

## Aplicação de Nitrogênio em Cobertura no Feijoeiro Irrigado\*

O feijoeiro é uma das principais culturas plantadas na entressafra em sistemas irrigados nas regiões Central e Sudeste do Brasil. Entre as tecnologias indicadas para este sistema de cultivo, a adubação nitrogenada é a que tem gerado maior número de questionamentos. As dúvidas vão desde reações e mecanismos controladores da disponibilidade do N no solo, características e reações no solo das diferentes fontes de nitrogênio, até a prática da adubação, quanto a fontes, doses, métodos de aplicação, época mais adequada de aplicação durante o ciclo da cultura e a necessidade de seu parcelamento e, sobretudo, quanto aos seus aspectos econômicos. Estas técnicas de manejo de adubação, ainda são a melhor estratégia utilizada para maximizar a eficiência de uso do nitrogênio e permitir aos produtores obterem máximo retorno econômico do uso de fertilizantes.

Com o objetivo de esclarecer estas dúvidas, são apresentados e discutidos a seguir resultados de rendimento de grãos de dois experimentos e da análise econômica da utilização da uréia e sulfato de amônio na adubação de cobertura do feijoeiro irrigado, nas safras de inverno de 1999, 2000 e 2001.

### Aplicação da Ureia Fertilizante e Sulfato de Amônio na Superfície e Incorporados ao Solo

O aumento de rendimento de grãos devido à aplicação de N em cobertura foi de 13%, não havendo, na média das três safras, diferença entre a uréia e o sulfato de amônio, bem como entre os métodos de aplicação do nitrogênio de cobertura na forma de sulfato de amônio, isto é, superficial ou incorporado ao solo (Tabela 1). Quanto à forma de aplicação da uréia, esta chegou, inclusive, a superar o sulfato de amônio quando aplicada na superfície do solo, o que contraria, de certa forma, inúmeros resultados de pesquisa que relatam a existência de elevadas perdas de  $\text{NH}_3$  quando a uréia é aplicada na superfície do solo.

Porém, duas explicações podem ser apresentadas para justificar a não existência de diferenças entre a uréia fertilizante e o sulfato de amônio, bem como entre a aplicação superficial e incorporada ao solo. Primeiramente, deve-se considerar que no dia seguinte à adubação foi feita uma irrigação de 12 mm de água via pivô central. Isto pode ter favorecido a movimentação do N em profundidade, reduzindo, assim, as perdas para a atmosfera (volatilização). Em segundo lugar, aventa-se a hipótese de as

# 49 Circular Técnica

Santo Antônio de  
Goiás, GO  
novembro, 2001

Autores

Morel P.

Barbosa Filho

Eng. Agr.,

Doutor, Embrapa Arroz  
e Feijão, Caixa postal  
179, 75375-000  
Santo Antônio de Goiás,  
GO

Nand Kumar Fageria

Eng. Agr. Ph.D.

Embrapa Arroz e Feijão

Osmira Fátima da Silva

Economista,

Bacharel, Embrapa

Arroz e Feijão.

**Tabela 1** Produtividade média de três anos do feijoeiro irrigado e acumulação de N nas plantas, atribuídas aos tratamentos com N aplicado em cobertura, sob a forma de uréia fertilizante e sulfato de amônio incorporados e na superfície de solo, em três níveis de calcário.

<i>Tratamentos</i>	<i>Produtividade</i>	<i>Acumulação de N</i>
	..... <i>kg ha<sup>-1</sup></i> .....	
<b>Ano</b>	3.828	109
1999	2.422	-
2000	2.751	64
2001	3.000 (13%) <sup>1</sup>	-
<b>Nitrogênio</b>		
Uréia superficial	3.179 a <sup>2</sup>	111 a
Uréia incorporada	3.024 b	100 a
S. Amônio superficial	3.102 a	109 a
S. Amônio incorporado	3.049 a	114 a
Média (Uréia)	3.102 a	106 a
Média (S. Amônio)	3.076 a	112 a
Testemunha	2.647 b	88 b
<b>Calcário</b>		
0	2.835	95
3,5	3.016	106
7,0	3.149	113

<sup>1</sup> O número entre parêntese representa a porcentagem de aumento de produtividade devido à aplicação de nitrogênio em cobertura.

