

**FRAÇÕES NITROGENADAS EM
LINHAGENS DE FEIJOEIRO SUBMETIDAS A
DOSES E FONTES DE NITROGÊNIO E SUAS
RELAÇÕES COM A PRODUTIVIDADE DE
GRÃOS**

TÁCIO OLIVEIRA DA SILVA

2007

TÁCIO OLIVEIRA DA SILVA

**FRAÇÕES NITROGENADAS EM LINHAGENS DE FEIJOEIRO
SUBMETIDAS A DOSES E FONTES DE NITROGÊNIO E SUAS
RELAÇÕES COM A PRODUTIVIDADE DE GRÃOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras
como parte das exigências do Programa de Pós-
graduação em Agronomia, área de concentração em
Ciência do Solo, para a obtenção do título de
“Doutor”.

Orientador
Prof. Dr. Antônio Eduardo Furtini Neto

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2007

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Silva, Tácio Oliveira da.

Frações nitrogenadas em linhagens de feijoeiro submetidas a doses e fontes de nitrogênio e suas relações com a produtividade de grãos / Tácio Oliveira da Silva. -- Lavras : UFLA, 2007.
80p.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2007.

Orientador: Antônio Eduardo Furtini Neto.

Bibliografia.

1. Nutrição mineral. 2. *Phaseolus vulgaris*. 3. Macronutriente. 4. Adubação nitrogenada. 5. Produção. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 635.652894

TÁCIO OLIVEIRA DA SILVA

**FRAÇÕES NITROGENADAS EM LINHAGENS DE FEIJOEIRO
SUBMETIDAS A DOSES E FONTES DE NITROGÊNIO E SUAS
RELAÇÕES COM A PRODUTIVIDADE DE GRÃOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras
como parte das exigências do Programa de Pós-
graduação em Agronomia, área de concentração em
Ciência do Solo, para a obtenção do título de
“Doutor”.

APROVADA em 17 de agosto de 2007.

Pesq. Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu	Embrapa Arroz e Feijão
Prof. Dr. Magno Antônio Patto Ramalho	UFLA
Profa. Dra. Janice Guedes de Carvalho	UFLA
Prof. Dr. Messias José Bastos de Andrade	UFLA

Prof. Dr. Antônio Eduardo Furtini Neto
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

Aos meus pais, José e Clarice, e aos meus irmãos, Taciano e Joseane, pelo exemplo, ajuda e força.

OFEREÇO

À Alciene Neves, pela paciência, respeito, amor, incentivo e companheirismo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela existência, paciência e forma positiva de enxergar a vida.

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, pela oportunidade de realização do curso.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo auxílio financeiro.

Ao Prof. Dr. Antônio Eduardo Furtini Neto pela orientação, oportunidades, ensinamentos e credibilidade durante o período do Doutorado.

Aos professores do Departamento de Ciência do Solo pelos ensinamentos.

Ao Prof. Dr. Magno Antônio Patto Ramalho, pelos ensinamentos, contribuições e sugestões necessárias durante a construção deste estudo.

Aos membros da banca examinadora, Prof. Dr. Magno, Dra. Ângela, Profa. Dra. Janice e Prof. Dr. Messias, pelas sugestões para a melhoria do trabalho.

À Isabela Furtini, pela gentileza, ajuda constante e competência durante a construção deste estudo.

Aos estagiários de iniciação científica, Carlos e Vinitius, pela amizade e ajuda necessária nas atividades de campo e laboratório.

Aos funcionários do Departamento de Ciência do Solo, pela receptividade e atenção.

Ao Laboratorista Roberto Lelis, pela ajuda e assistência durante as atividades no Laboratório.

Ao amigo Rômulo Menezes, pela amizade sincera, ajuda, confiança e pelas pequenas ações, que se transformaram em grandes conquistas.

Ao Prof. Dr. Anacleto, pelos ensinamentos, apoio e incentivo constante.

Aos irmãos-republicanos Flávio Pereira e Sandro Hurtado pela amizade, respeito e convivência familiar.

À amiga Fernanda Wasner pela amizade, companheirismo, ensinamentos e incentivo constante.

Aos amigos adquiridos antes e durante o curso de doutorado, Bruno Dias, Flávio Pereira, Josinaldo, Fernanda, Lúcio, Sandro, Marcos, Amanda, José Zilton, Leandro, Fabiano, Adriana, Sheila, Douglas, Euzelina, Évio, José Geraldo, Gláucia, Ivoney, Silvio, Ciro, Ellen, Luiz Gustavo, Krisle, Meire e Lucélia.

A todos que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	i
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	vi
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1 Importância nutricional e econômica do feijoeiro no Brasil.....	4
2.2 Nitrogênio no solo.....	6
2.3 Fixação biológica de nitrogênio x Feijoeiro.....	8
2.4 Nitrogênio na planta.....	10
2.5 Nitrato na planta.....	11
2.6 Estudos com frações nitrogenadas na planta.....	13
2.7 Exigências nutricionais.....	14
2.8 Doses de N.....	16
2.9 Fontes de N.....	19
2.10 Resposta de linhagens de feijoeiro a adubação nitrogenada.....	21
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1 Localização, clima e solo das áreas em estudo.....	23
3.2 Delineamento experimental, tratamentos e detalhes das parcelas.....	26
3.3 Controle cultural e fitossanitário.....	27
3.4 Coleta do solo e do material vegetal.....	28
3.5 Características avaliadas.....	28
3.6 Análises estatísticas.....	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
5 CONCLUSÕES.....	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
ANEXOS.....	74

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Atributos químicos dos solos amostrados à profundidade de 0-20 cm em Ijaci e Patos de Minas, antes da instalação dos experimentos.....	24
2	Dados meteorológicos referentes à média mensal da região de Ijaci-MG no ano agrícola de 2005*	25
3	Dados meteorológicos referentes à média mensal da região de Patos de Minas-MG no ano agrícola de 2005*	26
4	Resumo (quadrados médios) da análise da variância conjunta de dois locais (Ijaci-MG e Patos de Minas-MG) dos dados relativos à produção de grãos (Prod) (kg ha^{-1}), e aos teores (g kg^{-1}) de nitrogênio total foliar (N-total), Nitrato, N-solúvel (Nsol), N-orgânico solúvel (Norgsol) e N-insolúvel (Ninsol) na folha das linhagens de feijoeiro, submetidas a níveis e fontes de nitrogênio.....	37
5	Produtividade de grãos (Prod), teor de Nitrogênio total nos grãos (Ntgr), Nitrogênio total nas folhas (Ntfl), Nitrato (Nitr), N solúvel (Nsol), Nitrogênio orgânico solúvel (Norgsol) e N insolúvel (Nins) nas folhas das linhagens de feijoeiro na média das doses e fontes de nitrogênio e dos dois locais. Safra inverno de 2005.....	38
6	Produtividade de grãos (Prod), teor de Nitrogênio total nos grãos (Ntgr) e teor de Nitrogênio total nas folhas (Ntfl), Nitrato (Nitr), N solúvel (Nsol), Nitrogênio orgânico solúvel (Norgsol) e N insolúvel (Nins) foliar nas diferentes doses e fontes de nitrogênio, na média dos dois locais. Safra de inverno 2005.....	39
7	Produtividade de grãos (Prod), teores de Ntotal grãos (Ntotgr), N total folha (Ntfl), Nitrato (Nitr), N solúvel (Nsol), N orgânico solúvel (Norgsol) e N insolúvel (Nins) nas folhas, nas diferentes doses de nitrogênio, tendo como fonte de N a uréia, em Ijaci e Patos de Minas. Safra inverno de 2005.....	43
8	Produtividade de grãos (Prod), teores de Ntotal grãos (Ntotgr), N total folha (Ntfl), Nitrato (Nitr), N solúvel (Nsol), N orgânico solúvel (Norgsol) e N insolúvel (Nins) nas folhas, nas diferentes doses de nitrogênio, tendo como fonte de N o sulfato de amônio, em Ijaci e Patos de Minas. Safra inverno de 2005.....	46

9	Produtividade de grãos das linhagens de feijoeiro obtida na média dos dois locais (Ijaci e Patos de Minas-MG) e a equação de regressão entre as doses de nitrogênio e produtividade, na fonte sulfato de amônio. Safra de inverno de 2005.....	48
10	Teores médios de N-total nas folhas das linhagens de feijoeiro obtidos na média dos dois locais (Ijaci e Patos de Minas-MG) e a equação de regressão entre as doses de nitrogênio e teor de N-total nas folhas, na fonte sulfato de amônio. Safra de inverno de 2005.....	49
11	Teores médios de nitrato nas folhas das linhagens de feijoeiro obtidos na média dos dois locais (Ijaci e Patos de Minas-MG) e a equação de regressão entre as doses de nitrogênio e teor de nitrato, na fonte sulfato de amônio. Safra de inverno de 2005.....	50
12	Teores médios de N orgânico solúvel nas folhas das linhagens de feijoeiro obtidos na média dos dois locais (Ijaci e Patos de Minas-MG) e a equação de regressão entre as doses de nitrogênio e teor de N orgânico solúvel, na fonte sulfato de amônio. Safra de inverno de 2005.....	51
13	Teores médios de N-solúvel nas folhas das linhagens de feijoeiro obtidos na média dos dois locais (Ijaci e Patos de Minas-MG) e a equação de regressão entre as doses de nitrogênio e teor de N-solúvel na fonte sulfato de amônio. Safra de inverno de 2005.....	52
14	Teores médios de N-insolúvel nas folhas das linhagens de feijoeiro obtidos na média dos dois locais (Ijaci e Patos de Minas-MG) e a equação de regressão entre as doses de nitrogênio e teor de N-insolúvel, na fonte sulfato de amônio. Safra de inverno de 2005.....	53
15	Produtividade de grãos das linhagens de feijoeiro obtida na média dos dois locais (Ijaci e Patos de Minas-MG) e a equação de regressão entre as doses de nitrogênio e produtividade de grãos na fonte uréia. Safra de inverno de 2005.....	54
16	Teores de N-total nas folhas das linhagens de feijoeiro obtidos na média dos dois locais (Ijaci e Patos de Minas-MG) e a equação de regressão entre as doses de nitrogênio e teor de N-total nas folhas na fonte uréia. Safra de inverno de 2005.....	55

17	Teores de nitrato nas folhas das linhagens de feijoeiro obtidos na média dos dois locais (Ijaci e Patos de Minas-MG) e a equação de regressão entre as doses de nitrogênio e teor de nitrato na fonte uréia. Safra de inverno de 2005.....	56
18	Teores de N orgânico solúvel nas folhas das linhagens de feijoeiro obtidos na média dos dois locais (Ijaci e Patos de Minas-MG) e a equação de regressão entre as doses de nitrogênio e teor de N orgânico solúvel na fonte uréia. Safra de inverno de 2005.....	57
19	Teores de N-solúvel nas folhas das linhagens de feijoeiro obtidos na média dos dois locais (Ijaci e Patos de Minas-MG) e a equação de regressão entre as doses de nitrogênio e teor de N-solúvel na fonte uréia. Safra de inverno de 2005.....	58
20	Teores de N-insolúvel nas folhas das linhagens de feijoeiro obtidos na média dos dois locais (Ijaci e Patos de Minas-MG) e a equação de regressão entre as doses de nitrogênio e teor de N-insolúvel na fonte uréia. Safra de inverno de 2005.....	59

RESUMO

Silva, Tácio Oliveira da. **Frações nitrogenadas em linhagens de feijoeiro submetidas a doses e fontes de nitrogênio e suas relações com a produtividade de grãos.** 2007. 80p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

O presente estudo objetivou avaliar a resposta de linhagens de feijoeiro a diferentes doses e fontes de nitrogênio e também estudar as frações nitrogenadas e a sua relação com a produtividade de grão. Foram avaliadas 16 linhagens de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) classificadas quanto à resposta à adubação nitrogenada em responsivas (RC-I-3, CV-78, OP-NS-331, CNFC 8055, RC-I-7, MA-I-18.13, ESAL 630 e Pérola) e não responsivas (Ouro Negro, Talismã, VC-5, LH-10, MA-I-2.5, Z-22, VI-4899C e a CNFE 8017), cultivadas em Ijaci e Patos de Minas-MG, em um Latossolo Vermelho-Amarelo. O delineamento experimental utilizado foi látice triplo 4x4. Em cada local foram instalados sete experimentos distintos e contíguos, envolvendo duas fontes de nitrogênio, uréia (45% de N) e sulfato de amônio (20% de N), e quatro doses do nutriente (0, 60, 120 e 240 kg ha⁻¹ de N). Por ocasião da semeadura, utilizou-se o formulado 0-20-20 de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, na dose de 400 kg ha⁻¹. As doses de N foram parceladas. Aplicou-se 1/3 na semeadura e o restante em cobertura 20 dias após a emergência das plantas (DAE), exceto para a dose de 240 kg ha⁻¹ de N, a qual, por ser elevada, optou-se por aplicar 1/3 na primeira cobertura 20 DAE e 1/3 na segunda cobertura 27 DAE. A cobertura foi feita de forma convencional, manual, em fileira contínua, lateralmente às plantas, e seguida de irrigação. As parcelas foram constituídas por duas linhas de dois metros de comprimento, espaçadas de 50 cm, com densidade de 15 sementes por metro linear à profundidade de 3-4 cm. Na época do florescimento, coletaram-se amostras foliares para a determinação das frações nitrogenadas (Nitrato, N orgânico solúvel, N solúvel e N insolúvel) e do N total no tecido foliar. Por ocasião da colheita, após a determinação da produtividade dos grãos, sub-amostras foram coletadas para a determinação do N total nos grãos. Os dados obtidos em cada local foram submetidos à análise de variância individual envolvendo as doses e fontes de nitrogênio. Em seguida, efetuou-se a análise conjunta dos dois locais. O efeito de doses foi decomposto para cada fonte e dentro de cada fonte. Com os dados médios, realizaram-se as análises de regressão linear para se estimar a resposta das linhagens à aplicação das doses de N e os testes de comparação de médias para a produtividade de grãos e para as frações nitrogenadas entre as linhagens de feijoeiro. A cultivar Ouro Negro apresentou a maior produtividade de grãos (2529 kg ha⁻¹), enquanto a CV-78 apresentou a menor produtividade (1776 kg ha⁻¹). No entanto, a cultivar Ouro Negro apresentou um dos menores teores de N nos grãos e das frações nitrogenadas nas folhas. Em contrapartida, a CV-78 apresentou um dos maiores teores das frações nitrogenadas. A fração nitrato constituiu a menor fração nitrogenada

encontrada nas folhas das linhagens de feijoeiro, enquanto que o N insolúvel constituiu a maior. O sulfato de amônio proporcionou, em média, a maior produtividade de grãos, teor de nitrato e N insolúvel, quando comparado com a uréia. A produtividade de grãos e os teores dessas frações nitrogenadas foram maiores na dose de 240 kg ha⁻¹ de N. As linhagens de feijoeiro cultivadas sob as doses e fontes de N em Ijaci-MG apresentaram as maiores produtividades de grãos e teores das frações nitrogenadas superiores a Patos de Minas. Em geral, infere-se que os teores das frações nitrogenadas nas folhas das linhagens de feijoeiro não se apresentam diretamente relacionados com a produtividade de grãos.

¹ Comitê Orientador: Antônio Eduardo Furtini Neto – UFLA (Orientador), Magno Antônio Patto Ramalho – UFLA (Co-Orientador).

ABSTRACT

Silva, Tácio Oliveira da. **Fractions nitrogen in bean plant lineages submitted the nitrogen doses and sources and its relations with the productivity of grains.** 2007. 80p. Thesis (Doctorate in Soil Science). Federal University of Lavras, Lavras, MG.¹

The present study aimed at to evaluate the answer of bean plant lineages to different nitrogen doses and sources and also to study the fractions nitrogen and your relationship with the grain productivity. They were evaluated 16 bean plant lineages (*Phaseolus vulgaris* L.) classified with relationship to the answer the nitrogen manuring in responsive (RC-I-3, CV-78, OP-NS-331, CNFC8055, RC-I-7, MA-I-18.13, ESAL 630 and Pérola) and not responsive (Ouro Negro, Talismã, VC-5, LH-10, MA-I-2.5, Z-22, VI4899C and CNFE 8017) cultivated in Ijaci and Patos de Minas-MG in Red-Yellow Latosol. The used experimental delineation was triple lattice 4x4. In each place seven different and contiguous experiments were installed involving two sources of nitrogen urea (45% N) and ammonium sulfate (20% N) and four doses of the nutrient (0, 60, 120, 240 kg ha⁻¹ of N). For occasion of the sowing it used the formulated 0-20-20 of N, P₂O₅ and K₂O in the dose of 400 kg ha⁻¹. The doses of N were parceled. It was applied 1/3 in the sowing and remaining in coverage 20 days after the emergency of the plants (DAE) except for the dose 240 kg ha⁻¹ of N which for being elevated it opted for applying 1/3 in the first coverage 20 DAE and 1/3 in the second coverage 27 DAE. The coverage was made of conventional form manual in continuous lines sidelong to the plant and followed by irrigation. The portions were constituted by two lines of two meters in length spaced 50 cm with density of seeds for lineal meter to the depth 3-4 cm. At the time of the bloom collected leaf samples for the determination of the nitrogen fractions (Nitrate, N soluble organic, N soluble and N insoluble) and total N in the leaf. For occasion of the crop allied the determination of the productivity of the grains samples were collected for the determination of total N in the grains. The data obtained in each place were submitted to the analysis of individual variance involving the nitrogen doses and sources. Soon after it made the joint analysis of the two place. The doses effect was decomposed for each source and within each source. With medium data they accomplished the analyses of lineal regression to be considered the answer of the lineages to the application of doses N and the averages comparasion tests for grains productivity and for the nitrogen fractions among bean plant lineages. To lineage Ouro Negro introduced the biggest grains productivity (2529 kg ha⁻¹) while CV-78 introduced for productivity minor (1776 kg ha⁻¹). However to cultivate Ouro Negro introduced one of the smaller contents of N in the grains and of the nitrogen fractions in the leaves. As opposed lineage CV-78 which introduce one of the largest content of the nitrogen fractions. The nitrate fraction constituted nitrogen fraction minor met in the leaves of the bean lineages while the N insoluble constitutes the biggest

nitrogen fraction. The ammonium sulfate promoted the biggest grains productivity, nitrate content and N insoluble when compared with the urea. The grains productivity and the content of these nitrogen fractions were larger in the dose of 240 kg ha⁻¹ of N. The bean lineages cultivated under doses and sources of N in Ijaci-MG introduced the biggest grains productivity and contents nitrogen superior fractions to Patos de Minas-MG. In general, it's infers that contents of the nitrogen fractions in the leaves bean linages did not introduce directly related with grains productivity.

¹Guidance Committee: Antônio Eduardo Furtini Neto – UFLA (Major Professor), Magno Antônio Patto Ramalho – UFLA.

1 INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil, a cultura do feijoeiro vem mantendo há muitos anos um importante lugar na agricultura, tendo em vista, principalmente, o grande uso do feijão na alimentação, que apresenta consumo médio de 2.950 mil t ano⁻¹ ou 18 kg por habitante ano⁻¹ (Rapassi et al., 2003). No Estado de Minas Gerais apresenta-se como o segundo maior produtor nacional de feijão, responsável por 15% dessa produção. Ainda assim, nesse Estado, essa cultura apresenta uma relevante participação no aspecto social e econômico, já que é bastante cultivado por pequenos e grandes produtores, constituindo-se assim em uma grande empregadora de mão-de-obra (Ramalho & Abreu, 2002; Abreu & Del Peloso, 2004).

O feijoeiro é muito exigente em nutrientes, sobretudo devido ao seu reduzido sistema radicular e ciclo cultural (Rosolem & Marubayashi, 1994; Fageria & Souza, 1995). Entre os nutrientes, o nitrogênio é o mais exigido pelo feijoeiro, de modo que as plantas requerem quantidades relativamente grandes desse nutriente. Embora seja uma leguminosa, a fixação biológica de N (FBN) com bactérias do gênero *Rhizobium* tem baixa eficiência na espécie. Nos solos brasileiros, o baixo teor disponível desse nutriente é insuficiente para sustentar os altos níveis de produção alcançados pelas lavouras a nível empresarial (Moreira & Siqueira, 2002; Alves, 2002; Ferreira et al., 2004; Kikuti, 2004).

Atualmente há vários estudos avaliando o efeito da adubação nitrogenada na cultura do feijão em todo o Brasil (Ambrosano et al., 1996; Amane et al., 1999; Almeida et al., 2000; Jasmim et al., 2002; Valério et al., 2003; Arf et al., 2004; Soratto et al., 2004b; Kikuti et al., 2006; Farinelli et.

al., 2006). A uréia e o sulfato de amônio são os fertilizantes nitrogenados mais utilizados na agricultura brasileira, apesar de haver poucos estudos com fontes de N no feijoeiro (Cardoso et al., 1978; Stancheva et al., 2004; Soratto et al., 2006). Barbosa Filho et al. (2005) afirmaram que para sistemas conservacionistas, como o Plantio direto, não existem definições de doses, fontes e métodos de aplicação de nitrogênio na cultura do feijoeiro irrigado. Com isso, ainda ocorrem alguns questionamentos sobre o manejo da água, da adubação nitrogenada para essa cultura e a preocupação com a lixiviação de nitrato para o lençol freático nesse sistema, assim como a utilização de cultivares eficientes no uso do nutriente, que venham a responder com maiores produtividades de grãos.

