ³	Fe ³	Zn ³	V	MO ⁴
(cm)		mmol _c dm ⁻³mg dm ⁻³				%	g dm ⁻³
0-10	5,8	63,1	24,2	12,7	29,4	16,1	1,8	15,8	85,4	6,6	51,2	18,1
10-30	5,4	65,7	18,1	9,2	19,2	9,7	2,2	12,8	81,4	5,5	41,0	15,0

¹pH em H_2O (relação solo: H_2O de 1:2,5).

²Extração com KCl 1mol L^{-1} .

³Extração com H_2SO_4 $0,0125\text{mol L}^{-1}$ + HCl $0,05\text{mol L}^{-1}$.

⁴Método de Walkley-Black.

Realizou-se o controle de plantas daninhas pela aplicação de $0,9 \text{ kg ha}^{-1}$ de glyphosate, aos 15 dias antes do plantio, e de $0,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de paraquat + agral na concentração de 0,1%, no plantio. Como pós emergência aplicou-se $0,15 \text{ kg ha}^{-1}$ de fomesafen + energic na concentração de 0,2%. Uma semana depois aplicou-se o imazamox, na dose de $0,021 \text{ kg ha}^{-1}$ + bentazon, $0,48 \text{ kg ha}^{-1}$ + 0,2% de energic. Depois de cinco dias foi aplicado o fluazifop-p-butil na dose de $0,188 \text{ kg ha}^{-1}$, de forma que a área foi sempre mantida no limpo durante todo o período de condução do experimento.

Determinou-se o rendimento de grãos colhendo-se cinco linhas de 4 m de feijão de cada parcela e expressando o peso em kg ha^{-1} de grãos com 140 g kg^{-1} de umidade. No final do período experimental, amostras de solo das camadas de 0 - 10 e de 10 - 20 cm de profundidade foram coletadas para determinação do pH em água.

Foram aplicadas as análises de variância individuais e conjunta dos dois experimentos (uréia e sulfato de amônio) e de regressão, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5%. Nos dois últimos anos do estudo, com base no rendimento médio das duas fontes e das doses de nitrogênio aplicadas em cobertura (as quais representam as médias dos tratamentos de parcelamentos), fez-se uma análise financeira com base na renda bruta e custos da adubação, para demonstrar a viabilidade de uso do nitrogênio de cada tratamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeitos sobre o rendimento de grãos

O rendimento máximo de grãos, em termos médios, foi de aproximadamente 3.000 kg ha^{-1} para o sulfato de amônio e 3.100 kg ha^{-1} para a uréia fertilizante, não havendo diferença entre as duas fontes nas safras de 1999 e 2001 (Tabela 2). Pela análise conjunta das três safras, houve efeito de ano e da interação ano *versus* tratamento, razão pela qual foi realizada a análise individual em cada safra (1999-2001). Houve efeito significativo de fonte na safra de 2000, de dose e parcelamento nas três safras, e das interações dose *versus* parcelamento e fonte *versus* dose na safra de 2001.

Em 2001, foi verificado efeito positivo das doses sobre o rendimento de grãos para as duas fontes. O modelo

matemático que melhor expressou esta relação do rendimento com as doses de N e o número de aplicações em cobertura foi o linear, demonstrando, do ponto de vista técnico, que o feijoeiro irrigado pode responder a doses de N em cobertura acima de 150 kg ha^{-1} (Figura 3) e que é necessário parcelar a dose em duas ou três vezes durante o ciclo. O fato de o feijoeiro irrigado responder a altas doses de N, conforme demonstrado neste estudo e em outro realizado, em condições muito semelhantes em Santo Antônio de Goiás, GO (BARBOSA FILHO e SILVA, 2000), reforça a necessidade de outros estudos que levem em consideração os aspectos econômicos da adubação nitrogenada de cobertura do feijoeiro irrigado, principalmente, cultivado em sistema plantio direto.

A resposta do feijoeiro ao N foi influenciada pelos resíduos de cultura deixados na superfície pelo cultivo anterior, o que justifica as diferenças de rendimento de grãos das três safras (Tabela 2). A explicação é que, com o plantio anterior à instalação dos experimentos, da soja, desenvolveu-se no solo um ambiente de menor imobilização e maior disponibilidade de N para as plantas de feijão, comparativamente à sucessão feijão após arroz, em que parte do N aplicado foi consumida pela população microbiana do solo no processo de decomposição da palhada do arroz, causando, assim, um déficit de N para o feijoeiro (Figura 2).