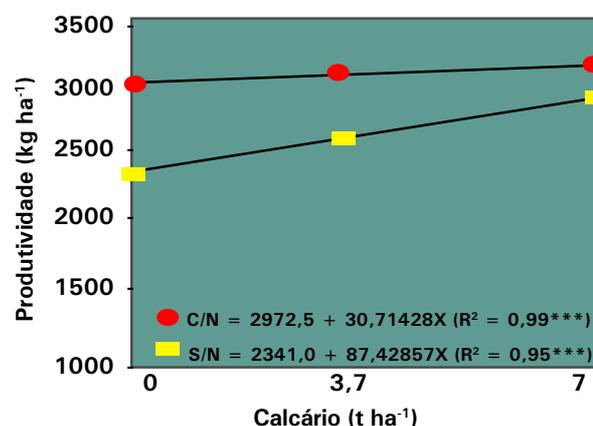
<sup>2</sup> Nas colunas, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

plantas de feijão se auto-sombream e cobrem toda área livre entre as fileiras, formando, abaixo das plantas, uma atmosfera rica em N que é absorvido pelas folhas inferiores.

Houve resposta positiva e linear ao calcário e não ocorreu interação significativa entre calcário e nitrogênio, em relação a produtividade de grãos e acumulação de N na planta. Nos tratamentos onde não se aplicou N em cobertura, as produtividades atribuídas à calagem foram menores, comparadas aos tratamentos com nitrogênio (Fig. 1). Outro aspecto importante que vale ressaltar são os elevados níveis de rendimento de grãos alcançados, demonstrando o alto potencial produtivo da cultivar Pérola e sua capacidade de responder à adubação nitrogenada.

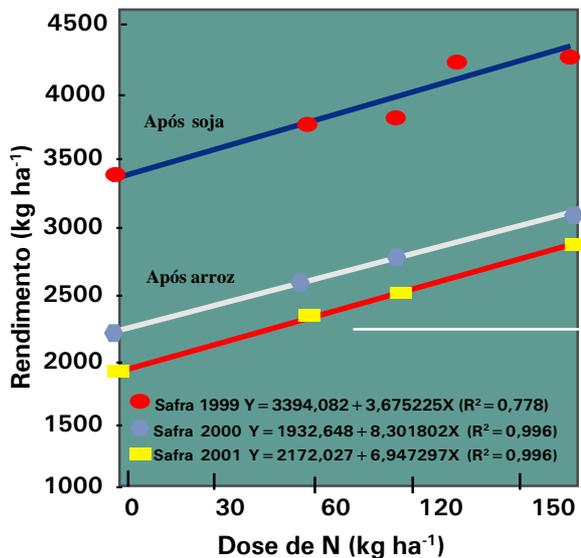
A resposta ao N é influenciada pelos resíduos de cultura deixados na superfície

pelo cultivo anterior, o que explica a diferença de rendimentos de grãos das três safras. A fonte de resíduos na superfície para o plantio de inverno/1999 foi a soja cultivada no verão, enquanto para os plantios de inverno/2000 e 2001 foi o arroz. Portanto, com o plantio da soja no verão/1998, desenvolveu-se no solo um ambiente de menor imobilização e maior disponibilidade



**Fig. 1.** Resposta do feijoeiro irrigado a doses de calcário, com e sem aplicação de nitrogênio em cobertura.

disponibilidade de N para as plantas de feijão do que nos plantios de inverno de 2000 e 2001, onde 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 (Fig. 2).



**Fig 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.

Desses resultados pode-se inferir que a necessidade de N para adubação de cobertura do feijoeiro cultivado nestas condições de plantio direto, em que os resíduos culturais forem de difícil decomposição (relação C:N superior a 30:1), deve ser maior que 80 kg ha<sup>-1</sup>

(testada neste experimento). 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.

### Efeito das Fontes e Doses de Nitrogênio no pH do Solo

Após três anos de nitrificação do amônio das duas fontes de N, seja a aplicação superficial ou incorporada ao solo, houve uma diminuição nos valores de pH de 0,2 unidades na camada de 0-10 cm nas três doses de calcário (Tabela 2). Esta alteração de pH é considerada muito pequena, em razão da baixa quantidade de N aplicada (80 kg ha<sup>-1</sup>) e do valor de pH inicial (6,0), relativamente elevado para as condições de solos de cerrado.