Com relação à eficiência na utilização de nitrogênio, existem estudos envolvendo genótipos de diferentes culturas, como milho (Moll et al., 1987; Eichelberger et al., 1989; Magalhães et al., 1993; Banziger et al., 1997; Borges et al., 2006), arroz (Fernandes, 1984; 1990), capim colônia (Silveira & Sant'anna, 1988) e *Panicum dichotomiflorum* Michx. (Soratto et al., 2004a). Entretanto, para o feijoeiro existem relatos avaliando a eficiência na absorção de fósforo (Oliveira et al., 1987; Yan et al., 1995a; 1995b). Já no caso do nitrogênio, são poucos os estudos com linhagens de feijoeiro em relação à utilização e absorção do nutriente, principalmente a nível de campo. Em casa de vegetação, Guazzelli (1988) estudando combinações de nitrato e amônio em solução nutritiva encontrou diferenças quanto à absorção e utilização de N pelas cultivares de feijoeiro 'Eriparsa', 'Carioca' e 'Rio Tibagi'.

Trabalho mais recente foi realizado por Furtini et al. (2006). Estes autores avaliaram 100 linhagens de feijoeiro e constataram que elas diferiram na tolerância e/ou reposta ao N aplicado. Contudo, ainda não existem informações sobre a estratégia que a planta utiliza para uma menor ou maior eficiência. Para se obter linhagens mais eficientes na utilização do nitrogênio, seria importante

verificar se o comportamento diferencial das linhagens é dependente das frações nitrogenadas, e assim auxiliar na identificação de linhagens com maior eficiência no uso do nutriente.

Diante deste contexto, o estudo objetivou avaliar a resposta de linhagens de feijoeiro a diferentes doses e fontes de nitrogênio, e também estudar as frações nitrogenadas na planta e sua relação com a produtividade de grãos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância nutricional e econômica do feijoeiro no Brasil

O feijoeiro pertence à família Fabaceae e teve a sua origem nas Américas, onde o México, Guatemala e a zona leste dos Andes, corresponderam aos centros de origem e domesticação (Hungria et al., 1997). Na América Latina, a alimentação baseada no consumo do feijão não está circunscrita apenas ao povo brasileiro. No entanto, é no Brasil que o feijão apresenta-se não somente como importante fonte de proteína mas também como um produto de elevado valor energético - em torno de 345 calorias por 100 g, quando comparado a outros alimentos. Além disso, o seu teor de proteína varia de 15 a 33%, sendo que a maioria das variedades cultivadas apresenta teores desses compostos entre 20 e 25% (Vieira, 1983; Fancelli, 1994; Alves, 2002; Abreu & Del Peloso, 2004).

No território brasileiro, a cultura do feijão vem mantendo há muitos anos um importante lugar na agricultura, tendo em vista, principalmente, o elevado consumo desse grão na dieta alimentar da população de menor poder aquisitivo, que apresenta um consumo médio em torno de 2950 mil t ano⁻¹ (Rapassi et al., 2003). Na safra de 2004/2005, o país obteve uma produção de grãos de 3.045.500 toneladas em uma área compreendida por 3949.200 ha, alcançando uma produtividade em grãos de 771 kg ha⁻¹ (Agrianual, 2007). Com isso, é possível perceber um aumento na produção de grãos por área plantada, já que entre as décadas de 60 a 80, a produtividade média do feijoeiro comum no Brasil situava-se em torno de 500 a 600 kg ha⁻¹ (Abreu & Del Peloso, 2004). Outro fator importante é que o consumo per capita no Brasil caiu de 20 kg/habitante/ano em 1970, para 15 kg em 2004. Com isso, o consumo total no país se mantém estabilizado, há muitos anos, em torno de 3 milhões toneladas/ano (Agrianual, 2006).

Na região dos Cerrados, o feijoeiro tem sido cultivado sob irrigação, em mais de 100 mil hectares (Soratto et al., 2006). No Estado de Minas Gerais, a cultura do feijão apresenta uma relevante participação no aspecto social e econômico, já que é cultivado em todo o Estado, com os mais variados níveis tecnológicos e sistemas de produção (Ferreira et al., 2005), compreendendo, aproximadamente, 300 mil propriedades, em uma área total superior a 500 mil hectares, com uma demanda de 7,5 milhões de dias/homens, constituindo-se em uma grande empregadora de mão-de-obra (Ramalho & Abreu, 2002).

O Estado de Minas Gerais destaca-se como o segundo maior produtor de feijão, respondendo por aproximadamente 15% da produção nacional (Abreu & Del Peloso, 2004; Ferreira et al., 2005). Na safra de 2004/2005 a produção estadual foi de 566.000 t, em uma área de 433.700 ha, equivalente a uma produtividade média de 1305 kg ha⁻¹ (Agrianual, 2007).

No entanto, a cultura do feijoeiro apresenta baixos níveis de produtividade média de grãos; fatores como tipo de cultivares, baixa tecnologia de cultivo, uso reduzido de insumos e a ocorrência de pragas e doenças têm sido citados como a principal limitação ao seu adequado desempenho (Rapassi et al., 2003).

Outra limitação encontrada em Minas Gerais refere-se ao pequeno uso de sementes fiscalizadas. Estima-se que apenas 10% da área seja cultivada com esse tipo de semente, haja vista que a utilização de sementes com boa qualidade fisiológica e de cultivares recomendadas deve contribuir para maior estabilidade e aumento na produtividade de grãos (Ramalho & Abreu, 2002). Por outro lado, nesse Estado, a possibilidade de cultivar feijão no outono-inverno, com auxílio da irrigação, principalmente em regiões de baixa pluviosidade, vem despertando o interesse de agricultores em implantar uma agricultura de alto rendimento com a utilização de técnicas modernas.

Toda essa superação em produtividade de grãos está aliada às condições climáticas predominantes na região mineira, que permite o cultivo do feijoeiro

comum em três épocas durante o ano. Essas épocas compreendem a semeadura de outubro-novembro, na safra das “águas”; a semeadura de fevereiro a março, compreendida como safra da “seca”, e a de inverno, na qual é indispensável o uso de irrigação e que pode ser realizada também na segunda quinzena de julho (inverno-primavera), devido às baixas temperaturas na região Sul desse Estado (Ramalho & Abreu, 2002; Abreu & Del Peloso, 2004).

2.2 Nitrogênio no Solo

A disponibilidade de nitrogênio no solo limita a produtividade das plantas na maioria dos ecossistemas naturais e agrícolas (Taiz & Zeiger, 2004). Para exploração adequada do solo e conseqüente aumento da produtividade, é necessário um conhecimento do ciclo do N nos diferentes agroecossistemas (Suhet et al., 1985). Dada a sua importância e alta mobilidade no solo, o nitrogênio tem sido intensamente estudado com o propósito de maximizar a eficiência do seu uso. Para tanto, tem-se procurado diminuir as perdas desse elemento no solo bem como melhorar a sua absorção e o metabolismo no interior da planta (Bredemeier & Mundstock, 2000).

Buscando entender um pouco a dinâmica do nitrogênio no solo, afirma-se que o nitrogênio orgânico pode representar 97 – 98% do nitrogênio total do solo. O nitrogênio inorgânico geralmente representa somente 2 – 3% (Goh & Haynes, 1986; Lopes, 1989). Verifica-se que, no solo, o nitrogênio existe predominantemente nas formas orgânicas, e apenas uma pequena parte do N total encontra-se nas formas minerais de amônio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-) e nitrito (NO_2^-), que são as formas de N de maior interesse para a nutrição vegetal. O nitrito, que é tóxico para as plantas e animais, é de ocorrência efêmera no solo, pois é imediatamente oxidado a nitrato (Raij, 1991). Os teores de N inorgânico são altamente dinâmicos no solo, sendo alterados constantemente em razão dos

processos de mineralização, através da amonificação e aminação da matéria orgânica e da imobilização pelos microorganismos (Valério, 2002), o que nem sempre ocasiona eficiência no seu aproveitamento pelas plantas.

Como a maioria do nitrogênio do solo encontra-se na forma orgânica, não disponível para as plantas, e muito pouco nas formas inorgânicas, passíveis de absorção pelas plantas, o suprimento de N para os vegetais vai depender da ação dos microorganismos, os quais, ao decompor a matéria orgânica, bem como os resíduos vegetais e animais, atenderão as suas demandas de energia e de nitrogênio e, com a mineralização dos compostos orgânicos, disponibilizarão nitrogênio para as plantas. Para suprir a demanda de nitrogênio pelos microorganismos, ocorre por algum tempo imobilização de nitrogênio orgânico e inorgânico, uma vez, completado os ciclos vitais e decomposto, liberam o nitrogênio para as plantas. A mineralização e a imobilização ocorrem ao mesmo tempo no solo. Material com relação C/N baixa (menor que 20:1) proporciona maior rapidez da mineralização e, com relação C/N alta (maior que 30:1), favorece a imobilização. Para relações C/N entre esses valores, a imobilização e a mineralização são equivalentes (Sousa & Lobato, 2004; Moreira & Siqueira, 2006).

De maneira geral, a disponibilidade de N do solo para as culturas vai depender do tipo de sistema que vem sendo adotado, o que refletirá no aporte de matéria orgânica do solo. Em sistema de plantio convencional há uma redução do teor de matéria orgânica do solo com o passar do tempo, o que favorecerá o aumento das respostas à adubação nitrogenada. Por outro lado, Valério (2002) relata que se torna cada vez mais difícil a previsão do suprimento de N a partir da matéria orgânica. No caso da adubação nitrogenada, há também que se considerar as perdas que ocorrem por lixiviação e/ou volatilização.

2.3 Fixação Biológica de Nitrogênio x Feijoeiro

A fixação biológica de nitrogênio representa a forma mais importante de fixar o nitrogênio atmosférico N_2 em amônio, representando, assim, o ponto chave do ingresso do nitrogênio molecular no ciclo biogeoquímico do nitrogênio (Taiz & Zeiger, 2004). A fixação biológica do N_2 é o processo pelo qual os organismos vivos conseguem aproveitar o N atmosférico, incorporando-o à biosfera. É um processo restrito a alguns microorganismos procariontes de vida livre do solo, como alguns gêneros de bactérias *Rhizobium*, *Beijerinckia*, *Spirillum* e outras (Suhet et al., 1985; Epstein & Bloom, 2006), que formam associações simbióticas com plantas superiores em que o procarionto supre diretamente a planta com nitrogênio fixado em troca de outros nutrientes e carboidratos (Epstein & Bloom, 2006).

O feijoeiro é reconhecidamente uma cultura pouco eficiente na fixação de N_2 (Malavolta, 1980; Guazzelli, 1988). A literatura aponta como um dos motivos a nodulação tardia para cultivares de ciclo curto (Moreira & Siqueira, 2006), não ofertando nitrogênio suficiente às plantas no período de maior demanda. Embora sendo uma leguminosa, o feijoeiro requer a adição de adubos nitrogenados para atingir rendimentos economicamente viáveis (Suhet et al., 1985; Rapassi et al., 2003; Kikuti, 2004), e principalmente sustentar os altos níveis de produções alcançadas pelas lavouras a nível empresarial (Kikuti, 2004).

Mas o principal problema tem sido a alta população de estirpes nativas competitivas e de baixa eficiência em fixar o N_2 , as quais dificultam o estabelecimento de estirpes mais eficientes, que podem ser introduzidas pela inoculação (Peres et al., 1992).

Os procariontes simbióticos fixadores de nitrogênio liberam amônia, que se pode tornar tóxica; entretanto, ela é rapidamente convertida em formas orgânicas (amidos e ureídeos) antes de ser exportada para o macrosimbionte.

Leguminosas de origem tropical, como o feijão comum, exportam ureídeos, como a alantoína, ácido alantóico e citrulina (Epstein & Bloom, 2006).

Outra situação que dificulta a fixação biológica é o excesso de N mineral, como o nitrato, que causa redução da nodulação das leguminosas. A nodulação ocorre em resposta às demandas nutricionais da planta, e na presença do N mineral essas demandas são reduzidas, não ocorrendo estímulo à nodulação (Franco & Neves, 1992; Moreira & Siqueira, 2002). Outros fatores que podem interferir na FBN do feijoeiro são a acidez e a temperatura do solo, as deficiências nutricionais (Ca, Mo, Co, Fe) e a fisiologia da planta em simbiose (Cassini & Franco, 1998) bem como as próprias cultivares de feijoeiro, que tiveram o seu melhoramento direcionado para a utilização de elevadas doses de nitrogênio. A capacidade do feijoeiro nodular com diversas espécies de rizóbio, caracterizada como promiscuidade do feijoeiro e, como foi mencionado, a pequena competitividade dos rizóbios selecionados com os nativos (Alves, 2002) são outros fatores importantes.

Dessa forma, para o feijoeiro, recomenda-se o nitrogênio proveniente da fixação simbiótica como única fonte de N, apenas para níveis de produtividade de até 1.500 kg ha⁻¹ (Franco, 1995), por ser insuficiente para suprir toda a necessidade da planta durante o seu ciclo, podendo contribuir com 20 a 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Estas doses, para juízo de Moreira & Siqueira (2002), podem beneficiar a FBN, funcionando como dose de arranque, o efeito starter para as culturas que têm nodulação tardia ou fixam N durante um curto período do seu ciclo.

Assim, para produtividades superiores, recomenda-se adubação com nitrogênio mineral, dando tempo suficiente ao estabelecimento da simbiose, visto que a inoculação pode proporcionar bons resultados quando comparada a não aplicação de nitrogênio e não inoculação da semente. Porém, quando é feita a adubação nitrogenada, a produtividade é incrementada (Peres et al., 1994).

2.4 Nitrogênio na planta

Apesar de os elementos, como o oxigênio, o carbono e o hidrogênio, serem mais abundantes nas plantas em comparação ao nitrogênio, este faz parte de muitos compostos bioquímicos presentes nas células vegetais, sendo o macronutriente aniônico mais abundante na planta e, de maneira geral, com teores que variam de 2 a 5 % da matéria seca; por isso, o nitrogênio é o mais exigido em quantidade (Malavolta, 1980, Marschner, 1995; Faquin, 2001; Taiz & Zeiger, 2004). A sua absorção ocorre principalmente na forma de nitrato (NO_3^-) ou de amônio (NH_4^+), sendo a primeira forma a mais freqüente (Raij, 1991); após a redução do nitrato à amônia, segue a incorporação do amônio em aminoácidos (Marschner, 1995; Bredemeier & Mundstock, 2000; Sousa & Lobato, 2004).

Por outro lado, em diversos sistemas de produção, a disponibilidade de nitrogênio é quase sempre um fator limitante, influenciando o crescimento da planta mais do que qualquer outro nutriente (Bredemeier & Mundstock, 2000). Este fato que pode ser comprovado em solos ácidos nas regiões tropicais, pela redução do conteúdo da matéria orgânica do solo e ainda pela baixa quantidade aplicada de nitrogênio comparado com a removida pela parte colhida das culturas, das perdas de N por lixiviação, desnitrificação, e volatilização (Fageria & Baligar, 2001).

Na planta é inicialmente reduzido à forma amoniacal e combinado nas cadeias orgânicas, formando ácido glutâmico, que incluirá centenas de diferentes aminoácidos. Desses, cerca de 20 são usados na formação de proteínas. Estas participam como enzimas nos processos metabólicos das plantas, tendo assim uma função mais funcional do que estrutural. Daí a importância do nitrogênio para a planta, pois é componente essencial dos aminoácidos, enzimas e coenzimas, dos ácidos nucleicos, das membranas, de vários hormônios e da molécula da clorofila (Salgado & Vieira, 1994).

A absorção do N é modulada pela presença dos carregadores específicos, pela afinidade desses carregadores e pela quantidade de N presente no solo. Já a assimilação compreende o processo que se inicia com a absorção de nitrato ou amônio pelas raízes; quando a absorção for de nitrato, ocorre a redução deste a amônio e a incorporação do amônio a aminoácidos, que são transportados para a parte aérea da planta através dos vasos do xilema, via corrente transpiratória (Bredemeier & Mundstock, 2000; Faquin, 2001). O nitrato e os aminoácidos são as principais formas de transporte de N no xilema nas plantas superiores. Nas plantas fixadoras de N_2 , como já referido, o transporte do N fixado é feito também na forma de compostos como a glutamina, uréidos e asparagina (Faquin, 2001).

Quando se consideram as formas amoniacal e nítrica, a absorção pela planta é acompanhada de diferentes variações no pH do solo. Quando a cultura recebe N amoniacal como adubo, além da acidez gerada na reação, a própria absorção de amônio pela planta está ligada à liberação de prótons; enquanto a de nitrato a hidroxilas (OH^-) no meio (Malavolta, 1980).

O nitrogênio é facilmente redistribuído nas plantas via floema, na forma de aminoácidos e o suprimento insuficiente pelo meio promove a mobilização do N das folhas velhas para os órgãos e folhas mais novas (Faquin, 2001), comportamento que vai caracterizar a deficiência de nitrogênio no tecido vegetal, que pode ser verificada através do amarelecimento das folhas mais velhas, decorrente da proteólise das proteínas e, assim, haverá decréscimo no conteúdo de clorofila e redução de crescimento (Raj, 1991).

2.5 Nitrato na planta

O nitrato constitui a principal fonte de N para a maioria das plantas. No entanto, as plantas não assimilam N em alto estado de oxidação; desse modo,

quando o NO_3^- é absorvido, ele só será assimilado se for primeiro reduzido a NH_4^+ .

Assim, quando absorvido pelas plantas, o nitrato (NO_3^-) pode ser reduzido a amônio (NH_4^+) por meio da ação seqüencial das enzimas redutase de nitrato e redutase de nitrito. A primeira etapa da assimilação é a redução de NO_3^- a NO_2^- , no citoplasma de uma célula. A enzima redutase de nitrato é o catalisador. O nitrito (NO_2^-) é um íon altamente reativo, potencialmente tóxico. As células vegetais transportam imediatamente o NO_2^- gerado durante a redução de nitrato do citosol para os cloroplastos nas folhas, e plastídeos nas raízes. Nessas organelas, a enzima redutase do nitrito reduz NO_2^- a NH_4^+ (Epstein & Bloom, 2006) e este é incorporado a compostos orgânicos, como aminoácidos e amidas. O NO_3^- também pode ser acumulado no vacúolo ou exportado para outras partes da planta. Na maioria das espécies de plantas, tanto as raízes quanto a parte aérea são capazes de reduzir o nitrato, sendo que as raízes podem reduzir entre 5 e 95% do nitrato absorvido (Marschner, 1995). A acumulação de NO_3^- na parte aérea das plantas é um fenômeno que ocorre quando a absorção de NO_3^- pelas raízes excede a sua redução e subseqüente assimilação dentro da planta (Maynard et al., 1976; Marschner, 1995). O transporte para as folhas ocorre via xilema, embora a redistribuição, a partir das folhas para outros órgãos, ocorra predominantemente na forma de aminoácidos, via floema. Essa redistribuição é essencial para suprir os tecidos que não participam na assimilação de N (Malavolta, 1980; Souza & Fernandes, 2006).

Por outro lado, as plantas podem acumular altos níveis de nitrato ou podem translocá-lo através dos tecidos sem efeitos prejudiciais (Taiz & Zeiger, 2004).

Em suma, o nitrato absorvido pelas células das raízes pode ser reduzido e assimilado no local de absorção, acumulado no vacúolo da célula que o absorveu, atravessando o tonoplasto por um canal de nitrato; absorvido e

podendo ser assimilado em compostos orgânicos nas raízes e também pode ser enviado para a parte aérea, onde é reduzido e assimilado, ou acumulado no vacúolo celular (Taiz & Zeiger, 2004; Souza & Fernandes, 2006). Também o nível de acumulação é controlado pelo potencial genético da planta e é modificado pelos fatores ambientais, pelo manejo dos fertilizantes e práticas de produção das culturas (Maynard et al., 1976).

2.6 Estudos com frações nitrogenadas na planta

À semelhança do que é observado no solo, cerca de 90% do N total na planta encontra-se na forma orgânica, atuando como componente essencial dos aminoácidos, enzimas e coenzimas, dos ácidos nucléicos, das membranas, de vários hormônios e da molécula de clorofila (Malavolta, 1976; Malavolta, 1980; Salgado & Vieira, 1994, Faquin, 2001; Epstein & Bloom, 2006; Souza & Fernandes, 2006).

Variáveis de grande importância fisiológica, tais como acúmulo de NO_3^- (nitrato), N-amino e açúcares solúveis são fundamentais para a pesquisa em nutrição de plantas e, em especial, da nutrição nitrogenada (Marschner, 1995; Cometti et al., 2004), além de indicar a situação de estresse nutricional ou ambiental para as plantas, como é o caso do teor de N-amido elevado (Fernandes, 1983).