Segundo Mengel (1996), menos de 50% do N incorporado no solo na forma orgânica é transformado em N inorgânico, ou seja, é mineralizado, sendo a outra parte encontrada em associação à massa microbiana do solo. Este processo de decomposição dos resíduos vegetais é muito importante e tem implicações práticas quanto ao manejo da adubação nitrogenada das culturas. A influência dos resíduos culturais deixados na superfície do solo sobre o rendimento das culturas é bastante reconhecida na literatura, inclusive com indicações de que a quantidade de N nessas condições, num mesmo solo, deva ser da ordem de 20% a 25% superior (SÁ, 1999).

A aplicação de nitrogênio, seja na forma de uréia ou de sulfato de amônio em duas vezes, aos 15 e 30 dae, e em três vezes, aos 15, 30 e 45 dae das plântulas, resultou em rendimentos de grãos significativamente maiores do que a aplicação em apenas uma vez, aos 30 dae (Tabela 3).

TABELA 2 – Produtividade do feijoeiro irrigado nas safras de 1999, 2000 e 2001, atribuídas a doses, fontes e parcelamento do N.

Variável	Safras			Média
	1999	2000	2001	
 kg ha ⁻¹			
<i>Dose¹</i>				
0	3.404	1.944	2.165	2.504
60	3.614	2.397	2.610	2.874
90	3.612	2.679	2.768	3.020
120	4.016	2.975	3.036	3.342
150	3.869	3.155	3.199	3.408
<i>Fonte</i>				
Uréia	3.753a ²	2.686a	2.806a	3.082
S.A.	3.651a	2.575b	2.705a	2.977
<i>Parcelamento</i>				
P1	3.535b	2.521b	2.627b	2.894
P2	3.725ab	2.665a	2.820a	3.070
P3	3.848a	2.705a	2.819a	3.124
Fonte (F)	NS	*	NS	
Dose (D)	***	***	***	
Parc. (P)	*	**	*	
F x D	NS	NS	***	
F x P	NS	NS	NS	
D x P	NS	NS	*	
F x D x P	NS	NS	NS	
CV (%)	10,3	7,8	9,7	

¹Tratamentos de doses de N referem-se à aplicação em cobertura. Em todos os tratamentos foram aplicados 30 kg ha⁻¹ de N no plantio.

²Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem a 5%, pelo teste de Tukey.

*, **,*** significativo ao nível de probabilidade de 0,05, 0,01 e 0,001, respectivamente. NS = não significativo.

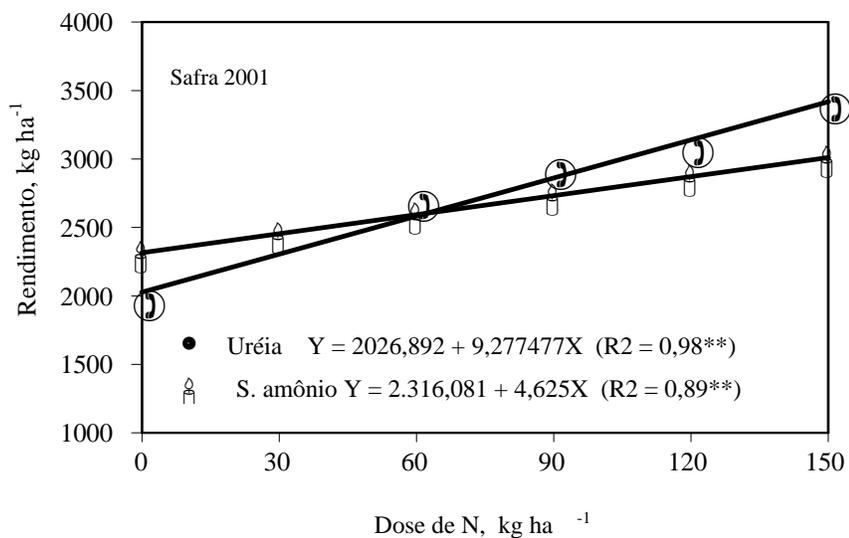


FIGURA 1 – Rendimento do feijoeiro irrigado em função de doses e fontes de nitrogênio aplicado em cobertura, safra 2001.