A nitrificação do amônio provocou o que era esperado, quando fontes amoniacais são aplicadas na superfície do solo em adubações de cobertura: (1) diminuição de pH; (2) maior redução de pH nas doses maiores de nitrogênio; (3) diferença entre uréia fertilizante e sulfato de amônio no seus efeitos sobre o pH, principalmente na camada de 0-10 cm de solo, em qualquer

**Tabela 2.** Valores de pH na camada de 0-10 cm de profundidade, após três anos de cultivo com arroz e feijão, semeados, respectivamente, no verão e no inverno, em função de fontes e métodos de aplicação de N, em três níveis de calcário aplicado na superfície do solo.

Fontes	Método	Calcário (t ha <sup>-1</sup> )			Média
		0	35	7,0	
Uréia	Superficial	5,7	6,4	6,8	6,5
	Incorporado	5,8	6,3	6,8	6,3
	Média	5,8	6,4	6,8	6,4
Sulfato de amônio	Superficial	5,1	6,0	6,5	5,9
	Incorporado	5,1	5,9	6,2	5,7
	Média	5,1	5,9	6,3	5,8
Testemunha		6,0	6,6	7,0	6,5

Dose de N = kg ha<sup>-1</sup> no plantio e 80 kg ha<sup>-1</sup> em cobertura, parcelados em duas vezes, metade aos 15 e metade aos 30 dias após emergência.

**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 <sup>1</sup> kg ha <sup>-1</sup>	Uréia fertilizante			Sulfato de amônio		
	0 - 10 cm	10 - 20 cm	Média	0 - 10 cm	0 - 20 cm	Média
0	6,0 <sup>2</sup>	5,5	5,7	5,9	5,4	5,6
60	6,0	5,4	5,1	5,3	5,1	5,2
90	5,9	5,4	5,1	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

<sup>1</sup> Tratamento de doses de N referem-se à aplicação em cobertura. Em todos os tratamentos foram aplicados 30 kg ha<sup>-1</sup> de N no plantio.

<sup>2</sup> Média de seis repetições, agrupando os três parcelamentos de N (P1 = aplicação aos 30 dias após emergência - DAE, P2 = aos 15 e 30 DAE e P3 = aos 15, 30 e 45 DAE).

que seja a dose de nitrogênio em cobertura. A diferença entre as duas fontes sobre o pH foi de 0,8 unidades, sendo a maior redução do pH devido ao sulfato do amônio (Tabela 3).

O menor efeito da uréia fertilizante em relação ao sulfato de amônio no pH do solo, pode ser devido à perda de NH<sub>3</sub> da uréia, por volatilização. Apesar de ter sido minimizada pela irrigação, teve como consequência quantidades menores de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> disponível para nitrificação e produção de acidez. Infere-se, assim, que em solos adubados por muitos anos com sulfato de amônio, pode ser necessárias

doses mais elevadas de calcário em relação à solos adubados com uréia, para neutralizar a acidez do solo.

### Fontes, Doses e Parcelamento de Nitrogênio em Cobertura

O máximo rendimento de grãos, em termos médios, foi de aproximadamente 3.000 kg ha<sup>-1</sup> para o sulfato de amônio e 3.100 kg ha<sup>-1</sup> para a uréia fertilizante, não havendo diferença significativa entre as duas fontes nas safras de 1999 e 2001 (Tabela 4). As explicações são as mesmas apresentadas anteriormente para o primeiro experimento. Pela análise conjunta das três

**Tabela 4.** Produtividade do feijoeiro o irrigado nas safras de 1999, 2000 e 2001, atribuídas a doses, fontes e parcelamento do N aplicado na forma de uréia fertilizante e sulfato de amônio.