Também existem muito mais evidências experimentais que mostram que o teor de nitrogênio orgânico solúvel (aminoácidos, amins, amidas e proteínas solúveis em água) aumenta com o teor de N insolúvel até certo limite com o acréscimo da dose de fertilizante nitrogenado aplicado (Mengel & Kirkby, 1982).

Em geral, as formas orgânicas de N não são consideradas como fonte direta importante de N para as plantas, em condições de cultivo em campo (Souza & Fernandes, 2006). Esses autores ressaltam que esse mecanismo de

absorção de N orgânico é mais interessante em plantas nos ambientes temperados, onde a baixa temperatura inibe a mineralização do N orgânico.

Entretanto, estudos com plantas superiores para avaliar a capacidade de absorção e quantificação das formas orgânicas de N (N-orgânico) vêm sendo realizados há algum tempo (Souza & Fernandes, 2006) em eucalipto (Furtini Neto, 1988), em gramíneas como capim-colonião (Silveira & Sant'anna, 1988), e arroz (Fernandes, 1983; 1990), em hortaliças como a alface (Cometti et al., 2004) e com espécies de leguminosas arbóreas (Lima et al., 2006). Entre as leguminosas, a maior parte desses estudos limitou-se à soja (Sawazaki et al., 1987; Thomas & Sodek, 2006) e as espécies para adubação verde, como a crotalária (Vitória & Sodek, 1999), sendo raros e antigos os estudos com linhagens de feijão (Rena & Masciotti, 1976; Guazzelli, 1988).

Outro processo a ser relatado é que a ação dos aminoácidos sobre a absorção de N ainda não é conhecida; possivelmente, altos níveis de aminoácidos nas raízes inibem a ação dos transportadores de nitrato na membrana e a síntese da enzima redutase do nitrato (Imsade & Touraine, 1994; Lea, 1997). Adicionalmente, também consta na literatura que alguns aminoácidos, quando usados como única fonte externa de N, causavam crescimento anormal das plantas (Souza & Fernandes, 2006).

2.7 Exigências nutricionais

Embora o rendimento de grãos da cultura de feijão tenha crescido acentuadamente nos últimos anos, problemas como excesso ou falta de fertilização, especialmente nitrogenada, ainda são freqüentes (Portes, 1996). Atualmente, a utilização de tecnologias avançadas, representadas pelo cultivo irrigado e pelo intenso uso de fertilizantes, outros insumos e variedades melhoradas, tem proporcionado rendimentos superiores a 3.500 kg ha⁻¹ (Ferreira et al., 2004). No entanto, o feijoeiro é uma planta bastante exigente em

nutrientes, principalmente nitrogênio, fósforo e potássio em função do pequeno e pouco profundo sistema radicular e do ciclo curto (Oliveira & Thung, 1988; Rosolem & Marubayashi, 1994; Ferreira et al., 2004). As condições de baixa fertilidade dos solos geram nutrição inadequada, com comprometimento da produção e até morte precoce das plantas (Ferreira et al., 2004). É de conhecimento que o crescimento das raízes e parte aérea é proporcional em todo o seu ciclo, e a fase de maior alongamento da planta, tanto da parte aérea como da raiz, coincide com a maior absorção de nutrientes (Oliveira et al., 1996). No entanto, é fundamental que o nutriente seja colocado à disposição da planta em tempo e local adequados para ser absorvido no momento em que a planta necessitar deles (Meira et al., 2005).

Para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), o teor de nitrogênio foliar considerado adequado está na faixa de 30-50 g kg⁻¹ (Malavolta et al., 1997), enquanto para Fontes (2001) a concentração crítica de nitrogênio na folha do feijoeiro é de 30 g kg⁻¹. Para Oliveira et al. (1996), em condição de deficiência de N, ou seja, com teores menores que 20 g kg⁻¹, as plantas se atrofiam, as flores, vagens e sementes se tornam mal formadas e em menor número, além de diminuir a massa das sementes. Quase todo o N se encontra em formas orgânicas representadas principalmente por aminoácidos e proteínas (Malavolta, 1980; Ferreira et al., 2004).

Embora se encontrem diferenças na literatura em relação às quantidades de nutrientes absorvidos pelo feijoeiro, Rosolem & Marubayashi (1994) relataram que as quantidades de nutrientes exportados por 1000 kg de grãos, citadas em várias pesquisas são: 35,5 kg de N, 4,0 kg de P, 15,3 kg de K, 3,1 kg de Ca, 2,6 kg de Mg e 5,4 kg de S. Posteriormente, Fageria & Souza (1995) afirmaram que para se produzir uma tonelada de grãos de feijão é necessária acumulação de 27 kg de N, 2,1 kg de P, 28 kg de K, 16,3 kg de Ca, 3,4 kg de Mg, 47 g de Zn, 7g de Cu, 90 g de Mn e 567 g de Fe na parte aérea na fase de

floração. Com relação à extração de nutrientes, Oliveira et al. (1996) afirmaram que, na época de maturação de uma população de 250.000 plantas de feijoeiro por hectare, ocorre a retirada do ambiente de 102 kg de N, 9 kg de P, 93 kg de K, 54 kg de Ca, 18 kg de Mg e 25 kg de S. Alguns autores (Rosolem & Marubayashi, 1994; Ambrosano et al., 1996; Oliveira et al., 1996; Carvalho et al., 2003; Ferreira et al., 2004) também afirmaram que a absorção de nutrientes ocorre praticamente durante todo o ciclo da cultura, embora a época de maior exigência ocorra dos 35 aos 60 dias da emergência da planta, coincidindo com a época do florescimento ao período de formação das vagens.

Nesse período, a planta absorve de 2,0 a 2,5 kg N/ha/dia. Corroborando as afirmações apresentadas, Salgado & Vieira (1994) afirmaram que a quantidade de nutriente extraída, em ordem decrescente, é a seguinte: N>K>Ca> S> Mg>P.

A recomendação da adubação nitrogenada no plantio e em cobertura, para a maioria das culturas, não se baseia no teor do nutriente no solo, não havendo métodos definidos ou análises que funcionem como referência aos agricultores, já que as análises de rotina não incluem o N. Assim, a adubação nitrogenada é determinada por resultados obtidos em experimentos regionais nas diversas condições de solo, clima e sistemas de cultivo, de modo que os resultados de um local não podem ser extrapolados para outro (Salgado & Vieira, 1994; Ferreira et al., 2004). Casos de não resposta do feijoeiro à adubação nitrogenada são atribuídos na literatura, entre outras razões, ao alto teor de matéria orgânica do solo que, mediante sua mineralização, libera quantidades suficientes de N para suprir a demanda da planta (Meira et al., 2005).

2.8 Doses de N

Mas, no geral, têm-se obtido respostas do feijoeiro à adubação nitrogenada, embora a frequência e a amplitude da resposta varie de região para região do Brasil (Guazzelli, 1988). Alguns autores (Guazzelli, 1988; Rosolem &

Marubayashi, 1994; Kikuti, 2004) ressaltaram que, como o feijoeiro apresenta baixo potencial para a fixação simbiótica de nitrogênio, a adubação nitrogenada tem proporcionado acréscimos consideráveis no rendimento dessa cultura, principalmente com irrigação na safra de inverno (Ambrosano et al., 1996).

Como o feijoeiro comum é considerado a principal cultura que integra os sistemas agrícolas irrigados no eixo Centro-Oeste e Sudeste no Brasil, com rendimentos de grãos de 2.500 kg ha^{-1} , o manejo necessário para atingir essa produtividade envolve a adubação nitrogenada (Silveira et al., 2005; Furtini et al., 2006) e esta constitui o grande investimento na produção do feijão. Somado a isso, a necessidade de obtenção de altas produtividades para cobrir os custos e auferir retorno financeiro tem levado muitos agricultores à aplicação de doses muito elevadas de fertilizantes nitrogenados (Ferreira et al., 2004).

Alves (2002), estudando a resposta do feijoeiro a diferentes doses de N (0, 15, 30 e 45 kg ha^{-1}) na forma de uréia, no plantio e em cobertura, na presença e ausência de inoculação das sementes com rizóbio, em um Latossolo Vermelho distroférico típico, encontrou rendimento médio de grãos de 1663 kg ha^{-1} na safra inverno-primavera na região de Lavras, MG.

Em seguida, avaliando a fertilização nitrogenada no feijoeiro, Valério et al. (2003) verificaram que as maiores doses (80 e 120 kg ha^{-1} de N) resultaram em rendimentos de 1750 kg ha^{-1} nas safras da seca e inverno, e da ordem de 2000 kg ha^{-1} nas águas.

Santos et al. (2003), em solos de várzea, avaliando efeitos de doses (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha^{-1}), métodos e épocas de aplicação de N, verificaram que a produtividade de grãos ajustou-se a modelo quadrático, sendo que a dose de 175 kg ha^{-1} de N, incorporada ao solo aos 20 dias após a emergência, propiciou rendimento de grãos para a cultivar Pérola de 2.753 kg ha^{-1} .

Estudando os efeitos do preparo do solo, ou não, de doses de N aplicadas em cobertura e da irrigação sobre a produtividade do feijoeiro, Arf et al. (2004)

relataram que a falta de resposta à aplicação de N em cobertura deveu-se, provavelmente, ao fornecimento do nutriente pelo solo, aliado à fixação do N atmosférico por bactérias nativas, pois mesmo sem inocular as sementes, verificou-se a presença de nódulos no sistema radicular das plantas de feijão.

Kikuti (2004), avaliando doses de N e P no rendimento da cultivar BRS-MG Talismã verificou que a maior resposta à aplicação de N ocorreu na safra de inverno de 2000, quando o rendimento foi de 2332 kg ha⁻¹ de grãos, correspondente à dose de 170 kg ha⁻¹ de N. Em contrapartida, no inverno de 2002, a dose de 144 kg ha⁻¹ proporcionou máximo rendimento de grãos, correspondente a 2264 kg ha⁻¹.

Já Meira et al. (2005), com estudo de produtividade de feijão, em função de doses de N (0, 40, 80, 120, 160, 200 e 240 kg ha⁻¹) na forma de uréia, aplicadas em cobertura em três estádios da cultura, recomendaram a dose de 164 kg ha⁻¹, independente da época de aplicação. A produtividade obtida com essa dose foi de 3.600 kg ha⁻¹.

Silveira et al. (2005), em um Latossolo Vermelho distrófico sob plantio direto em sucessão de várias culturas, avaliaram o rendimento do feijoeiro com doses de nitrogênio até 120 kg ha⁻¹ e verificaram que na cobertura de milho, a máxima produtividade do feijoeiro foi de 2.504 kg ha⁻¹ com a dose de 87 kg ha⁻¹ de N e, na do guandu, a produtividade foi de 2.507 kg ha⁻¹ com a dose de 107 kg ha⁻¹ de N.

De acordo com Barbosa Filho et al. (2005), em sistemas onde 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 para essa cultura nas condições irrigada ainda são muito limitados (Barbosa Filho et al., 2005).

Em geral, recomenda-se no período das “águas” e da “seca”, 20 a 60 kg ha⁻¹ de N, sendo 20 a 30 kg aplicados no sulco de plantio e o restante, se

necessário, em cobertura (Vieira, 1978, citado por Salgado & Vieira, 1994). Os mesmos autores recomendam que doses maiores devam ser parceladas, com objetivo de evitar perdas de N. A recomendação oficial para o Estado de Minas Gerais prevê doses de N no plantio que variam de 20 kg ha⁻¹ a 40 kg ha⁻¹, dependendo do nível tecnológico ou produtividade esperada (Chagas et al., 1999).

Em um experimento, que avaliou doses e parcelamento de N e K no feijoeiro irrigado, Silveira & Damasceno (1993) afirmaram que o peso da matéria seca, o teor e conteúdo de N na parte aérea da planta cresceram com o aumento da dose de N aplicado no solo até 90 kg ha⁻¹ e que a produção de grãos apresentou um comportamento quadrático em resposta à adubação nitrogenada, com a produtividade máxima obtida com 72 kg ha⁻¹ de N.

Em um Latossolo Vermelho-Escuro, característico do Cerrado, Guerra et al. (2000), avaliando os efeitos de diferentes regimes hídricos e doses de N sobre a produtividade do feijoeiro 'Pérola', verificaram que os maiores rendimentos de grãos resultaram de irrigações a menores tensões de água no solo e da aplicação de doses elevadas de N.

Barbosa Filho et al. (2005), também relataram que o feijoeiro em condições irrigadas pode responder a doses de N em cobertura acima de 150 kg ha⁻¹.

2.9 Fontes de N

Os fertilizantes nitrogenados, quando aplicados no solo, sofrem diversas transformações e processos de perdas que vão interferir na eficiência dos mesmos e no desenvolvimento, produção e produtividade das culturas. Por isso, na prática, é difícil determinar a quantidade exata de nitrogênio de que a cultura necessita para atingir a produção máxima econômica, pois sua disponibilidade no solo é um processo dinâmico que varia com as mudanças no teor de umidade

e temperatura do solo, tipo de fertilizante e práticas de manejo da cultura (Bredemeier & Mundstock, 2000; Campos, 2004).

Dentre as diversas tecnologias indicadas para os sistemas de cultivo, a adubação nitrogenada é a que tem gerado maior número de questionamento. Entre as dúvidas, estão as que envolvem desde as reações e mecanismos controladores da disponibilidade do nitrogênio, características e reações às diferentes fontes de nitrogênio no solo, até a prática de adubação quanto à fonte e doses a serem aplicadas. Entretanto, do ponto de vista econômico, a dose de N que proporciona maior rendimento de grãos pode não ser a mais adequada para a recomendação ao produtor (Barbosa Filho et al., 2001; Barbosa Filho et al., 2005).

No entanto, são poucos os resultados conclusivos e as recomendações necessitam de atualização, de modo a observar áreas irrigadas de alta produtividade, e que empregam novas cultivares de feijoeiro. Ante essa situação, produtores e técnicos são levados a utilizarem quantidades excessivas de fertilizantes nitrogenados, os quais além de aumentarem o custo e produção, ainda podem promover problemas ambientais (Rodrigues, 2001).

Existem várias fontes de N que podem ser utilizadas pelos produtores, como a uréia, sulfato de amônio, nitrato de cálcio e nitrato de amônio, dentre outras. Em geral, o ponto mais importante a ser observado é o custo final da unidade de N aplicada na lavoura (Sousa & Lobato, 2004). Na Zona da Mata mineira, Cardoso et al. (1978), avaliando fontes e doses de N no feijoeiro, para a época seca, obtiveram os maiores rendimentos com salitre do chile e sulfato de amônio; na época das águas, as melhores fontes foram uréia e salitre do chile. Posteriormente, Barbosa Filho et al. (2001), em estudo com feijoeiro submetido a doses e fontes de N, verificaram que, em três safras, os tratamentos com aplicação de uréia apresentaram retorno econômico superior em relação aos tratamentos com sulfato de amônio, demonstrando a importância da escolha da

fonte e da adoção de manejo adequado para a prática da adubação nitrogenada. Recentemente, Soratto et al. (2006), em um Latossolo Vermelho distrófico, avaliando o efeito de nitrato de amônio e uréia em diferentes doses de N sobre o feijoeiro, não verificaram diferença entre essas fontes no sistema plantio direto.

A uréia (44% de N) e o sulfato de amônio (20% de N) são os fertilizantes nitrogenados mais comercializados e utilizados na agricultura brasileira. As duas principais características desses fertilizantes são a alta solubilidade em água e alta concentração de nitrogênio (Campos, 2004). Estima-se que os gastos com fertilizantes nitrogenados nas lavouras brasileiras de feijão totalizam algo em torno de 300 milhões de dólares, considerando-se 60 kg ha^{-1} de N, na fonte sulfato de amônio ou uréia (Oliveira et al., 1996; Alves, 2002).

Recentemente, avaliando o efeito de diferentes doses de N, fonte uréia e sulfato de amônio, Barbosa Filho et al. (2005) não encontraram diferença no rendimento de grãos entre a uréia fertilizante e o sulfato de amônio como fonte de N na cultura do feijoeiro irrigado em duas safras.

Através da produção de feijão irrigado de inverno na região Sudeste, Rapassi et al. (2003) concluíram que a uréia proporcionou um índice de lucratividade da ordem de 40,6%, no sistema de plantio convencional com a aplicação de 60 kg ha^{-1} de N em cobertura, enquanto no plantio direto, o maior lucro foi obtido com o nitrato de amônio, na dose de 40 kg ha^{-1} de N.

Em condições de plantio direto, em que os resíduos culturais são de difícil decomposição, com relação C/N superior a 30:1, Barbosa Filho et al. (2001) recomendam que a adubação de cobertura do feijoeiro deve ser maior que 80 kg ha^{-1} de N.

2.10 Resposta diferencial de linhagens de feijoeiro à fertilização nitrogenada

Nos últimos tempos, verifica-se empenho dos melhoristas para lançar cultivares de feijão com alto potencial de produtividade e de adaptação aos

vários locais e épocas de cultivo, apesar de os resultados das lavouras não mostrarem essa capacidade, devido à baixa tecnologia empregada, no que se refere ao manejo adequado da adubação nitrogenada (Santi et al., 2006). No entanto, aumentar a eficiência com que as plantas obtêm nitrogênio é de importância crítica (Epstein & Bloom, 2006), já que eficiência pode expressar a relação entre produção obtida e insumos aplicados, ou seja, a quantidade de matéria seca ou grãos produzidos por unidade de nutriente aplicado (Fageria, 1998).

No caso específico do feijoeiro, há vários relatos sobre a resposta diferencial ao fósforo por cultivares (Yan et al., 1995a; Yan et al., 1995b; Araújo et al., 2000) e não ao nitrogênio. Existem trabalhos de resposta diferencial de N por linhagens em outras culturas, como no arroz (Fernandes, 1990), na aveia branca (Kolchinski & Schuch, 2003), no milho (Moll et al., 1987; Eichelberger et al., 1989; Magalhães et al. 1993; Borges et al., 2006). No caso específico do feijoeiro, há poucos relatos e envolvem um número restrito de linhagens, até mesmo algumas dessas linhagens utilizadas são diferentes das utilizadas atualmente (Furtini et al., 2006). Além do mais, a maioria dos trabalhos visando à tolerância ao baixo N, foi realizada sob condições de solução nutritiva, utilizando pequeno número de cultivares. Em um desses experimentos, Guazzelli (1988) comparou três linhagens de feijão ('Eriparza', 'Carioca' e 'Rio Tibagi') quanto à eficiência de utilização de N e verificou que as linhagens Carioca e Eriparza foram mais eficientes que a 'Rio Tibagi' na condição de predomínio do nitrato em solução nutritiva.

Recentemente, em estudo de campo, Rodrigues (2001), estudando o efeito da adição de doses de N e P sobre rendimento de grãos de duas linhagens de feijoeiro - Carioca e Pérola, verificou que a 'Pérola' (1824 e 1458 kg ha⁻¹) foi mais produtiva que a 'Carioca' (1651 e 998 kg ha⁻¹) nas safras de inverno-primavera e primavera-verão, respectivamente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os estudos foram conduzidos em experimentos de campo nos municípios de Ijaci-MG e Patos de Minas-MG na safra de inverno-primavera, em 2005.

3.1 Localização, clima e solo das áreas de estudo

A cidade de Ijaci está localizada na região Sul de Minas Gerais, a 21°14'43" de latitude sul e 44° 59' 59" de longitude oeste, com nível altimétrico de 919 m em relação ao nível do mar, precipitação média anual de 1.493 mm, temperatura média anual de 19,3°C e insolação média diária de 11,4 horas (Brasil, 1992).

A área experimental pertence à FAEPE (Fundação de Apoio ao Ensino Pesquisa e Extensão), da Universidade Federal de Lavras (UFLA). O solo é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo (LVA). Nessa área vem sendo adotado o sistema de plantio direto, cuja cultura anterior ao feijão era o milho.

Patos de Minas está localizada na região do Alto Paranaíba, em Minas Gerais. A área experimental pertence à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), a 856 metros de altitude, 18° 35' S de latitude e 46° 31' W de longitude. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo (LVA). Nessa área, a cultura anterior era braquiária.

Subamostras dos solos foram coletadas para caracterização química (Tabela 1). O plantio do feijão foi realizado em julho de 2005. Nas áreas de estudo, o feijão foi irrigado por aspersão, de acordo com a necessidade da cultura. A colheita foi realizada em outubro de 2005. Os dados meteorológicos referentes à média mensal no ano agrícola de 2005 dos dois municípios estão apresentados nas Tabelas 2 e 3.

TABELA 1 Atributos químicos dos solos amostrados à profundidade de 0-20 cm em Ijaci e Patos de Minas, antes da instalação dos experimentos.