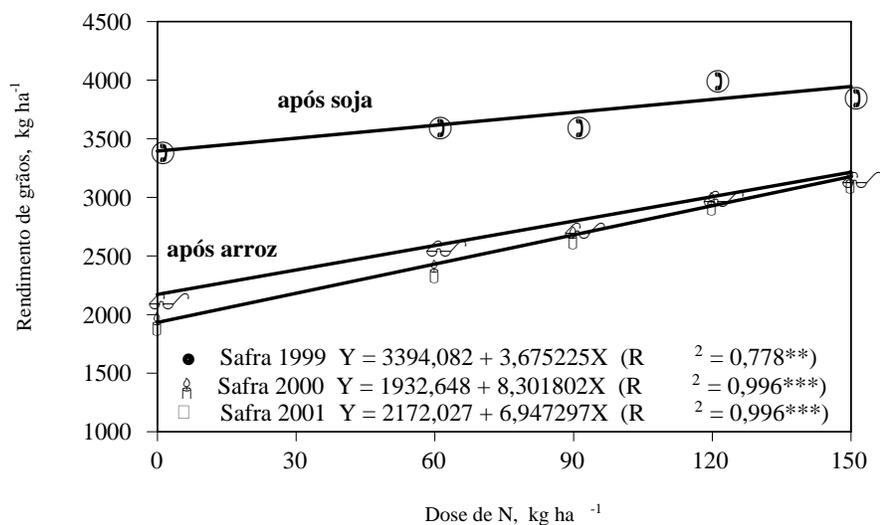


FIGURA 2 – Efeito da cultura antecedente na resposta do feijoeiro irrigado à aplicação de doses crescentes de nitrogênio em cobertura nas safras de 1999, 2000 e 2001.

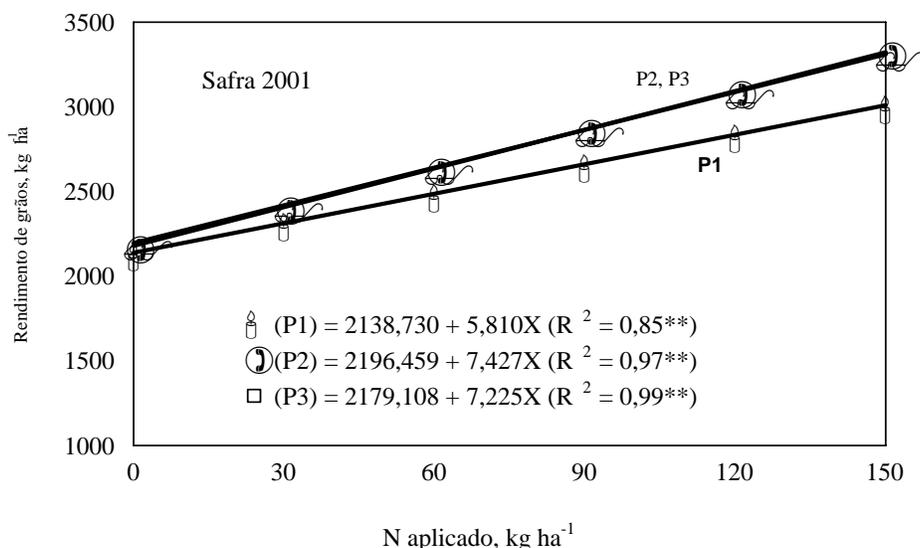


FIGURA 3 – Rendimento do feijoeiro irrigado em função de doses e parcelamento do nitrogênio em cobertura. P1 = aplicação do N aos 30 dias após emergência das plântulas (dae), P2 = aos 15 e 30 dae e P3 = 15, 30 e 45 dae.

Efeitos sobre o pH do solo

A nitrificação do amônio provocou no solo o que é esperado quando fontes amoniacais são aplicadas na superfície em adubações de cobertura, ou seja, diminuição de pH, maior redução de pH nas doses maiores de nitrogênio e diferença entre uréia fertilizante e sulfato de amônio nos seus efeitos sobre o pH, principalmente na camada de 0-10 cm de profundidade, em qualquer que seja a dose de nitrogênio em cobertura. A diferença entre as duas fontes foi de 0,8 unidades de pH para a profundidade de 0-10 cm. O sulfato de amônio e a uréia reduziram em 1,0 (de 5,9 para 4,9) e 0,3 (6,0 para 5,7) unidades de pH, respectivamente entre a dose zero e 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio na profundidade de 0-10 cm (Tabela 3).

O menor efeito da uréia fertilizante em relação ao sulfato de amônio no pH do solo pode ser devido à perda de NH₃ por volatilização da uréia, que apesar de ter sido minimizada pela irrigação, houve como

conseqüência, quantidades menores de NH₄⁺ disponível para nitrificação e produção de acidez. Infere-se, assim, que em solos adubados por muitos anos com sulfato de amônio pode ser necessário doses mais elevadas de calcário em relação a solos adubados com uréia, para neutralizar a acidez do solo.