Variável	Safras			Média
	1999	2000	2001	
	kg ha <sup>-1</sup>			
<b>Dose</b>				
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
<b>Fonte</b>				
Uréia	3.753 a <sup>1</sup>	2.686 a	2.806 a	3.082 a
Sulfato de Amônio	3.615 a	2.575 b	2.705 a	2.977
<b>Parcelamento</b>				
P1 <sup>2</sup>	3.535 b	2.521 b	2.627 b	2.894
P2	3.725 ab	2.665 a	2.820 a	3.070
P3	3.848 a	2.705 a	2.819 a	3.124

<sup>1</sup> Nas colunas, médias seguidas pelas mesmas letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

<sup>2</sup> P1 = aplicação aos 30 dias após emergência - DAE, P2 = aos 15 e 30 dias DAE; e P3 = aos 15, 30 e 45 DAE.

safras, verificou-se que houve efeito de ano e da interação ano x tratamento, razão pela qual se fez uma análise individual dos tratamentos, apresentada em cada safra (1999-2001). Verificou-se um efeito significativo de dose e parcelamento nas três safras e não se observou interação das relações fonte x parcelamento, fonte x dose, dose x parcelamento e fonte x dose x parcelamento.

A aplicação da uréia fertilizante em duas vezes, aos 15 e 30 dias após a emergência das plântulas (DAE), e em três vezes, aos 15, 30 e 45 DAE, resultou em rendimentos de grãos significativamente maiores do que a aplicação apenas uma vez, aos 30 DAE (Figura 3).

Efeito significativo e positivo das doses sobre o rendimento de grãos foi verificado para as duas fontes (Figura 3). O modelo matemático que melhor expressou esta relação do rendimento com as doses de N e o número de aplicações em cobertura foi a equação de regressão linear, demonstrando, do ponto de vista técnico, que o feijoeiro irrigado pode responder a doses de N em cobertura acima de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  e que é necessário parcelar a dose em duas ou três vezes durante o ciclo.

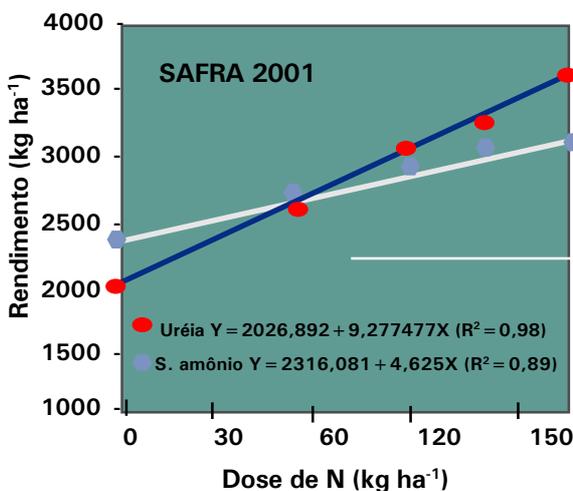


Fig 3. Rendimento de feijoeiro irrigado em função de doses e parcelamento do nitrogênio aplicado em cobertura.

O fato de o feijoeiro irrigado responder a altas doses de N, conforme demonstrado neste estudo e em outro realizado, em condições muito semelhantes na Embrapa Arroz e feijão, também reforça a necessidade de outros estudos que levem em consideração os aspectos econômicos da adubação nitrogenada de cobertura do feijoeiro irrigado, principalmente, se cultivado em sistema plantio direto.

### Economicidade das Fontes de Nitrogênio

Os tratamentos com uréia fertilizante apresentaram um retorno econômico superior em relação aos tratamentos com sulfato de amônio nas três safras, demonstrando a importância da escolha da fonte e da adoção de um manejo adequado desta prática (Tabela 5). Não havendo diferença entre as duas fontes de N, uréia fertilizante e sulfato de amônio, quanto à sua eficiência, e podendo estes fertilizantes serem aplicados na superfície do solo sem o custo de incorporação, a adoção deste manejo pode resultar em uma redução significativa de custo e, conseqüentemente, em maior renda para o produtor de feijão irrigado. Pelos valores apresentados na Tabela 5, observa-se que o retorno financeiro ou margem líquida por hectare, resultante da adubação superficial com uréia é maior, com exceção ao ano de 2001 (R\$ 532,00 na safra de 1999; R\$ 320,00 em 2000; e R\$ 131,00 na safra 2001) do que o retorno obtido com o uso do sulfato de amônio, também aplicado em superfície (R\$ 305,00, R\$ 143,00 e R\$ 210,00 respectivamente, para as safras de 1999, 2000 e 2001). O maior retorno econômico da adubação de cobertura foi obtido na safra de 1999. Isto foi devido ao alto rendimento de grãos alcançado nesta safra ( $68,7 \text{ sc. } 60 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e ao menor custo da adubação em relação ao preço do feijão na época.