Características	Ijaci	Patos de Minas
pH (H ₂ O)	6,3	5,4
P-Mehlich-1 (mg dm ⁻³)	10,4	1,7
K (mg dm ⁻³)	84,0	73,0
Ca (cmol _c dm ⁻³)	3,4	1,4
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,0	0,8
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,0	0,3
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	2,6	6,3
SB (cmol _c dm ⁻³) ¹	4,6	2,4
t (cmol _c dm ⁻³) ²	4,6	2,7
T (cmol _c dm ⁻³) ³	7,2	8,7
V (%) ⁴	63,9	27,5
m (%) ⁵	0,0	11,0
MO (dag kg ⁻¹) ⁶	3,4	4,3
P-rem (mg L ⁻¹) ⁷	16,0	6,8

P e K: extrator Mehlich-1; Ca, Mg e Al: extração com KCl mol L⁻¹; H+Al: acetato de Ca 0,5 mol L⁻¹ pH 7,0; ¹SB: soma de bases; ²t: CTC efetiva; ³T: CTC a pH 7,0; ⁴V: saturação por bases; ⁵m: saturação por Al; ⁶MO: matéria orgânica; ⁷P-rem: fósforo remanescente.

TABELA 2 Dados meteorológicos referentes à média mensal da região de Ijaci-MG no ano agrícola de 2005*.

Ijaci-MG				
Mês	Precipitação pluviométrica (mm)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Umidade relativa do ar (%)
Janeiro	310,9	28,6	18,7	79,9
Fevereiro	161,7	29,1	17,2	74,3
Março	129,9	28,6	18,5	79,5
Abril	60,6	28,8	17,7	74,3
Mai	84,6	25,3	14,5	74,6
Junho	4,7	24,6	13,0	76,7
Julho	40,4	24,3	11,6	72,3
Agosto	4,1	27,8	12,7	60,6
Setembro	82,4	26,5	15,5	71,1
Outubro	102,5	30,4	17,4	63,9
Novembro	191,2	26,8	17,0	77,8
Dezembro	257,3	27,4	16,9	77,5
Total	1.430,3	-	-	-

* Dados coletados no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, localizada a aproximadamente 10 km da área experimental.

TABELA 3 Dados meteorológicos referentes à média mensal da região de Patos de Minas-MG no ano agrícola de 2005*.

Patos de Minas-MG				
Mês	Precipitação pluviométrica (mm)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Umidade relativa do ar (%)
Janeiro	229,9	29,0	19,5	80,0
Fevereiro	129,6	29,5	18,4	73,0
Março	272,8	28,3	18,9	81,0
Abril	16,0	29,4	17,2	68,0
Maio	33,4	26,9	14,2	66,0
Junho	6,0	24,8	13,4	68,0
Julho	0,0	26,1	12,5	61,0
Agosto	5,8	29,0	13,6	51,0
Setembro	25,7	30,2	17,1	58,0
Outubro	37,8	33,4	19,8	65,0
Novembro	301,8	24,7	18,0	80,0
Dezembro	381,6	26,1	17,6	83,0
Total	1.440,4	-	-	-

*5º Distrito de Meteorologia – Inmet, localizado na Fazenda Experimental de Sertãozinho – EPAMIG, Patos de Minas-MG.

3.2 Delineamento experimental, tratamentos e detalhes das parcelas

Foram avaliadas 16 linhagens de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) no delineamento experimental látice triplo 4 x 4. A maioria dessas linhagens possui grãos do tipo carioca, isto é, grãos de cor creme com rajas marrom. Estas linhagens estavam mantidas no banco de germoplasma do setor de genética e melhoramento de plantas, no Departamento de Biologia da Universidade Federal

de Lavras. As linhagens utilizadas nos experimentos foram oriundas de um total de 100, classificadas quanto à resposta à adubação nitrogenada em responsivas (RC-I-3, CV-78, OP-NS-331, CNFC 8055, RC-I-7, MA-I-18.13, ESAL 630 e Pérola) e não responsivas (Ouro Negro, Talismã, VC-5, LH-10, MA-I-2.5, Z-22, VI-4899C e CNFE 8017), de acordo com Furtini et al. (2006).

Em cada local foram instalados sete experimentos distintos e contíguos, envolvendo duas fontes de nitrogênio, uréia (45% de N) e sulfato de amônio (20% de N) e quatro doses do nutriente (0, 60, 120 e 240 kg ha⁻¹ de N). Por ocasião da semeadura, utilizou-se o formulado 0-20-20 de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, na dose de 400 kg ha⁻¹, mais 1% de zinco presente no formulado. As doses de N em cobertura foram parceladas. Aplicou-se 1/3 na semeadura e o restante em cobertura, 20 dias após a emergência das plantas (DAE). No caso da dose de 240 kg ha⁻¹ de N, por ser elevada, optou-se por aplicar 1/3 na primeira cobertura aos 20 DAE e 1/3 na segunda cobertura aos 27 DAE. A cobertura foi feita de forma convencional, manual, em filete contínuo, lateralmente às plantas, e seguida de irrigação para incorporação.

As parcelas foram constituídas por duas linhas de dois metros de comprimento, espaçadas de 50 cm, com densidade de 15 sementes por metro linear à profundidade de 3-4 cm.

3.3 Controle cultural e fitossanitário

O feijoeiro foi permanentemente monitorado e, sempre que necessário, foram tomadas medidas de controle fitossanitário. O manejo das plantas daninhas foi realizado através da aplicação de herbicidas, com o objetivo de manter o feijoeiro no limpo, sem competição com outros tipos de plantas até o final do ciclo vegetativo. Inicialmente, procedeu-se à dessecação da área com glifosato, cerca de 15 dias antes da semeadura. O controle pós-emergente de plantas daninhas foi efetuado por meio da mistura fomesafen e fluazifop-p-butyl.

3.4 Coleta do solo e do material vegetal

Antes da semeadura foram coletadas amostras de solo na camada de 0–20 cm de profundidade para caracterização química. Determinaram-se os valores de pH (água) relação 1:2,5, os teores de Ca, Mg e Al pela extração com KCl 1 mol L⁻¹; K disponível extraído pelo Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,025 mol L⁻¹), de acordo com as metodologias descritas pela Embrapa (1999). Também foram determinados a acidez potencial (H + Al) e o carbono orgânico (Embrapa, 1999). O fósforo remanescente foi determinado conforme Alvarez et al. (2000).

O tecido foliar da parte aérea do feijoeiro foi coletado no início do florescimento, no terço mediano da planta (Rosolem & Marubayashi, 1994; Malavolta et al., 1997). Após a coleta, o material vegetal foi acondicionado em sacos de papel e levado para a estufa de circulação de ar forçada a 65° C. Após seco, o material foi triturado em moinho tipo Wiley e, em seguida, acondicionado em sacos plásticos até o momento das determinações químicas.

3.5 Características avaliadas

Avaliou-se a produtividade de grãos, colhendo-se todas as plantas das parcelas experimentais. De cada parcela coletaram-se amostras de aproximadamente 50 gramas de grãos. À semelhança das amostras foliares, estas foram levadas para estufa a 65°C e, em seguida, moídas em moinho tipo Wiley, provido de peneira de aço inoxidável com 20 malhas de polegada de abertura, e acondicionadas em recipientes plásticos para análise química.

O teor de nitrato nas folhas foi extraído em água a 45°C, por uma hora e quantificado colorimetricamente por nitração do ácido salicílico e leitura em espectrofotômetro a 410 nm (Cataldo et al., 1975). Os teores de nitrogênio total (N-total) nas folhas e grãos foram determinados pelo método Microkjeldahl (Malavolta et al., 1997) e a destilação e titulação foram realizadas de acordo com Bremner & Edwards (1965). O teor de N-solúvel foi determinado através

da adição de 30 mL de água destilada em 0,1 g do tecido foliar seco e moído. Posteriormente, colocou-se essa mistura em “banho-maria” à temperatura de 70°C durante 45 minutos. Após esfriar à temperatura ambiente, as amostras foram filtradas, obtendo-se, assim, um extrato com compostos nitrogenados solúveis. Uma alíquota de 10 mL do extrato filtrado foi colocada em tubo de digestão, juntamente com 1,5 g de K_2SO_4 , 0,3 g de $CuSO_4$ e 3 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado. Os teores de N orgânico solúvel (aminoácidos, aminas, amidas e proteínas solúveis em água) foram obtidos pela diferença entre o teor do N solúvel e o N-nitrato, enquanto os teores de N-insolúvel (proteínas e ácidos nucléicos) foram calculados pela diferença entre os teores de N-total e os do N-solúvel (Guazzelli, 1988; Silveira & Sant’anna, 1988).

3.6 Análises estatísticas

Os dados obtidos em cada local foram submetidos à análise de variância individual, envolvendo as doses e fontes de nitrogênio. Posteriormente, efetuou-se a análise conjunta dos dois ambientes, empregando a metodologia apresentada por Ramalho et al. (2005) com o auxílio do software MSTAT-C (Freed, 1991). Para realização da análise conjunta é necessário que os quadrados médios dos erros das análises individuais sejam semelhantes, ou seja, há necessidade de ter homogeneidade de variância do erro. Como neste trabalho os quadrados médios dos erros não foram semelhantes, fizeram-se ajustes nos números de graus de liberdade, de acordo com o método proposto por Cochran (1954), citado por Gomes (1990). O efeito de doses foi decomposto para cada fonte de N e dentro de cada fonte. Utilizando-se os dados médios, efetuaram-se as análises de regressão linear para se estimar a resposta das linhagens à aplicação das doses de N por meio do uso do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2003), observando-se, concomitantemente, a significância do modelo e o valor do coeficiente de determinação (R^2). Também com os dados médios da

análise conjunta, foram realizados testes de comparação de médias para a produtividade de grãos e para as frações nitrogenadas entre as linhagens de feijoeiro, utilizando-se o teste de Skott-Knott ao nível de 5% de probabilidade, com o auxílio do programa estatístico Genes (Cruz, 1997).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 4 é apresentado o resumo da análise de variância conjunta dos dados relativos à produtividade de grãos e frações nitrogenadas, com as respectivas médias e valores do coeficiente de variação (CV). Observa-se que os valores de CV, para todas as variáveis analisadas, exceto para o teor de nitrato, indicaram boa precisão experimental. Estes valores para a produtividade de grãos foram menores que os encontrados por Abreu et al. (1994) e Furtini et al. (2006) para a cultura do feijoeiro na região Sul de Minas Gerais.

Para a variável produtividade de grãos, os efeitos de locais, linhagens e doses foram sempre significativos ($P \leq 0,01$). As interações duplas locais x cultivares, locais x doses, cultivares x doses, e a interação tripla, locais x cultivares x doses também foram significativas. Constatou-se que houve diferença significativa ($P \leq 0,01$) entre as fontes sulfato de amônio e uréia, assim como entre as doses dentro de cada fonte (Tabela 4).

Na Tabela 5 estão apresentados os valores médios de produtividade de grãos das linhagens de feijoeiro da análise conjunta considerando os dois locais de cultivo, as duas fontes e todas as doses de N aplicadas.

Na média das duas fontes e das quatro doses de N nos dois locais, a produtividade média de grãos obtida pelas linhagens foi de 2157 kg ha⁻¹, valor este bastante superior à média nacional (771 kg ha⁻¹), da região sudeste (1334 kg ha⁻¹) e do Estado de Minas Gerais (1305 kg ha⁻¹) na safra 2004/2005 (Agrianual, 2007). Soratto et al. (2006) em Selvíria, MS, em um Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso, avaliando fontes (nitrato de amônio e uréia) e doses de nitrogênio (0, 25, 50, 75, 100 e 125 kg ha⁻¹) aplicado em cobertura, no sistema de plantio direto, obtiveram produtividade média de 2387 kg ha⁻¹.

Foi detectada diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre as médias das linhagens de feijoeiro para a variável produtividade de grãos. A produtividade

média de grãos variou de 1776 kg ha⁻¹ (linhagem CV-78, considerada como responsiva à adubação nitrogenada) a 2529 kg ha⁻¹ (linhagem Ouro Negro, considerada não responsiva). Observa-se uma diferença de 42% entre a produtividade média de grãos obtida por essas linhagens. Verificam-se também bons rendimentos de grãos das linhagens MA-I-2.5 (2363 kg ha⁻¹), LH-10 (2274 kg ha⁻¹) e MA-I-18.13 (2244 kg ha⁻¹).

Recentemente, em outro estudo, Furtini et al. (2006), avaliando a resposta diferencial de 100 linhagens de feijoeiro ao N aplicado em cobertura, obtiveram produtividades de grãos superiores às encontradas no presente trabalho para as linhagens Z-22, RC-I-3, RC-I-7 e Ouro Negro. Valério et al. (2003) realizando estudo com a cultivar “Pérola” em um Latossolo Vermelho distroférico, com aplicação de diferentes doses de N-uréia no plantio (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹) e cobertura (0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹), obtiveram produtividades superiores para essa cultivar. A diferença de respostas para a produtividade de grãos entre as cultivares, como afirmaram Almeida et al. (2000), pode ser devido às condições de clima e solo, que ditam a resposta da cultura à aplicação do nutriente.

As fontes e as doses de nitrogênio influenciaram a produtividade de grãos das linhagens de feijoeiro (Tabela 6). Para a uréia e sulfato de amônio verificou-se incremento gradativo na produtividade de grãos com o aumento das doses de N. A maior produtividade de grãos, na média dos dois locais, foi obtida na dose de 240 kg ha⁻¹ de N. Rodrigues et al. (2002) também verificaram resposta na produtividade de grãos do feijoeiro em relação às doses de N-uréia aplicadas (0, 60 e 120 kg ha⁻¹). Barbosa Filho et al. (2005) ressaltaram que o feijoeiro irrigado pode responder a doses de N em cobertura acima de 150 kg ha⁻¹.

Detectou-se diferença significativa entre as fontes de N, uréia e sulfato de amônio para a variável avaliada. Nota-se que a aplicação de sulfato de amônio proporcionou maiores produtividades de grãos em relação à uréia. Possivelmente, decorrente da presença do enxofre no sulfato de amônio,

favorecendo a assimilação de N pelo feijoeiro. Resposta em produtividade pelo feijoeiro, quando se utilizou o sulfato de amônio foi verificado por Crusciol et al. (2006). Em estudo anterior, Barbosa Filho et al. (2005) não verificaram diferenças entre as fontes de N, uréia e sulfato de amônio na produção de grãos.

Os efeitos de locais, linhagens e doses foram sempre significativos ($P \leq 0,01$) para as todas as frações nitrogenadas. Constatou-se que houve diferença significativa entre uréia e sulfato de amônio para todas as frações, exceto para o teor de N insolúvel foliar. Os efeitos das doses de N dentro das fontes uréia e sulfato de amônio foram também sempre significativos ($P \leq 0,01$). Com relação às interações duplas, apenas a interação cultivares x doses foi não-significativa para a fração N total nos grãos e N-insolúvel no tecido foliar. Já a interação tripla locais x linhagens x doses, com exceção da fração N-insolúvel no tecido foliar, foi significativa ($P \leq 0,01$) para as demais frações nitrogenadas, como pode ser visto na Tabela 4.

Na Tabela 5 estão apresentados os valores médios dos teores de N nos grãos e das frações nitrogenadas no tecido foliar das linhagens de feijoeiro, considerando os locais, doses e fontes de N aplicadas. Foi detectada diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre as médias das linhagens de feijoeiro para todas as frações de N avaliadas no tecido foliar e nos grãos.

Os teores médios de nitrogênio nos grãos variaram de 31,82 (RC-I-7) a 36,49 g de N kg^{-1} de matéria seca (Talismã). É interessante ressaltar que a cultivar Ouro Negro apresentou a maior produtividade de grãos, mas situou-se entre as de menor teor de N-total nos grãos. As linhagens MA-I-2.5, LH-10 e a MA-I-18.13, que também foram das mais produtivas, apresentaram nos grãos baixos teores do nutriente (Tabela 5). Uma possível explicação é que tenha ocorrido efeito de diluição nessas linhagens, refletindo a tendência de maior produtividade de grãos em detrimento de menor teor de N nos grãos (Jarrel & Beverly, 1981).

O teor médio de N-total nas folhas das linhagens de feijoeiro pode ser considerado adequado para o desenvolvimento das plantas, de acordo com alguns autores (Malavolta et al., 1997; Martinez et al., 1999; Fontes, 2001). O baixo teor de N foliar da cultivar Ouro Negro, que apresentou a maior produtividade de grãos, pode ser atribuído a menor taxa de absorção do nitrogênio em relação a maior acumulação de biomassa pelo feijoeiro, caracterizando o efeito de diluição (Jarrel & Beverly, 1981). Entretanto, comportamento inverso foi observado para a cultivar CV-78, considerada responsiva à adubação nitrogenada e que apresentou a menor produtividade de grãos, mas um dos maiores teores de N total.

Verificou-se também que as linhagens que mostraram os maiores rendimentos de grãos, tenderam a apresentar os menores teores de N-orgânico solúvel e de N solúvel. Esse comportamento é explicado por Imsande & Touraine (1994), os quais afirmaram que, durante a fase reprodutiva, a planta diminui a taxa de redução de nitrato em função da remobilização do N foliar para o desenvolvimento das inflorescências, aumentando a exportação de aminoácidos das folhas. Essa remobilização provavelmente explica o comportamento fisiológico da linhagem CV-78, que apresentou a menor produção de grãos e um dos maiores teores de N solúvel e N orgânico solúvel. Comportamento conhecido como efeito de concentração, já que estruturalmente, a planta desenvolveu-se pouco favorecendo uma maior concentração dessas frações nitrogenadas no tecido foliar.

A linhagem de feijoeiro CNFC 8055 apresentou o maior teor de nitrato, N solúvel, N orgânico solúvel e N insolúvel no tecido foliar (Tabela 5). Os teores de N-amino (N orgânico solúvel) podem elevar-se não apenas por estresse fisiológico, mas também por circunstâncias de elevado fluxo de nitrato nos tecidos (Marschner, 1995; Commetti et al., 2004). Segundo Marschner (1995), a

deficiência de enxofre promove a inibição da síntese de proteínas, o que está correlacionado com a acumulação de nitrogênio orgânico solúvel e nitrato.

Percebe-se, dentre as frações estudadas, que o nitrato constituiu a menor fração nitrogenada quantificada nas linhagens de feijoeiro. Essa tendência já foi encontrada em outros estudos com feijoeiro (Guazzelli, 1988), assim como, em outras culturas, como a do eucalipto (Furtini Neto, 1988) e da alface (Cometti et al., 2004).

Nota-se também que a fração N insolúvel constitui a maior fração do N no tecido foliar das plantas de feijoeiro, fato já evidenciado em estudos anteriores com essa mesma cultura como relatado por Guazzelli (1988) que, em condição de casa de vegetação, estudou a aplicação de diferentes proporções de nitrato e amônio em solução nutritiva e verificou efeitos sobre as frações nitrogenadas nas linhagens 'Carioca', 'Rio Tibagi' e 'Eriparza'.

As fontes e as doses de nitrogênio influenciaram o teor de N nos grãos e das frações nitrogenadas no tecido foliar das linhagens (Tabela 6).

Observou-se tendência de incremento nas frações nitrogenadas no tecido foliar com o aumento das doses de nitrogênio, tanto para uréia quanto sulfato de amônio. Quanto às frações de N, os maiores teores foram obtidos na dose de 240 kg ha⁻¹ de N. Deve ser ressaltado que a dose de 240 kg ha⁻¹ de N, que proporcionou a maior produção de grãos, promoveu um maior teor de nitrogênio nos grãos em ambas as fontes de N.

O teor médio de N total nas folhas das linhagens de feijoeiro foi de 32,71 g kg⁻¹, quando houve o fornecimento de uréia e de 32,79 g kg⁻¹, quando se aplicou sulfato de amônio. Verifica-se que esses teores estão em níveis adequados para o bom desenvolvimento das plantas (Malavolta et al., 1997; Martinez et al., 1999; Fontes, 2001).

Visualiza-se na Tabela 6 que o maior teor de N foliar foi obtido na dose de 240 kg ha⁻¹ de N. Carvalho et al. (2003) aplicaram diferentes doses de N, que

variaram de 0 a 140 kg ha⁻¹ de N-uréia na cultivar IAC Carioca, e obtiveram o máximo teor de N foliar na dose de 108 kg ha⁻¹. Nota-se que a testemunha apresentou maior valor de N foliar em relação à dose de 60 kg ha⁻¹ de N. Essa tendência corrobora os resultados encontrados por Soratto et al. (2006), segundo os quais, para as fontes de N (nitrato de amônio e uréia), os teores de N foliar na testemunha foram maiores que na dose de 50 kg ha⁻¹ de N.

À semelhança do N foliar, os teores de nitrato, N orgânico solúvel e N insolúvel foram maiores na dose de 240 kg ha⁻¹ de N (Tabela 6). Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Mengel & Kirkby (1982) que explicaram ocorrer aumento do teor de N orgânico solúvel (aminoácidos, aminas, amidas e proteínas solúveis em água) com o aumento das doses de N. Entretanto, o teor de N insolúvel (ácidos nucléicos e proteínas) aumenta até certo limite com o incremento da dose de N aplicada. Jasmim et al. (2002) encontraram tendência diferente à do presente estudo para o teor de N orgânico solúvel. Estes autores verificaram que os maiores teores de N orgânico solúvel foram determinados no tecido foliar das plantas de feijoeiro na ausência de nitrogênio, quando comparadas àquelas que receberam adubação nitrogenada.