Economicidade da adubação de cobertura

Do ponto de vista econômico, a dose de N que corresponde ao maior rendimento de grãos pode não corresponder à dose mais rentável e, portanto, não ser a mais adequada para recomendação ao produtor. Assim, nos dois anos da seqüência arroz + feijão, foi feita uma análise financeira do uso de cada dose de N da uréia fertilizante e do sulfato de amônio, considerando duas aplicações por via tratorizada. Verificou-se que a renda líquida aumenta com as doses de N, sendo a uréia fertilizante a que apresenta a maior vantagem econômica (Tabela 4).

TABELA 3 – Valores de pH nas camadas de 0-10 e de 0-20 cm de profundidade após três anos de cultivo com arroz e feijão semeados, respectivamente, no verão e no inverno, em função de doses e fontes de N na adubação de cobertura.

Doses de N ¹	Uréia fertilizante		Média	Sulfato de amônio		Média
	0-10 cm	10-20 cm		0-10 cm	10-20 cm	
0	6,0 ²	5,5	5,7	5,9	5,4	5,6
60	6,0	5,4	5,7	5,3	5,1	5,2
90	5,9	5,4	5,6	5,1	4,9	5,0
120	5,8	5,3	5,5	5,0	4,8	4,7
150	5,7	5,2	5,4	4,9	4,7	4,8

¹Tratamentos de doses de N referem-se à aplicação em cobertura. Em todos os tratamentos foram aplicados 30 kg ha⁻¹ de N no plantio.

²Média de seis repetições, agrupando os três parcelamentos de N (P1, P2 e P3).

TABELA 4 – Ganho líquido proporcionado pelo feijoeiro irrigado utilizando adubação de cobertura com uréia fertilizante e sulfato de amônio, aplicados em diferentes doses na superfície do solo, via tratorizada, no inverno de 2000 e 2001.

Safr	Dose de N	Produção de grãos		Receita marginal		Custo da adubação		Margem líquida	
		Uréia	SA	Uréia	SA	Uréia	SA	Uréia	SA
		(sc. 60 kg ha ⁻¹)	 R\$ ha ⁻¹					
2000	60	38,4	39,0	238	338	88	130	150	208
	90	48,0	45,0	673	608	111	173	562	435
	120	51,9	50,2	845	838	133	217	712	621
	150	55,8	52,2	1.020	886	156	260	864	626
2001	60	42,2	43,8	402	193	106	147	296	46
	90	48,1	46,3	732	330	137	199	595	131
	120	51,6	49,4	919	495	168	251	751	244
	150	59,2	54,1	1.326	759	199	303	1.127	456

Testemunha: sem N em cobertura: uréia, ano 2000 = 33,1 sacas de 60 kg ha⁻¹ e ano 2001 = 34,9 sacas de 60 kg ha⁻¹; Sulfato de amônio (SA), ano 2000 = 31,5 sacas de 60 kg ha⁻¹ e ano 2001 = 40,4 sacas de 60 kg ha⁻¹ (foram consideradas duas aplicações).

CONCLUSÕES

Não houve diferença entre a uréia fertilizante e o sulfato de amônio nas safras de 1999 e 2001, como fontes de N para a cultura do feijoeiro irrigado.

A dose de N pode variar de 120 a 150 kg ha⁻¹, aplicada na forma de uréia fertilizante, sendo metade aplicada aos 15 e metade aos 30 dae das plântulas, na superfície do solo seguida de irrigação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA FILHO, M. P.; SILVA, O. F. da. Adubação e calagem para o feijoeiro irrigado em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1317-1324, 2000.
- FOX, R. H.; KERN, J. M.; PIEKIELEK, W. P. Nitrogen fertilizer source, and method and time of application effect on no-till corn yields and nitrogen uptakes. **Agronomy Journal**, Madison, v. 78, p. 741-746, 1986.
- KELLER, G. D.; MENGEL, D. E. Ammonia volatilization from nitrogen fertilizers surface applied to no-till corn. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 50, p. 1060-1063, 1986.
- LARA, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O. Eficiência de um coletor semi-aberto estático na quantificação de N-NH₃ volatilizado da uréia aplicada ao solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, n. 3, p. 345-352, 1990.
- MENGEL, K. Turnover of organic nitrogen in soils and its availability to crops. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 181, n. 1, p. 83-93, 1996.
- SÁ, J. C. M. de. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J. O. et al. (Eds.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: SBCS/UFLA, 1999. p. 297-319.
- TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. **Soil fertility and fertilizer**. 4. ed. New York: Macmillan, 1985.