**Tabela 5.** Balanço econômico e produção de grãos em função da utilização de uréia fertilizante e sulfato de amônio (SA), aplicados na superfície do solo, via tratorizada, na adubação de cobertura do feijoeiro irrigado sob plantio direto, no inverno de 1999, 2000 e 2001.

Safrá	Produção de grãos		Receita marginal		Custo da adubação		Margem líquida	
	Uréia	SA	Uréia	SA	Uréia	SA	Uréia	SA
	..... (sc. 60 kg ha <sup>-1</sup> ) .....		..... (R\$ ha <sup>-1</sup> ) .....					
1999	68,7	65,3	625	455	93	150	532	305
2000	42,0	39,3	423	302	103	159	320	143
2001	46,4	48,7	258	383	127	182	131	201
Total	157,1	153,3	1.306	1.140	323	491	983	649
Média <sup>1</sup>							5,1 sc	3,7 sc

Produção de grãos da testemunha:(sc 60 kg ha<sup>-1</sup>) 1999 = 56,2; 2000 = 32,6; 2001 = 41,7.

<sup>1</sup> Considerou-se a média das três safras e valores atualizados para abril/2001 (fertilizante) e outubro/2001 (feijão).

A aplicação superficial tanto da uréia quanto do sulfato de amônio, também é mais vantajosa economicamente do que a aplicação incorporada. Em função do custo para incorporação desses fertilizantes, considerando um trator de 90 a 110 CV, o ganho líquido, evidentemente, foi sempre menor em relação à aplicação superficial nas três safras (Tabela 5).

Admitindo-se os mesmos níveis de rendimento de grãos obtidos nas três safras, a aplicação superficial das duas fontes de nitrogênio em questão, via pivô central, certamente é ainda mais vantajosa economicamente, dado ao baixíssimo custo total desta operação, variando de R\$ 0,70 a R\$ 1,00 por hectare, considerando o período experimental de 1999 a 2001.

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. Com este propósito, 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 (Tabela 6). Observa-se que a renda líquida aumenta com as doses de N, sendo a uréia fertilizante a que apresentou maior vantagem econômica. Apesar de o parcelamento do N na forma de sulfato de

amônio não ter sido significativo, houve aumento de aproximadamente 100 kg ha<sup>-1</sup> no rendimento de grãos, quando as doses de N foram aplicadas em cobertura em duas e três vezes, respectivamente aos 15 e 30 DAE e 15, 30 e 45 DAE, o que, pode ser rentável, considerando o baixo custo de aplicação do N via pivô central.

## Considerações Finais

A aplicação de nitrogênio em cobertura para diferentes culturas tem sido, em geral, uma prática de manejo muito eficiente (rendimento/unidade de N aplicado). A eficiência dos fertilizantes nitrogenados, entretanto, tem sido menor quando aplicados na superfície sem a sua imediata incorporação ao solo, como é demonstrada em numerosas publicações. A explicação é fundamentada nos processos de perdas do nitrogênio por volatilização da amônia. Por outro lado, entretanto, quando a eficiência dos fertilizantes nitrogenados (principalmente uréia e sulfato de amônio) é comparada em termos de produtividade, e não de perdas por volatilização de NH<sub>3</sub> para a atmosfera, são encontrados na literatura inúmeros trabalhos de pesquisa demonstrando que a uréia em cobertura pode ser tão eficiente quanto outras fontes de nitrogênio.

**Tabela 6.** Ganho líquido proporcionado pela adubação de cobertura do feijoeiro irrigado com uréia fertilizante e sulfato de amônio (SA), aplicado em diferentes doses na superfície do solo, via tratorizada, no inverno de 2000 e 2001.