Deve ser enfatizado que a fonte sulfato de amônio proporcionou o maior teor de N total, nitrato e N-insolúvel no tecido foliar na dose 240 kg ha⁻¹, quando comparado com a fonte uréia (Tabela 6). Estes resultados são contrários aos obtidos em espinafre e rabanete (Mills, 1975 e Mills et al., 1976) citados por Maynard et al. (1976), onde ocorreu redução do acúmulo de nitrato com o uso do sulfato de amônio como fonte de N.

Por outro lado, os teores de N orgânico solúvel na fonte de N-uréia, principalmente nas maiores doses do nutriente (120 e 240 kg ha⁻¹), foram superiores aos teores obtidos quando se forneceu sulfato de amônio. Esse processo ocorre quando a fonte de N é amoniacal; a planta então necessita de esqueleto de carbono para colocar o NH₄⁺ sob a forma de aminoácidos e amidas,

e não deixar que esse amônio acumule na célula em nível de toxidez, favorecendo, conseqüentemente uma maior incorporação do amônio a compostos orgânicos nas células vegetais (Fernandes, 1990; Marschner, 1995).

TABELA 4 Resumo (quadrados médios) da análise da variância conjunta de dois locais (Ijaci-MG e Patos de Minas-MG) dos dados relativos à produção de grãos (Prod) (kg ha^{-1}), e aos teores (g kg^{-1}) de nitrogênio total foliar (N-total), Nitrato, N-solúvel (Nsol), N-orgânico solúvel (Norgsol) e N-insolúvel (Ninsol) na folha das linhagens de feijoeiro, submetidas a níveis e fontes de nitrogênio.

FV	QM					
	Prod	N-total	Nitrato	N-org sol	N-sol	N-insol
Locais (L)	249506112,40**	118918,85**	15,74**	2602,10**	3046,12**	86477,68**
Cultivar (C)	1067514,09**	52,00**	0,31**	1,88**	2,57**	48,00**
L vs C	931981,57**	43,14**	0,49**	1,56**	1,41**	41,89**
Doses (D)	30973791,24**	3239,85**	26,92**	7,18**	54,33**	2445,02**
L vs D	22955633,59**	76,11**	10,76**	34,15**	6,38**	94,72**
C vs D	329599,38**	13,46 ^{ns}	0,38**	0,84**	0,38*	23,35**
L vs C vs D	467191,08**	11,40 ^{ns}	0,33**	0,56**	0,20 ^{ns}	13,95*
Fontes (F)	2452551,80**	1,70 ^{ns}	5,96**	10,82**	0,29 ^{ns}	6,74 ^{ns}
L vs F	1909129,63**	5,23 ^{ns}	0,01 ^{ns}	2,07**	1,63**	14,16 ^{ns}
C vs F	307941,04**	18,91 ^{ns}	0,18**	0,52**	0,29 ^{ns}	16,22*
L vs C vs F	360883,73**	11,40 ^{ns}	0,20**	0,41*	0,20 ^{ns}	11,95 ^{ns}
D vs F	276189,65 ^{ns}	107,12**	1,96**	12,05 ^{ns}	2,80**	114,00**
L vs D vs F	323606,90*	37,12 ^{ns}	0,77**	2,28**	1,33**	24,98 ^{ns}
C vs D vs F	247846,98**	18,90 ^{ns}	0,26**	0,63**	0,32 ^{ns}	24,58**
L vs C vs D vs F	291335,50**	12,62 ^{ns}	0,20**	0,54**	0,28 ^{ns}	15,63**
Erro médio	94259,44	13,50	0,053	0,248	0,242	9,185
CV (%)	13,41	6,16	21,42	11,05	6,05	8,00

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

^{ns} não significativo

TABELA 5 Produtividade de grãos (Prod), teor de Nitrogênio total nos grãos (Ntgr), Nitrogênio total nas folhas (Ntfl), Nitrato (Nitr), N solúvel (Nsol), Nitrogênio orgânico solúvel (Norgsol) e N insolúvel (Nins) nas folhas das linhagens de feijoeiro na média das doses e fontes de nitrogênio e dos dois locais. Safra inverno de 2005.

Linhagens	Prod -kg ha ⁻¹ -	-----g kg ⁻¹ -----					
		Ntgr	Ntfl	Nitr	Nsol	Norgsol	Nins
CV-78	1776 d ⁽¹⁾	33,40 c	32,45 b	1,12 c	5,09 a	3,98 a	27,53 b
RC-I-7	2014 c	31,82 d	32,04 b	1,04 d	4,87 b	3,77 b	27,21 b
ESAL 630	2078 c	32,38 d	32,95 a	1,18 b	5,10 a	3,89 a	27,08 b
RC-I-3	2142 c	36,48 a	32,34 b	1,03 d	4,32 c	3,30 d	28,74 a
CNFC 8055	2084 c	34,86 b	34,24 a	1,34 a	5,24 a	3,94 a	29,16 a
OP-NS-331	2132 c	33,02 c	32,63 b	1,05 d	5,09 a	3,98 a	27,89 b
Pérola	2185 c	34,25 b	32,74 b	1,20 b	5,05 a	3,84 b	28,38 a
MA-I-18.13	2244 b	32,63 d	33,65 a	1,22 b	4,86 b	3,61 c	28,75 a
CNFE 8017	2124 c	32,79 c	33,94 a	1,15 c	5,16 a	4,01 a	29,01 a
LH-10	2274 b	32,32 d	33,73 a	1,20 b	4,84 b	3,77 b	28,99 a
MA-I-2.5	2363 b	33,22 c	31,46 b	1,24 b	4,82 b	3,57 c	26,96 b
VI 4899C	2188 c	31,62 d	34,13 a	1,15 c	5,11 a	3,91 a	29,11 a
Talismã	2153 c	36,49 a	33,67 a	1,10 c	4,84 b	3,76 b	29,33 a
Ouro Negro	2529 a	32,27 d	29,95 c	1,11 c	4,34 c	3,28 d	25,51 c
Z-22	2052 c	33,31 c	34,22 a	1,21 b	4,88 b	3,71 b	29,33 a
VC-5	2174 c	33,74 c	33,86 a	1,12 c	5,08 a	3,97 a	29,41 a
Média	2157	33,41	33,00	1,15	4,92	3,76	28,27

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 6 Produtividade de grãos (Prod), teor de Nitrogênio total nos grãos (Ntgr) e teor de Nitrogênio total nas folhas (Ntfl), Nitrato (Nitr), N solúvel (Nsol), Nitrogênio orgânico solúvel (Norgsol) e N insolúvel (Nins) foliar nas diferentes doses e fontes de nitrogênio, na média dos dois locais. Safra de inverno 2005.

Fonte de N	Doses -----kg ha ⁻¹ -----	Prod	Ntgr	Ntfl	Nitr	Nsol	Norgsol	Nins
		-----g kg ⁻¹ -----						
Uréia	0	1162	34,27	31,05	0,85	4,20	3,34	26,69
	60	1892	32,80	30,12	0,92	4,42	3,48	25,91
	120	2260	32,15	32,84	0,96	5,03	4,07	27,92
	240	2621	36,46	36,85	1,42	5,71	4,35	31,45
	Média	1984	33,92	32,71	1,03	4,84	3,81	27,99
Sulfato de amônio	0	1162	34,27	31,05	0,85	4,20	3,34	26,69
	60	1939	31,40	29,20	0,92	4,65	3,76	24,99
	120	2409	31,18	32,25	1,17	4,90	3,69	27,51
	240	2816	35,62	38,67	1,83	5,48	3,64	33,43
	Média	2082	33,11	32,79	1,19	4,80	3,60	28,15

As interações locais x doses e locais x cultivares foram significativas para todas as variáveis avaliadas, indicando que o comportamento das linhagens não foi coincidente nos diferentes locais (Tabela 4). Por essa razão será discutido o que ocorreu em cada local.

Para cada local de cultivo (Ijaci e Patos de Minas) foi possível verificar o efeito das doses de N sobre o rendimento de grãos das linhagens de feijoeiro (Tabela 7). Em Ijaci-MG, a produtividade média de grãos das linhagens, quando se utilizou uréia, foi de 2675 kg ha⁻¹. No entanto, foi possível verificar um aumento na produtividade de grãos até a dose de 120 kg ha⁻¹ de N, com redução na dose superior, de 240 kg ha⁻¹ de N. Em trabalho realizado por Kikuti (2004) na safra de inverno de 2002, na dose máxima correspondente a 147 kg ha⁻¹ de N, a produtividade obtida foi de 2264 kg ha⁻¹.

Já em Patos de Minas, quando se utilizou a uréia como fonte de N, a produtividade média obtida foi de 1292 kg ha⁻¹, inferior à obtida em Ijaci (2675

kg ha⁻¹). Observa-se que em Patos de Minas a produtividade de grãos das linhagens aumentou com o incremento das doses de N aplicadas ao solo (Tabela 7).

Para cada local de cultivo (Ijaci e Patos de Minas), observa-se o efeito das doses de N sobre os teores das frações nitrogenadas das linhagens de feijoeiro (Tabela 7).

O teor de N nos grãos em ambos os locais apresentou-se maior na testemunha quando comparado às doses de 60 e 120 kg ha⁻¹ de N. Este teor só voltou a aumentar na dose 240 kg ha⁻¹ de N, a qual superou o teor de N quantificado nos grãos na ausência de nitrogênio.

O teor de N total foliar, na média das linhagens e de todas as doses de N foi de 46,5 g kg⁻¹ em Ijaci, e de 18,87 g kg⁻¹ em Patos de Minas (Tabela 7). Em Ijaci, observa-se aumento desse teor com o incremento das doses de N-uréia aplicadas. Assim, quando se compara a média geral do teor de N foliar em Ijaci, com a faixa adequada proposta por alguns autores, verifica-se que esse teor está adequado ao limite de suficiência para essa cultura (Malavolta et al., 1997; Martinez et al., 1999; Fontes, 2001). Kikuti (2004), com a aplicação de 210 kg ha⁻¹ de N-uréia, encontrou teores de N total foliar inferiores aos apresentados no presente estudo em Ijaci-MG, e superiores aos obtidos em Patos de Minas-MG.

Comportamento semelhante foi observado por Almeida et al. (2000). Esses autores realizaram estudos de fertilização nitrogenada via foliar e em cobertura (0 e 40 kg ha⁻¹) na cultura do feijoeiro no Estado de São Paulo, e encontraram valores de N total foliar (31,4 a 32,9 g kg⁻¹) situados entre os obtidos em Ijaci e Patos de Minas.

Outro fato interessante é que mesmo na ausência do nutriente em Ijaci, os teores de N foliar se mostraram superiores ao nível crítico para essa cultura, como observado em outros estudos (Almeida et al., 2000; Arf et al., 2004; Teixeira, 2004; Soratto et al., 2006). Contudo, existem trabalhos que verificaram

maiores teores de N nas folhas do feijoeiro com a aplicação de uréia em cobertura, quando comparado com a testemunha (Almeida et al., 2000; Carvalho et al., 2003; Kikuti, 2004). Assim, acredita-se que no tratamento testemunha, os altos teores de N total foliar nas plantas de feijoeiro em Ijaci, deve-se ao fato de ter ocorrido possivelmente uma melhoria da fertilidade do solo ocasionada por cultivos anteriores (Tabela 1). Confirmado pela análise química do Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com feijoeiro em Ijaci, em que exceto o fósforo (P), a acidez potencial (H + Al), e o teor de matéria orgânica, que apresentaram valores considerados médios; os teores de potássio, cálcio e magnésio foram considerados bons de acordo com Alvarez V. et al. (1999). De acordo com Almeida et al. (2000), esse fator contribui para condições favoráveis ao atendimento das necessidades de N do feijoeiro. Uma outra hipótese desses autores, é que a população microbiana natural do solo tenha sido eficiente na fixação do N atmosférico. Arf et al. (2004) afirmaram que essas respostas ao N são dependentes do teor de N disponível do solo oriundo da mineralização da matéria orgânica, da temperatura, da fixação simbiótica de N₂ e da cultivar. No presente estudo, provavelmente tenha ocorrido influência da fixação simbiótica de N₂ em algumas linhagens de feijoeiro, pois segundo Barrios et al. (1963) e Small et al. (1968), citados por Vargas et al. (1991), a temperatura ideal para a nodulação no feijoeiro está na faixa de 25-30°C, similares à faixa de temperatura encontrada em Ijaci e Patos de Minas (Tabelas 1 e 2); o que não é um fator para diferenciar a melhor resposta em produtividade obtida pelas linhagens em Ijaci-MG. Outro fator que possivelmente beneficiou o rendimento das linhagens de feijoeiro nesse local foi a maior precipitação pluviométrica durante o ciclo vegetativo das plantas (Tabela 2), ao contrário de Patos de Minas, que teve baixas precipitações pluviométricas no período desse estudo (Tabela 3). Corroborando a importância da umidade do solo na fixação de N pelas leguminosas, Franco & Neves (2002) relataram que a deficiência hídrica diminui

a infecção dos pêlos absorventes pelo rizóbio, chegando até a inibir completamente a produção dos nódulos.

Ainda com relação a Ijaci, as frações nitrogenadas nitrato, N-solúvel e N-insolúvel no tecido foliar tiveram os seus teores aumentados com o incremento das doses de N-uréia aplicadas ao solo. Os maiores teores foram obtidos quando se aplicaram 240 kg ha⁻¹ de N (Tabela 7).

Considerando-se Patos de Minas, nota-se que o teor médio de N-total foliar foi inferior ao considerado adequado (Malavolta et al., 1997; Martinez et al., 1999; Fontes, 2001), resultando em deficiência de nitrogênio, o que possivelmente deve ter refletido nas baixas produtividades de grãos obtidas pelas linhagens de feijoeiro, de acordo com alguns autores (Rosolem & Marubayashi, 1994; Carvalho et al., 2003; Ferreira et al., 2004). Os teores de nitrato, N solúvel e N insolúvel aumentaram com o incremento das doses de N-uréia aplicadas ao solo. Os teores dessas frações no tecido foliar do feijoeiro nesse local foram maiores na dose de 240 kg ha⁻¹ de N (Tabela 7).

Em média, o rendimento de grãos e os teores das frações nitrogenadas das linhagens em Ijaci foram maiores em relação aos de Patos de Minas, fato que pode ter sido ocasionado pela baixa fertilidade do solo nesse último local (Tabela 3). Outro fator que possivelmente provocou a baixa resposta das linhagens à adubação nitrogenada foi que em Patos de Minas as linhagens de feijoeiro foram cultivadas sob a palhada da *B. decumbens*, o que deve ter favorecido a imobilização do nitrogênio pelos microorganismos do solo, que poderia estar disponível para as plantas no período de maior demanda desse nutriente. Já em Ijaci-MG, apesar do solo apresentar uma fertilidade superior ao de Patos de Minas-MG, o feijoeiro foi cultivado em sucessão a cultura do milho, o qual, provavelmente, vem sendo adubado a cada cultivo.

TABELA 7 Produtividade de grãos (Prod), teores de Ntotal grãos (Ntotgr), N total folha (Ntfl), Nitrato (Nitr), N solúvel (Nsol), N orgânico solúvel (Norgsol) e N insolúvel (Nins) nas folhas, nas diferentes doses de nitrogênio, tendo como fonte de N a uréia, em Ijaci e Patos de Minas. Safra inverno de 2005.

Ijaci							
Doses	Prod	Ntgr	Ntfl	Nitr	Nsol	Norgsol	Nins
-----kg ha ⁻¹ -----	-----g kg ⁻¹ -----						
0	2126	37,08	43,02	0,75	6,00	5,28	36,84
60	2809	35,56	44,95	0,93	6,57	5,63	38,69
120	2929	35,31	48,12	0,98	7,51	6,53	41,15
240	2837	40,98	50,12	2,22	7,83	5,95	42,67
média	2675	37,23	46,55	1,22	6,98	5,84	39,83
Patos de Minas							
0	198	31,47	19,08	0,95	2,40	1,41	16,55
60	975	30,04	15,27	0,90	2,28	1,34	13,12
120	1591	29,00	17,55	0,94	2,55	1,62	14,68
240	2405	31,93	23,58	0,96	3,59	2,76	20,24
média	1292	30,61	18,87	0,94	2,70	1,78	16,14

Verificou-se que tanto em Ijaci quanto em Patos de Minas, a produtividade de grãos das linhagens foi influenciada pelas doses sulfato de amônio (Tabela 8).

A média da produtividade de grãos em Ijaci-MG foi de 2859 kg ha⁻¹, superior à obtida para o Estado de Minas Gerais na safra de 2004/2005, que foi de 1305 kg ha⁻¹. Observa-se nesse local que a produtividade de grãos aumentou com o incremento das doses de N até 120 kg ha⁻¹, decrescendo na dose de 240 kg ha⁻¹.

Em Patos de Minas, a produtividade média de grãos das linhagens foi de 1304 kg ha⁻¹, semelhante à obtida para o Estado de Minas Gerais e para a região Sudeste na safra de 2004/2005. Nesse local, a tendência foi linear, ou seja, o aumento nas doses de N incrementou a produtividade de grãos (Tabela 8).

Em Ijaci, os maiores teores de N nos grãos foram encontrados na dose de 240 kg ha⁻¹ de N, enquanto que em Patos de Minas, esse maior teor nos grãos foi obtido quando não houve o fornecimento do nutriente (Tabela 8). Esse comportamento é decorrente do efeito de concentração, ou seja, a planta não absorveu a quantidade exigida para o crescimento vegetativo adequado. Observa-se em Ijaci-MG que o teor de N nos grãos no tratamento testemunha superou os teores de N obtidos nas doses de 60 e 120 kg ha⁻¹ de N.

Os teores médios de N-total foliar em Ijaci-MG foram considerados adequados para o bom desenvolvimento das plantas (Malavolta et al., 1997; Martinez et al., 1999; Fontes, 2001). O maior teor dessa fração no tecido foliar foi encontrado na dose de 240 kg ha⁻¹ de N. Possivelmente deve ter ocorrido um consumo de luxo de nitrogênio pelas linhagens de feijoeiro, pois as plantas que absorveram a maior quantidade de N apresentaram o maior teor desse nutriente nos grãos, mas não responderam em relação à produtividade de grãos.

Com relação aos teores de nitrato, estes apresentaram comportamentos lineares com as doses de N aplicadas tanto em Ijaci quanto em Patos de Minas. Com exceção da fração de N orgânico solúvel, que teve o teor aumentado até a dose de 60 kg ha⁻¹, em Ijaci, as demais frações de N aumentaram com o incremento das doses de N, ou seja, até a dose 240 kg ha⁻¹ de N. No geral, a proporção de nitrogênio solúvel aumenta com o aumento das doses de N (Marschner, 1995).

Em Patos de Minas, o teor médio de N total foliar foi de 19,09 g kg⁻¹, considerado inadequado para o bom desenvolvimento vegetativo do feijoeiro (Malavolta et al., 1997; Martinez et al., 1999; Fontes, 2001). Possivelmente, este pode ser um dos fatores que comprometeu a produtividade de grãos das linhagens nesse local. Também deve ser ressaltado que em Patos de Minas, como as linhagens foram cultivadas em um solo de baixa fertilidade e sob a

palhada da braquiária, provavelmente deve ter ocorrido imobilização do N, como já citado anteriormente.

Ainda em Patos de Minas-MG, os teores de N solúvel nas folhas apresentaram comportamento linear com as doses de N-sulfato de amônio. Observa-se que os teores das frações de N solúvel, N orgânico solúvel e N insolúvel nas folhas, na ausência do nutriente foram superiores aos encontrados nas doses 60 e 120 kg ha⁻¹ de N. No entanto, os maiores teores foram obtidos na dose de 240 kg ha⁻¹ de N (Tabela 8). Mengel & Kirkby (1982) explicaram ocorrer aumento do teor de N orgânico solúvel, que é constituído pelos aminoácidos, amins e amidas e proteínas solúveis em água, enquanto o teor de N insolúvel (ácidos nucléicos e proteínas) aumenta até certo limite com o incremento da dose de N aplicada.

Nota-se que os teores das frações nas folhas do feijoeiro em Patos de Minas foram inferiores aos de Ijaci (Tabela 8), reflexo da melhor condição de fertilidade do solo neste último local (Tabela 1).

TABELA 8 Produtividade de grãos (Prod), teores de Ntotal grãos (Ntotgr), N total folha (Ntfl), Nitrato (Nitr), N solúvel (Nsol), N orgânico solúvel (Norgsol) e N insolúvel (Nins) nas folhas, nas diferentes doses de nitrogênio, tendo como fonte de N o sulfato de amônio, em Ijaci e Patos de Minas. Safra inverno de 2005.

Ijaci							
Doses	Prodgr	Ntotgr	Ntfl	Nitr	Nsol	Norgsol	Nins
	kg ha ⁻¹	-----g kg ⁻¹ -----					
0	2126	37,08	43,02	0,75	6,00	5,28	36,84
60	2892	35,04	43,40	0,84	7,09	6,26	37,12
120	3278	35,39	46,79	1,33	7,39	6,06	39,95
240	3141	40,98	52,76	2,22	7,60	5,33	45,16
média	2859	37,12	46,49	1,28	7,02	5,73	39,76
Patos de Minas							
0	198	31,47	19,08	0,95	2,40	1,41	16,55
60	986	27,77	15,00	0,98	2,21	1,26	12,87
120	1540	26,98	17,72	1,01	2,41	1,32	15,07
240	2490	30,27	24,58	1,43	3,35	1,96	21,70
média	1304	29,12	19,09	1,09	2,59	1,48	16,54

Como houve interação significativa de cultivares x fontes de N para algumas variáveis avaliadas, para o estudo da produtividade de grãos, do teor de N total dos grãos e folhas e dos teores das frações nitrogenadas nas folhas, foram utilizadas as médias conjuntas dos locais (Ijaci-MG e Patos de Minas-MG) para cada fonte de nitrogênio (sulfato de amônio e uréia), estimando-se os coeficientes de regressão linear em função das doses aplicadas.

Verifica-se para as linhagens RC-I-7, CNFE 8017, RC-I-3, MA-I-2.5, Talismã e MA-I-18.13 que houve efeito significativo das doses de N-sulfato de amônio na produtividade de grãos (Tabela 9). As demais linhagens de feijoeiro não apresentaram ajuste ao modelo de regressão linear. Os altos rendimentos de grãos obtidos na ausência de N por algumas linhagens como MA-I-2.5 e OP-NS-

331 podem ser atribuídos à fixação simbiótica de N. Mesmo havendo controvérsias quanto à capacidade do feijoeiro fixar o N atmosférico em quantidade suficiente para suprir a exigência nutricional, o N pode ser disponibilizado para o feijoeiro pela simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* (Rosolem & Marubayashy, 1994; Ferreira et al., 2004).

Observa-se, para algumas linhagens, que houve ajuste dos dados ao modelo de regressão linear, como pode ser visualizado por meio dos valores do coeficiente de regressão linear (b_1) que foram positivos, indicando aumento da produção de grãos com o incremento das doses de N-sulfato de amônio aplicadas. As linhagens RC-I-7 e MA-I-18.13 apresentaram os maiores valores de b_1 , ou seja, elas foram mais responsivas que as demais, podendo-se inferir que para cada quilograma de N-sulfato de amônio aplicado no solo ocorre um aumento de 10,173 e 8,107 kg de grãos, respectivamente (Tabela 9). Deve ser ressaltado que essas linhagens, sendo responsivas à adubação nitrogenada, na testemunha (0 kg ha⁻¹ de N) obtiveram menores produtividades de grãos, porém alcançaram uma das maiores conversões do fertilizante nitrogenado em rendimento de grãos.

TABELA 9 Produtividade de grãos das linhagens de feijoeiro obtida na média dos dois locais (Ijaci e Patos de Minas-MG) e a equação de regressão entre as doses de nitrogênio e produtividade, na fonte sulfato de amônio. Safra de inverno de 2005.

Linhagens	Produtividade grãos (kg ha ⁻¹)				b ₀	b ₁	R ²
	Doses (kg ha ⁻¹)						
	0	60	120	240			
RC-I-7	780	1642	2583	3240	993,52	10,173*	0,936
RC-I-3	1339	1991	1911	2985	1385,53	6,394*	0,918
MA-I-18.13	1046	2002	2379	3108	1282,84	8,107*	0,936
CNFE 8017	1049	1770	2505	2898	1259,27	7,587*	0,903
MA-I-2.5	1645	1958	2716	3265	1660,83	7,004*	0,958
Talismã	1408	1591	2344	2785	1393,64	6,084*	0,934

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

Para todas as linhagens de feijoeiro, quanto ao teor de N nos grãos, verifica-se que não houve ajuste dos dados ao modelo de regressão linear, como foi comprovado pela não significância dos valores do coeficiente de regressão linear (b₁).

O teor de N nas folhas para algumas linhagens de feijoeiro estudadas (CNFE 8017, Pérola, Ouro Negro, Talismã, Z-22 e VC-5) se ajustou ao modelo linear. Todas as linhagens apresentaram coeficiente de regressão linear (b₁) positivo, ou seja, há aumento no teor de N nas folhas com o incremento das doses de N (Tabela 10).

Outro fato relevante a ser discutido na Tabela 10 é que algumas linhagens apresentaram teores de N foliar na ausência de nitrogênio (0 kg ha⁻¹) superiores aos obtidos na dose 60 kg ha⁻¹ de N. Fato que evidencia o efeito de concentração, ou seja, baixo desenvolvimento vegetativo das plantas. Isto também pode estar associado à liberação de N mineral pela mineralização da matéria orgânica (Arf et al., 2004), já que em ambos locais (Ijaci-MG e Patos de Minas-MG), os teores de matéria orgânica no solo foram considerados de médios a bons (Tomé Jr., 1997; Alvarez V. et al., 1999) (Tabela 3). Uma outra explicação pode estar

relacionada à contribuição da fixação simbiótica de nitrogênio (Arf et al., 2004; Ferreira et al., 2004). Observa-se que os teores de N foliar voltaram a aumentar nas doses superiores a 60 kg ha⁻¹ de N (Tabela 10). Comportamento semelhante a este foi verificado em outros estudos com fertilização nitrogenada em feijoeiro (Arf et al., 2004; Soratto et al., 2006).

Na Tabela 10 também é possível verificar que apenas a linhagem Ouro Negro, nas doses de 0 e 240 kg ha⁻¹ apresentou teor de N foliar abaixo do considerado adequado pela literatura (Rosolem & Marubayashi, 1994; Malavolta et al., 1997; Martinez et al., 1999; Fontes, 2001).

TABELA 10 Teores médios de N-total nas folhas das linhagens de feijoeiro obtidos na média dos dois locais (Ijaci e Patos de Minas-MG) e a equação de regressão entre as doses de nitrogênio e teor de N-total nas folhas, na fonte sulfato de amônio. Safra de inverno de 2005.

Linhagens	N-total foliar (g kg ⁻¹)				b ₀	b ₁	R ²
	Doses (kg ha ⁻¹)						
	0	60	120	240			
Pérola	29,80	31,16	33,64	38,82	29,308	0,0385*	0,987
CNFE 8017	30,90	30,71	33,44	38,95	29,722	0,0359*	0,921
Talismã	30,45	30,05	33,05	37,40	29,420	0,0315*	0,916
Ouro Negro	26,98	27,49	30,01	35,61	26,064	0,0377*	0,954
Z-22	31,23	30,99	33,80	38,28	30,238	0,0317*	0,925
VC-5	29,80	30,81	34,04	38,23	29,366	0,0367*	0,980

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

Quando se utilizou o sulfato de amônio como fonte de N, para as linhagens CNFC 8055, OP-NS-331 e Esal 630, houve ajuste dos dados relativos ao teor de nitrato ao modelo linear, ou seja, R² > 90%. Para estas linhagens houve efeito significativo (P ≤ 0,05) das doses de N-sulfato de amônio nos teores de nitrato nas folhas. Nota-se que essas linhagens apresentaram coeficiente de regressão linear (b₁) positivo, ou seja, ocorre aumento do teor de nitrato nas folhas com o aumento das doses de N-sulfato de amônio (Tabela 11).

Comportamento semelhante é verificado nas culturas do espinafre e rabanete por Mills (1975) e Mills et al. (1976), citados por Maynard et al. (1976).

Observa-se que a linhagem OP-NS-331 apresentou maior teor de nitrato no tecido foliar na ausência do nutriente em relação à dose de 60 kg ha⁻¹ de N. Esse fato pode estar associado à mineralização da matéria orgânica. Contudo, verifica-se que os teores de nitrato voltaram a aumentar com as maiores doses de N-sulfato de amônio (Tabela 11). Uma possível explicação para esse comportamento é que o nitrogênio proveniente dos fertilizantes, na forma de amônio, é convertido em nitrato pelas bactérias no solo, e o nitrato é transportado após absorção para a parte aérea das plantas, onde é assimilado em aminoácidos (Maynard et al., 1976; Middleton & Smith, 1979).

TABELA 11 Teores médios de nitrato nas folhas das linhagens de feijoeiro obtidos na média dos dois locais (Ijaci e Patos de Minas-MG) e a equação de regressão entre as doses de nitrogênio e teor de nitrato, na fonte sulfato de amônio. Safra de inverno de 2005.

Linhagens	Nitrato (g kg ⁻¹)				b ₀	b ₁	R ²
	Doses (kg ha ⁻¹)						
	0	60	120	240			
Esal 630	0,70	0,70	1,49	2,22	0,554	0,0068*	0,934
CNFC 8055	0,84	1,00	1,71	2,26	0,794	0,0062*	0,954
OP-NS-331	0,76	0,71	1,01	1,52	0,638	0,0034*	0,908

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

Observa-se na Tabela 12 que apenas a linhagem VC-5 apresentou coeficiente de regressão linear (b₁) significativo (P ≤ 0,05) e positivo, ou seja, para cada quilograma de sulfato de amônio ocorrerá aumento de 3,242 g de N orgânico solúvel por kg de matéria seca. Verifica-se para essa linhagem que o teor de N orgânico solúvel aumentou com as doses de N até 240 kg ha⁻¹ de N.

TABELA 12 Teores médios de N orgânico solúvel nas folhas das linhagens de feijoeiro obtidos na média dos dois locais (Ijaci e Patos de Minas-MG) e a equação de regressão entre as doses de nitrogênio e teor de N orgânico solúvel, na fonte sulfato de amônio. Safra de inverno de 2005.

Linhagem	N orgânico solúvel (g kg ⁻¹)				b ₀	b ₁	R ²
	Doses (kg ha ⁻¹)						
	0	60	120	240			
VC-5	3,28	3,55	3,89	4,62	3,242	0,0056*	0,996

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

Os teores de N solúvel no tecido foliar das linhagens foram influenciados significativamente pelas doses de N, quando se utilizou o sulfato de amônio (Tabela 13). Todas as linhagens apresentaram, para esta fração, coeficiente de regressão linear (b₁) positivo, ou seja, há aumento nos teores de N solúvel no tecido foliar do feijoeiro com o incremento das doses de N. Como já relatado por Marschner (1995), o incremento do teor de N solúvel nas folhas é proporcional ao aumento das doses de N aplicadas.

No entanto, como pode ser verificado através do coeficiente de regressão linear, as maiores conversões de N-sulfato de amônio a N solúvel foliar foram obtidas pelas linhagens VC-5 (b₁ = 0,0082) e MA-I-18.13 (b₁ = 0,0081), ou seja, para cada quilograma de N, na fonte sulfato de amônio aplicado, ocorrerá um aumento no teor de N solúvel no tecido foliar do feijoeiro da ordem de 0,0082 e 0,0081 g N solúvel kg⁻¹ de matéria seca, respectivamente.

TABELA 13 Teores médios de N-solúvel nas folhas das linhagens de feijoeiro obtidos na média dos dois locais (Ijaci e Patos de Minas-MG) e a equação de regressão entre as doses de nitrogênio e teor de N-solúvel na fonte sulfato de amônio. Safra de inverno de 2005.

Linhagens	N - solúvel (g kg ⁻¹)				b ₀	b ₁	R ²
	Doses (kg ha ⁻¹)						
	0	60	120	240			
CV-78	4,43	4,70	5,21	5,50	4,480	0,0045*	0,936
RC-I-7	4,20	4,61	5,02	5,68	4,232	0,0061*	0,996
RC-I-3	3,70	3,90	4,22	4,99	3,626	0,0055*	0,984
CNFC 8055	4,53	4,79	5,13	5,79	4,502	0,0053*	0,997
OP-NS-331	4,23	4,54	5,22	5,58	4,282	0,0058*	0,931
Pérola	4,40	4,90	5,31	5,71	4,520	0,0053*	0,948
MA-I-18.13	3,97	4,56	4,70	5,98	3,950	0,0081*	0,966
MA-I-2.5	4,30	4,73	4,71	5,19	4,376	0,0034*	0,914
Talismã	4,03	4,56	4,66	5,58	4,058	0,0061*	0,968
VC-5	3,97	4,58	5,28	5,93	4,084	0,0082*	0,966

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

Detectou-se efeito significativo ($P \leq 0,05$) das doses de N-sulfato de amônio sobre o teor de N insolúvel nas folhas das linhagens (Tabela 14). Verificou-se para as linhagens CNFE 8017, Talismã, Ouro Negro e VC-5, que os teores de N insolúvel se ajustaram ao modelo de regressão linear, como pode ser visualizado pelos valores do coeficiente de regressão linear (b_1) na Tabela 15. A linhagem VC-5 quantificou o maior teor dessa fração na dose de 240 kg ha⁻¹, mesmo não apresentando comportamento responsivo à adubação nitrogenada. Também se verifica que a linhagem Ouro Negro, à semelhança do teor de N total no tecido foliar, apresentou o maior valor de b_1 . Depreende-se para essa linhagem que, para cada quilograma de N-sulfato de amônio aplicado ao solo, ocorrerá um aumento de 0,0387 g de N insolúvel kg⁻¹ de matéria de seca. Observa-se na Tabela 14 que todas as linhagens apresentaram coeficiente

de regressão linear positivo, indicando aumento no teor de N insolúvel com as doses de N aplicadas.

TABELA 14 Teores médios de N-insolúvel nas folhas das linhagens de feijoeiro obtidos na média dos dois locais (Ijaci e Patos de Minas-MG) e a equação de regressão entre as doses de nitrogênio e teor de N-insolúvel, na fonte sulfato de amônio. Safra de inverno de 2005.

Linhagens	N insolúvel (g kg ⁻¹)				b ₀	b ₁	R ²
	Doses (kg ha ⁻¹)						
	0	60	120	240			
CNFE 8017	26,10	26,56	28,80	33,14	25,416	0,0308*	0,962
Talismã	26,42	25,70	28,70	33,38	25,196	0,0319*	0,892
Ouro Negro	23,32	22,74	26,06	31,87	21,926	0,0387*	0,906
VC-5	25,83	28,95	28,90	33,11	26,236	0,0282*	0,935

*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

Observou-se efeito significativo ($P \leq 0,05$) das doses de N-uréia sobre a produtividade de grãos das linhagens (Tabela 15). Para algumas linhagens (CV-78, CNFE 8017, RC-I-3, MA-I-2.5, Talismã, Esal 630 e Z-22), verifica-se que o b₁ foi significativo ($P \leq 0,05$), havendo também ajuste dos dados ao modelo linear de regressão ($R^2 > 89\%$). Na dose de 240 kg ha⁻¹ de N-uréia, por exemplo, as maiores produtividades de grãos foram alcançadas pelas linhagens Z-22, CNFE 8017 e a Talismã, todas consideradas não responsivas à adubação nitrogenada (Tabela 15).

Também se verificou que os valores do coeficiente de regressão linear (b₁) foram positivos, indicando incremento da produção de grãos com o aumento das doses de N. As linhagens Z-22, CNFE 8017 e Esal 630 foram as mais responsivas à adubação nitrogenada, ou seja, elas apresentaram as maiores conversões de quilograma de N-uréia aplicado em quilograma de grãos.

TABELA 15 Produtividade de grãos das linhagens de feijoeiro obtida na média dos dois locais (Ijaci e Patos de Minas-MG) e a equação de regressão entre as doses de nitrogênio e produtividade de grãos na fonte uréia. Safra de inverno de 2005.

Linhagens	Produtividade grãos (kg ha ⁻¹)				b ₀	b ₁	R ²
	Doses (kg ha ⁻¹)						
	0	60	120	240			
CV-78	1157	1380,65	1681,65	1993,45	1184,13	3,514*	0,980
Esal 630	809	1839,70	2257,15	2823,70	1108,03	7,851*	0,894
RC-I-3	1339	1845,65	2258,20	2667,65	1460,22	5,405*	0,949
CNFE 8017	1049	1616,25	2096,75	2931,30	1109,23	7,754*	0,994
MA-I-2.5	1645	2088,35	2016,30	2858,05	1655,08	4,720*	0,910
Talismã	1408	1856,45	2180,60	2905,95	1442,40	6,146*	0,997
Z-22	734	1727,35	2189,35	2952,80	979,22	8,779*	0,941

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

Para o teor de N nos grãos, quando se utilizou como fonte de N a uréia, verificou-se em todas as linhagens que os valores do coeficiente de regressão linear foram de baixa magnitude, indicando que os dados relativos ao N total nos grãos não se ajustaram ao modelo linear.

A Tabela 16 mostra os teores de N foliar das linhagens de feijoeiro. As linhagens Z-22, VC-5, Talismã e CNFE 8017 foram as mais responsivas à aplicação de N-uréia. Nota-se que os teores de N no tecido foliar nas doses de N aplicadas incrementaram linearmente, apresentando comportamento semelhante aos encontrados por outros autores (Andrade et al., 1998; Rodrigues, 2001). Os teores desse nutriente nas folhas das linhagens de feijoeiro estão em níveis adequados para o bom desenvolvimento das plantas (Rosolem & Marubayashi, 1994; Malavolta et al., 1997; Martinez et al., 1999; Fontes, 2001).

Esses resultados concordam com os obtidos por alguns autores (Rodrigues, 2001; Arf et al., 2004; Farinelli et al., 2006) em que os teores de N foliar na dose 0 kg ha⁻¹ de N apresentaram-se em níveis adequados ou até mesmo superiores para o bom desenvolvimento das plantas. Arf et al. (2004)

atribuíram como um dos possíveis fatores o N disponível da mineralização da matéria orgânica e da fixação simbiótica de N₂. Entretanto, existem alguns estudos que verificaram que na ausência de nitrogênio, os teores do nutriente na folha estavam em níveis inadequados, prejudicando o desenvolvimento das plantas (Carvalho et al., 2003; Kikuti et al., 2006).

TABELA 16 Teores de N-total nas folhas das linhagens de feijoeiro obtidos na média dos dois locais (Ijaci e Patos de Minas-MG) e a equação de regressão entre as doses de nitrogênio e teor de N-total nas folhas na fonte uréia. Safra de inverno de 2005.

Linhagens	N total foliar (g kg ⁻¹)				b ₀	b ₁	R ²
	Doses (kg ha ⁻¹)						
	0	60	120	240			
CNFE 8017	30,90	31,00	34,99	37,61	30,416	0,030	0,917*
Talismã	30,45	30,52	34,74	39,48	29,530	0,0406	0,943*
Z-22	31,23	31,35	33,48	40,44	29,886	0,0403	0,910*
VC-5	29,80	32,61	33,57	37,93	30,052	0,0326	0,982*

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

Por meio do coeficiente de determinação e de regressão linear (b₁), verifica-se que para algumas linhagens (RC-I-7, CNFC 8055, OP-NS-331, MA-I-2,5, Talismã, Ouro Negro e VC-5) houve ajuste dos dados dos teores de nitrato ao modelo linear (Tabela 17). Observa-se também que os valores de b₁ foram todos positivos, ou seja, o aumento nas doses de N proporciona incremento nos teores de nitrato. A linhagem mais responsiva foi a MA-I-2.5. Infere-se que para cada quilograma de N-uréia aplicado, há um aumento de 0,00401 g de nitrato kg⁻¹ de matéria seca.

TABELA 17 Teores de nitrato nas folhas das linhagens de feijoeiro obtidos na média dos dois locais (Ijaci e Patos de Minas-MG) e a equação de regressão entre as doses de nitrogênio e teor de nitrato na fonte uréia. Safra de inverno de 2005.

Linhagens	Nitrato (g kg^{-1})				b_0	b_1	R^2
	Doses (kg ha^{-1})						
	0	60	120	240			
RC-I-7	0,74	0,88	0,86	1,32	0,704	0,00234*	0,891
CNFC 8055	0,84	0,85	1,16	1,57	0,762	0,00326*	0,948
OP-NS-331	0,76	0,97	1,09	1,32	0,798	0,00225*	0,977
MA-I-2.5	0,73	0,81	1,03	1,66	0,636	0,00401*	0,953
Talismã	0,64	0,91	0,88	1,42	0,640	0,00307*	0,920
Ouro Negro	0,81	1,00	1,16	1,26	0,866	0,00182*	0,902
VC-5	0,67	0,91	0,93	1,43	0,666	0,00303*	0,950

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Na Tabela 18 estão apresentados os teores médios de N orgânico solúvel no tecido foliar em função das doses de N-uréia. Observa-se que os coeficientes de regressão linear apresentaram valores positivos, indicando aumento no teor de N orgânico solúvel no tecido foliar das linhagens com as doses de nitrogênio aplicadas. Para as linhagens CNFE 8017, RC-I-3, CNFC 8055, Pérola, MA-I-18.13 e VC-5, verifica-se que os dados se ajustaram ao modelo linear, como indicam os valores de b_1 . Nota-se em algumas linhagens que o teor dessa fração nitrogenada aumenta de forma linear com as doses de N-uréia. Contudo, esse comportamento foi também obtido pela linhagem VC-5, quando se utilizou o sulfato de amônio como fonte de N (Tabela 12).