Safrá	Doses de N <i>kg ha<sup>-1</sup></i>	Produção de grãos		Receita marginal		Custo da adubação		Margem líquida	
		Uréia	SA	Uréia	SA	Uréia	SA	Uréia	SA
	<i>kg ha<sup>-1</sup></i>	... sc. 60 kg ha <sup>-1</sup> ...		..... R\$ ha <sup>-1</sup> .....					
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<sup>-1</sup> e ano 2001 = 34,9 sacas de 60 kg ha<sup>-1</sup>; Sulfato de amônio (SA), ano 2000 = 31,5 sacas de 60 kg ha<sup>-1</sup> e ano 2001 = 40,4 sacas de 60 kg ha<sup>-1</sup> (foram consideradas duas aplicações).

Vários fatores concorrem para que isto aconteça. Primeiro, é necessário que o nitrogênio seja aplicado na época mais apropriada e de maior exigência pelas plantas, pois o nitrogênio que não é absorvido, é perdido de alguma forma, seja por lixiviação ou volatilização. Segundo, a presença das plantas na época da aplicação pode também reduzir as perdas por volatilização devido a arquitetura da planta do feijoeiro que, ao permitir a perfeita cobertura da superfície do solo, favorece a absorção do NH<sub>3</sub> presente na atmosfera abaixo das folhas inferiores das plantas. Terceiro, deve-se considerar que a eficiência da adubação nitrogenada é maior quando ocorre precipitação ou se realiza uma irrigação logo após sua aplicação. Uma prática como esta, que favorece a penetração do N no solo, é perfeitamente factível nas condições de cultivo do feijoeiro irrigado no inverno.

Além da possibilidade de irrigação imediata após a adubação de cobertura e não havendo diferença de eficiência, em termos de rendimento de grãos, entre a uréia e o sulfato de amônio aplicados na superfície do solo, a opção pelo uso da uréia (menor custo da uréia em relação a outros nitrogenados), pode garantir ao

produtor, um ganho econômico considerável, além disso, deve-se levar em consideração que uma das dificuldades da adubação nitrogenada em cobertura tem sido a incorporação do adubo ao solo abaixo da camada de resíduos deixados pelas culturas anteriores.

## Conclusões e Recomendações

Não há diferença entre uréia fertilizante e sulfato de amônio, como fontes de N para a cultura do feijoeiro irrigado.

Não há diferença entre as aplicações de uréia fertilizante e sulfato de amônio na superfície ou incorporados ao solo.

A aplicação de uréia fertilizante na superfície do solo, seguida de irrigação é a opção mais econômica de adubação de cobertura do feijoeiro irrigado.

Recomenda-se aplicar 120 a 150 kg<sup>-1</sup> de N, dependendo da relação de preços entre o produto e o fertilizante, metade aos 15 e metade aos 30 DAE, em aplicação superficial no solo seguida de irrigação ou via água de irrigação, utilizando como fonte de N a uréia fertilizante.

## Referências Bibliográficas

Barbosa Filho, M.P. & Silva, O. F. da.  
Adubação e calagem para o feijoeiro em  
solo de cerrado. **Pesq. agropec. bras.**,  
Brasília, v. 35, n.7, (p. 1317-1324, jul.  
2000).

### Circular Técnica, 49

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,  
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:  
**Embrapa Arroz e Feijão**  
Rodovia Goiânia a Nova Veneza km 12 Zona Rural  
Caixa Postal 179  
75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO  
Fone: (62) 533 2110  
Fax: (62) 533 2100  
E-mail: sac@cnpaf.embrapa.br

1ª edição  
1ª impressão (2001): 1.000 exemplares

### Comitê de publicações

**Presidente:** *Carlos Agustin Rava*  
**Secretário-Executivo:** *Luiz Roberto da Silva*  
**Membros:** *Itamar Pereira de Oliveira*  
*Luis Fernando Stone*

### Expediente

**Supervisor editorial:** *Marina A. Souza de Oliveira*  
**Revisão de texto:** *Vera Maria Tietzmann Silva*  
**Tratamento das ilustrações:** *Dulce Abreu*  
**Normalização bibliográfica:** *Ana Lucia D. de Faria*  
**Editoração eletrônica:** *Dulce Abreu*