TABELA 18 Teores de N orgânico solúvel nas folhas das linhagens de feijoeiro obtidos na média dos dois locais (Ijaci e Patos de Minas-MG) e a equação de regressão entre as doses de nitrogênio e teor de N orgânico solúvel na fonte uréia. Safra de inverno de 2005.

Linhagens	N orgânico solúvel (g kg ⁻¹)				b ₀	b ₁	R ²
	Doses (kg ha ⁻¹)						
	0	60	120	240			
RC-I-3	2,84	3,12	3,21	4,34	2,726	0,0062*	0,926
CNFC 8055	3,86	4,02	4,42	4,56	3,896	0,0030*	0,894
Pérola	3,33	3,39	3,95	4,39	3,266	0,0047*	0,942
MA-I-18.13	2,89	3,22	3,82	4,40	2,906	0,0064*	0,978
CNFE 8017	3,77	3,99	4,31	4,53	3,814	0,0032*	0,948
VC-5	3,28	3,62	4,19	4,67	3,320	0,0059*	0,969

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

A Tabela 19 mostra os valores dos teores médios do N solúvel no tecido foliar das linhagens de feijoeiro em função das doses de N-uréia e os respectivos coeficientes de regressão linear (b₁) e de determinação (R²).

Apenas para as linhagens CV-78, LH-10, MA-I-2.5, Ouro Negro e Z-22, os valores de b₁ foram não-significativos (P ≥ 0,05). Os teores dessa fração no tecido foliar dessas linhagens apresentaram o mesmo comportamento quando se utilizou o sulfato de amônio como fonte de N, ou seja, os teores aumentaram linearmente em função das doses de N aplicadas. As linhagens mais responsivas foram a VC-5 e a MA-I-18.13, com valores de b₁ correspondentes a 0,0087 e 0,0083, respectivamente (Tabela 19).

TABELA 19 Teores de N-solúvel nas folhas das linhagens de feijoeiro obtidos na média dos dois locais (Ijaci e Patos de Minas-MG) e a equação de regressão entre as doses de nitrogênio e teor de N-solúvel na fonte uréia. Safra de inverno de 2005.

Linhagens	N solúvel (g kg ⁻¹)				b ₀	b ₁	R ²
	Doses (kg ha ⁻¹)						
	0	60	120	240			
RC-I-7	4,20	4,03	4,76	5,78	3,928	0,0073*	0,893
Esal 630	4,50	4,63	5,38	5,70	4,488	0,0054*	0,901
RC-I-3	3,70	4,03	4,08	5,32	3,584	0,0066*	0,916
CNFC 8055	4,53	4,87	5,57	5,98	4,584	0,0062*	0,940
OP-NS-331	4,23	4,63	5,50	5,89	4,312	0,0071*	0,916
Pérola	4,40	4,37	4,93	5,72	4,230	0,0059*	0,933
MA-I-18.13	3,97	4,10	4,87	5,86	3,824	0,0083*	0,966
CNFE 8017	4,80	4,93	5,17	5,98	4,690	0,0050*	0,954
VI 4899C	4,57	4,90	4,93	5,75	4,538	0,0047*	0,942
Talismã	4,03	4,37	5,07	5,61	4,058	0,0067*	0,963
VC-5	3,97	4,63	5,07	6,10	4,028	0,0087*	0,995

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

Na Tabela 20 observam-se os dados relativos aos teores de N insolúvel. Verifica-se nessa fração que a linhagem Talismã apresentou no tratamento testemunha maiores teores em relação à dose 60 kg ha⁻¹ de N, quando se aplicou a uréia.

Essa linhagem de feijoeiro foi a que mais respondeu à aplicação das doses de N-uréia ($b_1 = 0,0403$), ou seja, para cada quilograma de N-uréia aplicado, há um incremento de 0,0403 mg de N insolúvel g⁻¹ de matéria seca, assim como, o maior valor do coeficiente de regressão linear (b_1) positivo, inferindo-se em aumento no teor dessa fração nitrogenada nas folhas com o incremento das doses de N aplicadas.

TABELA 20 Teores de N-insolúvel nas folhas das linhagens de feijoeiro obtidos na média dos dois locais (Ijaci e Patos de Minas-MG) e a equação de regressão entre as doses de nitrogênio e teor de N-insolúvel na fonte uréia. Safra de inverno de 2005.

Linhagens	N insolúvel (g kg ⁻¹)				b ₀	b ₁	R ²
	Doses (kg ha ⁻¹)						
	0	60	120	240			
Talismã	26,42	26,20	29,50	35,43	25,146	0,0403	0,926*

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

5 CONCLUSÕES

1. A aplicação de sulfato de amônio proporcionou uma maior produtividade de grãos, maiores teores de N, nitrato e N insolúvel foliar;
2. A produtividade de grãos e as frações nitrogenadas apresentaram incremento linear em função das doses de N aplicadas;
3. Algumas linhagens consideradas responsivas à adubação nitrogenada não apresentaram respostas à aplicação do nitrogênio;
4. As frações nitrogenadas no tecido foliar e nos grãos não acompanharam a produtividade de grãos das linhagens, pois as tendências destas variáveis foram inversas, ou seja, quando as linhagens de feijoeiro apresentaram as maiores produtividades de grãos, ocorreram menores frações nitrogenadas no tecido foliar e vice-versa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. F. B.; DEL PELOSO, M. J. **Cultivares de feijoeiro comum para o Estado de Minas Gerais**. Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 4p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 65).

ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; MARTINS, L. A. Progresso do melhoramento genético do feijoeiro nas décadas de setenta e oitenta nas regiões Sul e Alto Paranaíba em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n.1, p. 105-112, jan. 1994.

AGRIANUAL 2006. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: Agros Comunicação. FNP Consultoria e Comércio, 2006. p. 301-309.

AGRIANUAL 2007. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2007. p. 325-330.

ALMEIDA, C.; CARVALHO, M A. C.; ARF, O.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S. Uréia em cobertura e via foliar em feijoeiro. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 2, p. 293-298, abr./jun. 2000.

ALVES, V. G. **Resposta do feijoeiro a doses de nitrogênio no plantio e cobertura e à inoculação de sementes com rizóbio**. 2002. 46p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C. et al. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.

ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; DIAS, L. E.; OLIVEIRA, J. A. Determinação e uso do fósforo remanescente. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p. 27-32, 2000.

ALVES, V. G. **Resposta do feijoeiro a doses de nitrogênio no plantio e cobertura e à inoculação de sementes com rizóbio**. 2002. 46p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

AMANE, M. I. V.; VIEIRA, C.; NOVAIS, R. F.; ARAÚJO, G. A. A. Adubação nitrogenada e molibdica da cultura do feijão na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 643-650, 1999.

AMBROSANO, E. J.; WUTKE, E. B.; AMBROSANO, G. M. B.; BULISANI, E. A.; BORTOLETTO, N.; MARTINS, A. L. M.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; SORDI, G. Efeito do nitrogênio no cultivo de feijão irrigado no inverno. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 53, n. 2/3, p. 338-342, maio/dez. 1996.

ANDRADE, M. J. B.; ALVARENGA, P. E.; CARVALHO, J. G.; SILVA, R.; NAVES, R. L. Influência do nitrogênio, rizóbio e molibdênio sobre o crescimento, nodulação radicular e teores de nutrientes no feijoeiro. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 45, n. 257, p. 65-79, jan./fev. 1998.

ARAÚJO, A. P.; TEIXEIRA, M. G.; ALMEIDA, D. L. Growth and yield of common bean cultivars at two soil phosphorus levels under biological nitrogen fixation. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 4, p. 809-817, abr. 2000.

ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. A. E.; BUZETTI, S.; NASCIMENTO, V. Manejo do solo, água e nitrogênio no cultivo de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 131-138, fev. 2004.

BANZIGER, M.; BETRÁN, F. J.; LAFITTE, H. R. Efficiency of high-nitrogen selection environments for improving maize for low-nitrogen target environments. **Crop Science**, v. 37, p. 1103-1109, 1997.

BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N. K.; SILVA, O. F. **Aplicação de nitrogênio em cobertura no feijoeiro irrigado**. Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. 8p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 49).

BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N. K.; SILVA, O. F. Fontes, doses e parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura para feijoeiro comum irrigado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 69-76, jan./fev. 2005.

BORGES, E. A.; FERNANDES, M. S.; LOSS, A.; SILVA, E. E.; SOUZA, S. R. Acúmulo e remobilização de nitrogênio em variedades de milho. **Caatinga**, v. 19, n. 3, p. 278-286, jul./set. 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Normais climatológicas**: Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro. Brasília, 1992. 84 p.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000.

BREMMER, J. M.; EDWARDS, A. P. Determination and isotope ratio analysis of different forms of nitrogen in soils: I. Apparatus and procedures for distillation and determination for ammonium. **Soil Science Society of American Proceedings**, Madison, v.29, n.5, p.504-507, Sept./Oct. 1965.

CAMPOS, A. X. **Fertilização com sulfato de amônio em pré-semeadura e cobertura na cultura do milho em um solo do cerrado de Brasília sob pastagem de *Brachiaria decumbens***. 2004. 119 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

CARDOSO, A. A.; FONTES, L. A. N.; VIEIRA, C. Efeito de fontes e doses de adubo nitrogenado sobre a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, v. 25, n. 139, p. 292-295, 1978.

CARVALHO, M. A. C.; FURLANI FILHO, E.; ARF, O.; SÁ, M. E.; PAULINO, H. B.; BUZZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila em feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 445-450, 2003.

CASSINI, S. T. A.; FRANCO, M. C. Fixação biológica de nitrogênio. In: VIEIRA, C. et al. (Ed.). **Feijão**: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas. Viçosa-UFV, 1998. p. 153-180.

CATALDO, D. A.; HAARON, M.; SCHRADER, L. E.; YOUNGS, V. L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue of nitration of salicylic acid. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 6, p. 71-90, 1975.

CHAGAS, J. M.; BRAGA, J. M.; VIEIRA, C. et al. Feijão. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 306-307.

COMETTI, N. N.; MATIAS, G. C. S.; ZONTA, E.; MARY, W.; FERNANDES, M. S. Compostos nitrogenados e açúcares solúveis em tecidos de alface orgânica, hidropônica e convencional. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 4, p. 748-753, out./dez. 2004.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; SILVA, L. M.; LEMOS, L. B. Aplicação de enxofre em cobertura no feijoeiro em sistema de plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.3, p.459-465, 2006.

CRUZ, C. D. **Programa genes**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, MG: UFV, 1997. 442p.

EICHELBERGER, K. D.; LAMBERT, R. J.; BELOW, F. E.; HAGEMAN, R. H. Divergent phenotypic recurrent selection for nitrate reductase activity in maize. I. Selection and correlated responses. **Crop Science**, v. 29, p. 1393-1397, 1989.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA.. Embrapa Solos, Embrapa Informática Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para transferência de tecnologia, 1999. 370p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas**: princípios e perspectivas. Londrina: Planta, 2006. 403p.

FAGERIA, N. K.; SOUZA, N. P. Respostas das culturas de arroz e feijão em sucessão a adubação em solo de Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 30, n. 3, p. 359-368, mar. 1995.

FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, p. 6-16, 1998.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Improvising nutrient use efficiency of annual crops in Brazilian acid soils for sustainable crop production. **Commun. Soil Science Plant Anal.**, v.32, n. 7/8, p. 1303-1319, 2001.

FANCELLI, A. L. **Tecnologia para a produção do feijoeiro**. Piracicaba: SEBRAE, 1994. 154 p.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 182 p.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B.; PENÁRIO, F. G.; EGÉA, M. M.; GASPAROTO, M. G. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 307-312, fev. 2006.

FERNANDES, M. S. N-carriers, light and temperature influences on the free amino acid pool composition of rice plants. **Turrialba**, v. 33, n. 3, p. 297-301, 1983.

FERNANDES, M. S. N-carriers light and temperature influences na uptake and assimilation of nitrogen by rice seedlings. **Turrialba**, v. 34, n. 1, p. 9-18, 1984.

FERNANDES, M. S. Efeitos de fontes e níveis de nitrogênio sobre a absorção e assimilação de N em arroz. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 2, n. 1, p. 1-6, 1990.

FERREIRA, A. C. B.; ANDRADE, M. J. B.; ARAÚJO, G. A. A. Nutrição e adubação do feijoeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 223, p. 61-72, 2004.

FERREIRA, D. F. **SISVAR**: versão 4.6. Lavras: DEX/UFLA, 2003. Software.

FERREIRA, A. C. B.; PAULA Jr., T. J.; CHAGAS, J. M.; CARNEIRO, J. E. S. **Produção de feijão em Minas Gerais**: recomendações técnicas. Belo Horizonte, 2005. 32p. (EPAMIG. Boletim Técnico, 74).

FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2001. 122 p.

FRANCO, A. A.; NEVES, M. C. P. Fatores limitantes à fixação biológica de nitrogênio. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. (Coord.). **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 219-230.

FRANCO, A. A. Nutrição nitrogenada na cultura do feijoeiro. **Informações Agrônomicas**, n.70, p. 4-5, dez. 1995.

FREED, R. D. **MSTAT-C**: a software program for the design, management and analysis of agronomic research experiments. East Lansing: Michigan State University, 1991. Software.

FURTINI, I. V.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; FURTINI NETO, A. E. Resposta diferencial de linhagens de feijoeiro ao nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 6, p. 1696-1700, nov./dez. 2006.

FURTINI NETO, A. E. **Efeito do enxofre no crescimento e assimilação de nitrogênio por diferentes espécies de eucalipto**. 1988. 95p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

GOH, K. M.; HAYNES, R. J. Nitrogen and agronomic practice. In: HAYNES, R. J. (Ed.). **Mineral nitrogen in the plant-soil system**. Flórida: Academic, 1986. p. 379-468.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1990. 460p.

GUAZZELLI, E. M. F. M. **Efeito de nitrato e amônio no crescimento, assimilação e eficiência de utilização do nitrogênio por cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) na fase inicial de crescimento**. 1988. 112p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)-Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

GUERRA, A. F.; SILVA, D. B.; RODRIGUES, G. C. Manejo de irrigação e fertilização nitrogenada para o feijoeiro na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 6, p. 1229–1236, jun. 2000.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T.; ARAÚJO, R. S. Fixação biológica do nitrogênio em feijoeiro. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. (Ed). **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. p.189-294.

IMSANDE, J.; TOURAINÉ, B. N. Demand and regulation of nitrate uptake. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 105, p. 3-7, 1994.

JARREL, W. M.; BEVERLY, R. B. The dilution effect in plant nutrition studies. **Advances in Agronomy**, v. 34, p.197-224, 1981.

JASMIM, J. M.; MONNERAT, P. H.; ROSA, R. C. C. Efeito da omissão de N, Ni, Mo, Co e S sobre os teores de N e S em feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 967-975, 2002.

KIKUTI, H. **Resposta do feijoeiro (cv. BRS-MG Talismã) a doses de nitrogênio e fósforo.** 2004. 124p. Tese (Doutorado em Agricultura) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

KIKUTI, H.; ANDRADE, M. J. B.; CARVALHO, J. G.; MORAIS, A. R. Teores de macronutrientes na parte aérea do feijoeiro em função de doses de nitrogênio e fósforo. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 2, p. 347-354, 2006.

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B. Eficiência no uso do nitrogênio por cultivares de aveia branca de acordo com a adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 1033-1038, 2003.

LEA, P. J. Nitrogen metabolism. In: LEA, P. J.; LEEGOOD, R. C. **Plant biochemistry and molecular biology.** Chichester: J. Wiley, 1997. Chapt. 7, p. 155-180.

LIMA, A. L. S.; ZANELLA, F.; SCHIAVINATO, M. A.; HADDAD, C. R. B. Nitrogenous compounds, phenolic compounds and morphological aspects of leaves: comparison of deciduous and semideciduous arboreal legumes. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 63, n. 1, p. 40-45, jan./fev. 2006.

LOPES, A. S. **Manual de fertilidade do solo.** São Paulo: ANDA/POTAFOS, 1989. 153 p.

MAGALHÃES, J. R.; MACHADO, A. T.; FERNANDES, M. S.; SILVEIRA, J. A. G. Nitrogen assimilation efficiency in maize genotypes under ammonia stress. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 5, n. 2, p. 163-166, 1993.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1976. 528p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** Piracicaba: POTAFOS, 1997. 210p.

MAGALHÃES, J. R.; MACHADO, A. T.; FERNANDES, M. S.; SILVEIRA, J. A. G. Nitrogen assimilation efficiency in maize genotypes under ammonia stress. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.5, n.2, p.163-166, 1993.

- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition in higher plants**. London: Academic, 1995. 889 p.
- MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 143-168.
- MAYNARD, D. N.; BARKER, A. V.; MINOTTI, P. L.; PECK, N. H. Nitrate accumulation in vegetables. **Advances in Agronomy**, v. 28, p. 71-118, 1976.
- MEIRA, F. A.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; ARF, O. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado cultivado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 4, p. 383-388, abr. 2005.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. Berna: Internacional Potash Institute, 1982. 655p.
- MIDDLETON, K. R.; SMITH, G. G. A comparison of ammoniacal and nitrate nutrition of perennial ryegrass through a thermodynamic model. **Plant and Soil**, v. 53, p. 487-504, 1979.
- MOLL, R. H.; KAMPRATH, E. J.; JACKSON, W. A. Development of nitrogen-efficient protilic hybrids of mayze. **Crop Science**, v. 27, p. 181-186, 1987.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002. 626 p.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2006. 729p.
- OLIVEIRA, I. P.; THUNG, M.; KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; CARVALHO, J. R. P. Avaliação de cultivares de feijão quanto à eficiência no uso de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 22, n.1, p. 39-45, jan. 1987.
- OLIVEIRA, I. P.; ARAÚJO, R. S.; DUTRA, L. G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 169-221.

OLIVEIRA, I. P.; THUNG, M. D. T. Nutrição mineral. In: ZIMMERMANN, M. J. O; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do feijoeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1988. p.175-212.

PERES, J. R. R.; SUHET, A. R.; VARGAS, M. A. T. Fixação do N₂ em leguminosas cultivadas em solos de Cerrados. In: CARDOSO, E. J. B. N. et al. (Ed.). **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 213-218.

PERES, J. R. R.; SUHET, A. R.; MENDES, I. C.; VARGAS, M. A. T. Efeito de inoculação com rizóbio e da adubação nitrogenada em sete cultivares de feijão em solo de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, n.3, p. 415-420, 1994.

PORTES, T. A. Ecofisiologia. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. p.101-137.

RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, Potafos, 1991. 343 p.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. **Como obter sucesso na cultura do feijoeiro no Estado de Minas Gerais**. Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. 7p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 50).

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. 2.ed. rev. e atual. Lavras: UFLA, 2005. 322p.

RAPASSI, R. M. A.; SÁ, M. E.; TARSITANO, M. A. A.; CARVALHO, M. A. C.; PROENÇA, E. R.; NEVES, C. M. T. C.; COLOMBO, E. C. M. Análise econômica comparativa após um ano de cultivo do feijoeiro irrigado, no inverno, em sistemas de plantio convencional e direto, com diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 397-404, 2003.

RENA, A. B.; MASCIOTTI, G. Z. Efeito do déficit hídrico sobre o metabolismo do nitrogênio e o crescimento de quatro cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) **Revista Ceres**, v. 23, n. 128, p. 288-301, 1976.

RODRIGUES, J. R. M. **Resposta do feijoeiro (cvs Carioca e Pérola) a doses de nitrogênio e fósforo.** 2001. 124p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

RODRIGUES, J. R. M.; ANDRADE, M. J. B.; CARAVLHO, J. G.; MORAIS, A. R.; REZENDE, P. M. Populações de plantas e rendimento de grãos do feijoeiro em função de doses de nitrogênio e fósforo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 6, p. 1218-1227, nov./dez. 2002.

ROSOLEM, C.; MARUBAYASHI, O. M. Seja doutor do seu feijoeiro. **Informações Agronômicas**, n.7, 18 p, dez. 1994. (Encarte, 68).

SALGADO, L. T.; VIEIRA, R. F. Macronutrientes na cultura do feijão. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 178, p. 9-11, 1994.

SANTI, A. L.; DUTRA, L. M. C.; MARTIN, T. N.; BONADIMAN, R.; BELLE, G. L.; FLORA, L. P. D.; JAUER, A. Adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro em plantio convencional. **Ciência Rural**, v. 36, n. 4, jul./ago. 2006.

SANTOS, A. B.; FAGERIA, N. K.; SILVA, O. F.; MELO, M. L. B. Resposta do feijoeiro ao manejo de nitrogênio em várzeas tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 11, p. 1265-1271, nov. 2003.

SAWAZAKI, H. E.; SODEK, L.; TEIXEIRA, J. P. F. Transporte de compostos nitrogenados em soja cultivada com diferentes fontes de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v.46, n.2, p. 291-302, 1987.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v. 30, p. 507-512, Sept. 1974.

SILVEIRA, J. S. M.; SANT'ANNA, R. Efeitos de nitrato e do amônio no crescimento e fracionamento do N em capim-colonião. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 135-143, fev. 1988.

SILVEIRA, P. M.; DAMASCENO, M. A. Doses e parcelamento de K e de N na cultura do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 11, p. 1269-1276, nov. 1993.

SILVEIRA, P. M.; BRAZ, A. J. B. P.; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, J. P. Adubação nitrogenada no feijoeiro cultivado sob plantio direto em sucessão de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 4, p. 377-381, abr. 2005.

- SORATTO, R. P.; CARVALHO, M. A.; ARF, O. Teor de clorofila e produtividade do feijoeiro em razão da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 9, p. 895-901, set. 2004a.
- SORATTO, R. P.; LIMA, E. V.; SILVA, T. R. B.; BOARO, C. S. F.; CATANEO, A. C. Nitrogen fertilization of fall panicum cultivars (*Panicum dichotomiflorum* Michx): biochemical and agronomical aspects. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 61, n. 1, p. 82-87, jan./fev. 2004b.
- SORATTO, R. P.; ALVAREZ, A. C. C.; ARF, O. Fontes e níveis de nitrogênio para o feijoeiro cultivado em sucessão à soja em plantio direto. **Revista de Agricultura**, p. 259-270, 2006.
- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Adubação com nitrogênio**. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.129-145.
- SOUZA, S. R.; FERNADES, M. S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: SBCS, 2006. p. 215-252.
- STANCHEVA, I.; MITOVA, I.; PETKOVA, Z. Effects of different nitrogen fertilizer sources on the yield, nitrate content and other physiological parameters in garden beans. **Environmental and Experimental Botany**, v. 52, p. 277-282, 2004.
- SUHET, A. R.; PERES, J. R. R.; VARGAS, M. A. T. **Nitrogênio**. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos do cerrado: tecnologias e estratégias de manejo**. São Paulo: Nobel. Brasília: EMBRAPA/CPAC, 1985. p.167-202.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.
- TEIXEIRA, C. M. **Diferentes palhadas e doses de nitrogênio no plantio direto do feijoeiro**. 2004. 89p. Dissertação (Mestrado em Agricultura)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- THOMAS, A. L.; SODEK, L. Amino acid and ureide transport in the xylem of symbiotic soybean plants during short-term flooding of the root system in the presence of different sources of nitrogen. **Braz. Journal Plant Physiol.**, v. 18, n. 2, p. 333-339, 2006.

TOMÉ Jr., J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247p.

VALÉRIO, C. R. **Resposta do feijoeiro comum ao nitrogênio no plantio, em cobertura e em diferentes safras**. 2002. 62 p. Tese (Doutorado em Agricultura)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

VALÉRIO, C. R.; ANDRADE, M. J. B.; FERREIRA, D. F.; REZENDE, P. M. Resposta do feijoeiro comum a doses de nitrogênio no plantio e em cobertura. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, p. 1560-1568, dez. 2003. Edição Especial.

VARGAS, A. A. T.; SILVEIRA, J. S. M.; ATHAYDE, J. T.; ATHAYDE, A.; PACOVA, B. E. V. Comparação entre genótipos de feijão quanto à capacidade nodulante e à produtividade com inoculação com rizóbios e/ou adubação de N-mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, p. 267-272, 1991.

VIEIRA, C. **Cultura do feijão**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 1983. p. 39-54.

VITÓRIA, A. P.; SODEK, L. Xylem sap nitrogen compounds of some *Crotalaria* species. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 3, p. 733-737, July 1999.

YAN, X.; LYNCH, J. P.; BEEBE, S. E. Genetic variation for phosphorus efficiency of common bean in contrasting soil types. I. vegetative response. **Crop Science**, v. 35, p. 1086-1093, 1995a.

YAN, X.; LYNCH, J. P.; BEEBE, S. E. Genetic variation for phosphorus efficiency of common bean in contrasting soil types. II. Yield response. **Crop Science**, v. 35, p. 1094-1099, 1995b.

ANEXOS

Tabela		Página
1A	Resumo (quadrados médios) da análise da variância individual (Ijaci-MG) dos dados relativos à produção de grãos (kg ha^{-1}), e aos teores (g kg^{-1}) de Ntotal grãos (Ntotgrão), N total (Ntotfoliar), Nitrato, N-solúvel, N-orgânico solúvel (Norgsol) e N insolúvel nas folhas das linhagens de feijoeiro, submetidas a doses de N na fonte sulfato de amônio.....	74
2A	Resumo (quadrados médios) da análise da variância individual (Ijaci-MG) dos dados relativos à produção de grãos (kg ha^{-1}), e aos teores (g kg^{-1}) de Ntotal grãos (Ntotgrão), N total (Ntotfoliar), Nitrato, N-solúvel, N-orgânico solúvel (Norgsol) e N insolúvel nas folhas das linhagens de feijoeiro, submetidas a doses de N na fonte uréia.....	76
3A	Resumo (quadrados médios) da análise da variância individual (Patos de Minas-MG) dos dados relativos à produção de grãos (Prod. Grãos) (kg ha^{-1}), e aos teores (g kg^{-1}) de Ntotal grãos (Ntotgr), N total (Ntotfol), Nitrato (Nitr), N-solúvel (Nsol), N-orgânico solúvel (Norgsol) e N insolúvel (Ninsol) nas folhas das linhagens de feijoeiro, submetidas a doses de N na fonte sulfato de amônio.....	77
4A	Resumo (quadrados médios) da análise da variância individual (Patos de Minas-MG) dos dados relativos à produção de grãos (kg ha^{-1}), e aos teores (g kg^{-1}) de Ntotal grãos (Ntotgrão), N total (Ntotfol), Nitrato, N-solúvel, N-orgânico solúvel (Norgsol) e N insolúvel nas folhas das linhagens de feijoeiro, submetidas a doses de N na fonte uréia.	78
5A	Resumo (quadrados médios) da análise da variância conjunta dos locais (Ijaci-MG e Patos de Minas-MG) dos dados relativos à produtividade de grãos (kg ha^{-1}), teores (g kg^{-1}) de nitrogênio total grãos (Ntotgrãos), nitrogênio total nas folhas (Ntotfol), Nitrato, N-solúvel, N-orgânico solúvel (Norgs) e N insolúvel nas folhas das linhagens de feijoeiro, submetidas a doses e fontes de nitrogênio.....	80

ANEXOS

TABELA 1A Resumo (quadrados médios) da análise da variância individual (Ijaci-MG) dos dados relativos à produção de grãos (kg ha⁻¹), e aos teores (g kg⁻¹) de Ntotal grãos (Ntotgrão), N total (Ntotfoliar), Nitrato, N-solúvel, N-orgânico solúvel (Norgsol) e N insolúvel nas folhas das linhagens de feijoeiro, submetidas a doses de N na fonte sulfato de amônio.

FV	QM						
	0 kg ha ⁻¹ de N						
	Produção grãos	Ntotgrão	Ntotfoliar	Nitrato	Nsolúvel	Norg sol	Ninsolúvel
Repetição	331391,08 ^{ns}	6,08 ^{**}	60,77 ^{ns}	0,010 ^{ns}	2,25 ^{ns}	2,32 ^{ns}	9,80 ^{ns}
Cultivares	674021,79 ^{**}	16,83 ^{**}	26,55 ^{ns}	0,232 ^{**}	0,75 ^{**}	0,828 ^{**}	34,90 ^{**}
Erro	100098,26	3,41	21,50	0,020	0,277	0,293	9,81
Média	2126,35	37,08	43,02	0,753	6,00	5,28	36,84
CV(%)	14,87	4,98	10,77	18,68	8,75	10,24	8,50
	60 kg ha ⁻¹ de N						
Repetição	329086,33 ^{ns}	6,89	3,15 ^{ns}	0,011 ^{ns}	1,82 ^{ns}	1,69 ^{ns}	2,39 ^{ns}
Cultivares	280679,01 ^{**}	12,63 [*]	18,31 ^{ns}	0,272 ^{**}	0,54 ^{ns}	0,75 ^{ns}	31,33 ^{**}
Erro	97491,48	4,46	16,84	0,012	0,44	0,42	7,82
Média	2892,23	35,04	43,40	0,845	7,09	6,25	37,11
CV(%)	10,79	6,02	9,45	13,11	9,35	10,33	7,53
	120 kg ha ⁻¹ de N						
Repetição	807989,14 ^{ns}	43,89	15,01 ^{ns}	0,048 ^{ns}	0,653 ^{ns}	0,836 ^{ns}	10,41 ^{ns}
Cultivares	663363,01 ^{**}	7,58 ^{ns}	22,57 ^{ns}	0,357 ^{**}	1,17 ^{**}	1,16 ^{**}	31,14 ^{ns}

Continuação...

TABELA 1A Cont.

Erro	126790,34	4,88	22,08	0,047	0,354	0,388	15,10
Média	3278,45	35,39	46,79	1,33	7,39	6,06	39,94
CV (%)	10,86	6,24	10,04	16,20	8,04	10,26	9,72
240 kg ha ⁻¹ de N							
Repetição	208572,02 ^{ns}	5,14	65,79 ^{ns}	0,070 ^{ns}	0,103 ^{ns}	0,087 ^{ns}	71,09 ^{ns}
Cultivares	1328797,06 ^{**}	21,79 ^{**}	17,12 ^{ns}	1,50 ^{**}	0,452 ^{ns}	1,96 ^{**}	14,82 ^{ns}
Erro	247124,14	7,65	15,62	0,198	0,253	0,338	14,25
Média	3141,95	40,97	52,76	2,22	7,60	5,33	45,16
CV (%)	15,82	6,75	7,49	20,02	6,61	10,90	8,36

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

^{ns} não significativo

TABELA 2A Resumo (quadrados médios) da análise da variância individual (Ijaci-MG) dos dados relativos à produção de grãos (kg ha⁻¹), e aos teores (g kg⁻¹) de Ntotal grãos (Ntotgrão), N total (Ntotfoliar), Nitrato, N-solúvel, N-orgânico solúvel (Norgsol) e N insolúvel nas folhas das linhagens de feijoeiro, submetidas a doses de N na fonte uréia.

FV	QM						
	0 kg ha ⁻¹ de N						
	Produção grãos	Ntotgrão	Ntotfoliar	Nitrato	Nsolúvel	Norgsol	Ninsolúvel
Repetição	331391,08 ^{ns}	6,08	60,77 ^{ns}	0,010 ^{ns}	2,25 ^{ns}	2,32 ^{ns}	9,80 ^{ns}
Cultivares	674021,79 ^{**}	16,83 ^{**}	26,55 ^{ns}	0,232 ^{**}	0,75 ^{**}	0,828 ^{**}	34,90 ^{**}
Erro	100098,26	3,41	21,50	0,020	0,277	0,293	9,81
Média	2126,35	37,08	43,02	0,753	6,00	5,28	36,84
CV(%)	14,87	4,98	10,77	18,68	8,75	10,24	8,50
60 kg ha ⁻¹ de N							
Repetição	302473,14 ^{ns}	17,03	9,14 ^{ns}	0,166 ^{ns}	1,25 ^{ns}	1,35 ^{ns}	4,14 ^{ns}
Cultivares	591900,69 [*]	12,83 ^{**}	39,77 ^{ns}	0,042 ^{ns}	1,47 ^{**}	1,48 ^{**}	30,04 ^{ns}
Erro	53986,92	4,50	26,43	0,028	0,399	0,361	18,97
Média	2809,47	35,56	44,95	0,936	6,57	5,63	38,68
CV (%)	8,27	5,96	11,43	17,83	9,61	10,66	11,26
120 kg ha ⁻¹ de N							
Repetição	794980,08 ^{ns}	2,43	9,25 ^{ns}	0,011 ^{ns}	1,39 ^{ns}	1,62 ^{ns}	15,69 ^{ns}
Cultivares	546714,54 ^{**}	12,44 ^{**}	41,72 ^{ns}	0,070 [*]	1,14 [*]	0,941 ^{ns}	43,74 ^{**}
Erro	134938,66	3,69	24,46	0,030	0,468	0,465	13,91
Média	2929,20	35,31	48,12	0,986	7,50	6,52	41,15
CV (%)	12,54	5,44	10,27	17,47	9,11	10,44	9,06
240 kg ha ⁻¹ de N							
Repetição	40493,39 ^{ns}	28,14	200,25 ^{ns}	0,295 ^{ns}	1,54 ^{ns}	0,603 ^{ns}	54,28 ^{ns}
Cultivares	1078286,51 ^{**}	16,26 [*]	26,41 ^{ns}	0,404 ^{**}	0,727 ^{**}	0,671 ^{ns}	40,48 ^{**}
Erro	70189,35	6,62	14,74	0,144	0,216	0,571	12,69
Média	2837,02	40,97	50,11	1,89	7,83	5,95	42,67
CV (%)	9,33	6,27	7,66	20,04	5,93	12,07	8,34

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

^{ns} não significativo

TABELA 3A Resumo (quadrados médios) da análise da variância individual (Patos de Minas-MG) dos dados relativos à produção de grãos (Prod. Grãos) (kg ha^{-1}), e aos teores (g kg^{-1}) de Ntotal grãos (Ntotgr), N total (Ntotfol), Nitrato (Nitr), N-solúvel (Nsol), N-orgânico solúvel (Norgsol) e N insolúvel (Ninsol) nas folhas das linhagens de feijoeiro, submetidas a doses de N na fonte sulfato de amônio.

0 kg ha^{-1} de N							
FV	QM						
	Prod. grãos	Ntotgr	Ntotfol	Nitr	Nsol	Norgsol	Ninsol
Repetição	2513,02 ^{ns}	7,98	1,99 ^{ns}	0,020 ^{ns}	0,803 ^{ns}	0,157 ^{ns}	0,085 ^{ns}
Cultivares	22842,38 ^{ns}	13,41 ^{ns}	11,25*	0,017 ^{ns}	0,190 ^{ns}	0,355**	11,968**
Erro	14753,08	6,93	4,28	0,009	0,107	0,042	2,96
Média	198,95	31,47	19,08	0,950	2,40	1,41	16,55
CV(%)	61,04	8,36	10,84	10,02	13,60	14,54	10,39
60 kg ha^{-1} de N							
Repetição	71927,08 ^{ns}	4,77	0,444 ^{ns}	0,018 ^{ns}	0,227 ^{ns}	0,221 ^{ns}	0,031 ^{ns}
Cultivares	35176,74 ^{ns}	12,73**	4,30*	0,046*	0,167*	0,191**	3,29 ^{ns}
Erro	30345,07	2,82	1,97	0,007	0,057	0,057	1,72
Média	986,45	27,77	15,00	0,987	2,21	1,26	12,87
CV(%)	17,65	6,05	9,35	8,35	10,83	18,93	10,19
120 kg ha^{-1} de N							
Repetição	208153,52 ^{ns}	2,89	0,567 ^{ns}	0,019 ^{ns}	0,336 ^{ns}	0,190 ^{ns}	1,08 ^{ns}
Cultivares	114076,33 ^{ns}	15,22**	5,56 ^{ns}	0,129**	0,208 ^{ns}	0,485**	5,93 ^{ns}
Erro	106927,93	2,42	6,64	0,010	0,154	0,063	4,46
Média	1540,89	26,97	17,72	1,01	2,40	1,32	15,07
CV(%)	21,22	5,77	14,54	10,07	16,27	18,98	14,00
240 kg ha^{-1} de N							
Repetição	250013,02 ^{ns}	2,01	55,89 ^{ns}	0,013 ^{ns}	0,616 ^{ns}	0,182 ^{ns}	27,60 ^{ns}
Cultivares	242175,77*	7,79*	30,25**	0,460**	0,475*	1,04**	21,67**
Erro	114649,77	3,02	9,91	0,042	0,171	0,148	6,43
Média	2490,91	30,27	24,58	1,43	3,35	1,96	21,70
CV(%)	13,59	5,74	12,80	14,33	12,29	19,63	11,68

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

^{ns} não significativo

TABELA 4A Resumo (quadrados médios) da análise da variância individual (Patos de Minas-MG) dos dados relativos à produção de grãos (kg ha^{-1}), e aos teores (g kg^{-1}) de Ntotal grãos (Ntotgrão), N total (Ntotfol), Nitrato, N-solúvel, N-orgânico solúvel (Norgsol) e N insolúvel nas folhas das linhagens de feijoeiro, submetidas a doses de N na fonte uréia.

FV	0 kg ha^{-1} de N						
	QM						
	Produção grãos	Ntotgrão	Ntotfol	Nitrato	Nsolúvel	Norg sol	Ninsolúvel
Repetição	2513,02 ^{ns}	7,98	1,99 ^{ns}	0,020 ^{ns}	0,803 ^{ns}	0,157 ^{ns}	0,085 ^{ns}
Cultivares	22842,38 ^{ns}	13,41 ^{ns}	11,25*	0,017 ^{ns}	0,190 ^{ns}	0,355**	11,968**
Erro	14753,08	6,93	4,28	0,009	0,107	0,042	2,96
Média	198,95	31,47	19,08	0,950	2,40	1,41	16,55
CV(%)	61,04	8,36	10,84	10,02	13,60	14,54	10,39
	60 kg ha^{-1} de N						
Repetição	107293,89 ^{ns}	10,39	7,84 ^{ns}	0,020 ^{ns}	0,081 ^{ns}	0,043 ^{ns}	3,46 ^{ns}
Cultivares	111927,10**	8,57**	4,44 ^{ns}	0,023 ^{ns}	0,083 ^{ns}	0,140*	4,75 ^{ns}
Erro	31656,11	3,35	2,94	0,015	0,089	0,058	2,37
Média	975,29	30,04	15,27	0,899	2,28	1,34	13,12
CV (%)	18,24	6,09	11,23	13,72	13,05	17,93	11,73
	120 kg ha^{-1} de N						
Repetição	7,84 ^{ns}	19,75	14,54 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,036 ^{ns}	0,032 ^{ns}	5,89 ^{ns}
Cultivares	4,44 ^{ns}	14,74**	9,27 ^{ns}	0,034 ^{ns}	0,202 ^{ns}	0,191**	4,46 ^{ns}
Erro	2,94	5,19	10,39	0,019	0,108	0,065	5,15
Média	15,27	29,00	17,55	0,938	2,55	1,62	14,68

Continuação...

TABELA 4A Cont.

CV (%)	11,23	7,85	18,36	14,53	12,85	15,73	15,45
	240 kg ha ⁻¹ de N						
Repetição	93450,52 ^{ns}	47,31	110,30 ^{ns}	0,003 ^{ns}	1,71 ^{ns}	0,475 ^{ns}	8,55 ^{ns}
Cultivares	260778,19*	9,38 ^{ns}	18,44 ^{ns}	0,185**	0,154 ^{ns}	0,473*	41,36**
Erro	95437,84	8,31	9,39	0,016	0,277	0,223	4,29
Média	2405,72	31,93	23,58	0,959	3,59	2,75	20,24
CV (%)	12,84	9,02	12,99	13,03	14,63	17,11	10,23

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

^{ns} não significativo

TABELA 5A Resumo (quadrados médios) da análise da variância conjunta dos locais (Ijaci-MG e Patos de Minas-MG) dos dados relativos à produtividade de grãos (kg ha^{-1}), teores (g kg^{-1}) de nitrogênio total grãos (Ntotgrãos), nitrogênio total nas folhas (Ntotfol), Nitrato, N-solúvel, N-orgânico solúvel (Norgs) e N insolúvel nas folhas das linhagens de feijoeiro, submetidas a doses e fontes de nitrogênio.

FV	QM						
	Produção grãos	Ntotgrãos	Ntotfol	Nitrato	Nsolúvel	Norgs	N insolúvel
Locais (L)	330981089,10**	9587,97**	132188,88**	10,93**	3336,14**	2959,18**	95996,76**
Cultivares (C)	1104987,77**	90,39**	58,45**	0,279**	2,96**	2,20**	53,64**
L x C	1052481,44**	15,51**	43,69**	0,426**	1,51**	1,72**	51,07**
Doses (D)	29297412,64**	413,65**	1186,56**	12,31**	9,49**	10,14**	900,44**
Testemunha vs resto	110831893,70**	83,16**	423,82**	10,18**	28,48**	19,62**	277,83**
SA vs Uréia (UR)	2452568,98**	163,83**	1,68**	5,93**	0,29**	10,81**	6,73 ^{ns}
Entre doses SA	18495242,48**	600,70**	2244,58**	21,30**	17,29**	0,32**	207,21**
Entre doses UR	12754721,90**	516,81**	1102,239**	7,59**	39,86**	18,92**	87,24**
L x D	9358254,98**	89,72**	117,798**	4,80**	6,28**	12,97**	11,86**
C x D	297403,15**	5,82 ^{ns}	15,62**	0,27**	0,31**	0,62**	2,34 ^{ns}
L x C x D	349204,98**	6,90*	13,35**	0,24**	0,22**	0,50**	1,78 ^{ns}
Erro médio	89850,98	4,93	13,39	0,048	0,233	0,23	8,69
Média	2157,44	33,41	33,00	1,15	4,92	3,76	28,27
CV (%)	15,81	4,54	6,39	24,57	5,62	10,87	8,04

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

^{ns} não significativo.

** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

SA = sulfato de amônio; UR = uréia.