

**ESTRATÉGIAS DE SELEÇÃO DE LINHAGENS
DE FEIJOEIRO EFICIENTES NO USO DE
NITROGÊNIO**

FABIANO JOSÉ DO LAGO

2007

FABIANO JOSÉ DO LAGO

**ESTRATÉGIAS DE SELEÇÃO DE LINHAGENS DE FEIJOEIRO
EFICIENTES NO USO DE NITROGÊNIO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Solos e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de “Mestre”.

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**

Lago, Fabiano José do

Estratégias de seleção de linhagens de feijoeiro eficientes no uso de nitrogênio / Fabiano José do Lago. -- Lavras : UFLA, 2004.

65 p. : il.

Orientador: Antônio Eduardo Furtini Neto.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Feijão. 2. Seleção. 3. Eficiência nutricional. 4. Frações de nitrogênio. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-635.652894

FABIANO JOSÉ DO LAGO

**ESTRATÉGIAS DE SELEÇÃO DE LINHAGENS DE FEIJOEIRO
EFICIENTES NO USO DE NITROGÊNIO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Solos e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 2 de março de 2007.

Prof. Dr. Magno Antônio Pato Ramalho - UFLA

Pesq. Dr. Antônio Marcos Coelho - EMBRAPA

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

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL**

A Deus, por seu amor incondicional, pela sua presença ao longo da minha caminhada e por ter me concedido a sabedoria para gozar dos momentos alegres e superar os momentos de dificuldades.

OFEREÇO

“A coisa mais bela que podemos experimentar é o mistério. Essa é a fonte de toda a arte e ciências verdadeiras”

Albert Einstein

Aos meus pais, Jayme e Maria Ilda, pela minha formação, por todo o amor e apoio em todas as etapas da minha vida; aos meus irmãos Gilmar, Elaine e Eliane, por compartilharem as alegrias e tristezas e pela compreensão e incentivo constante ao longo desta jornada.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade única...

à Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciência do Solo, pelo importante treinamento durante a realização do curso e ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Dr. Antonio Eduardo Furtini Neto, pela orientação, incentivo e confiança.

Ao professor Dr. Magno Pato Ramalho pela co-orientação, disponibilidade, contribuições e pela oportunidade de desenvolver o trabalho em conjunto.

Ao professor Dr. Antonio Marcos Coelho pela participação na banca e pertinentes sugestões.

A Ivana pela dedicação, amor e companheirismo e também pelo auxílio em todos os momentos.

Aos queridos Dirceu, Fabiana e Stenio e os meus sobrinhos Flávia, Alef, Stela e Henrique, pela ternura, paz e alegria contagiante.

Aos amigos Leônidas, Patrícia, Carlos e Fabiana, pela amizade, convívio intenso e por compartilharem dos momentos felizes e também pela força nas horas difíceis.

Aos amigos Wellington, Izaias, George (Japinha), Nicolau, Paulo e Plínio, pela enorme amizade e companheirismo durante vários anos.;

A Isabela, pelas contribuições e o grande apoio na realização deste trabalho.

Aos professores Mozart Ferreira, Carlos Alberto, Luis Edson, João José, Vicente Gualberto, Nilton Curi, Fátima, Janice Guedes e Faquin, pelos ensinamentos e discussões que fundamentaram a minha formação profissional.

Aos amigos do departamento, Amauri, Tácio, Sandro, Geila, Gigi Leilson, César, Leandro, Zilton, Bruno, Ricardo, Xandão, enfim a todos os colegas do curso pelo aprendizado e o prazeroso convívio.

Aos bolsistas da iniciação científica, Vinícius, Rita e Tales, pela valiosa ajuda.

Aos funcionários e aos laboratoristas do Departamento de Ciência do Solo que colaboraram com o nosso trabalho, em especial ao Pezão, Roberto, Emerson e Daniela, pela ajuda e experiência transmitidas.

Aos primos e grandes amigos José Maria, José Carlos, Vanderlei e Francisco, pelos anos de sociedade e por terem sido referências na minha formação pessoal

A todos os meus familiares, que sempre me apoiaram e torceram para que eu tivesse sucesso.

E a todos os que contribuíram, de alguma forma, na minha caminhada e, em especial, para a realização deste trabalho.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	i
ABSTRACT	iii
1 Introdução	01
2 Referencial teórico	04
2.1 Exigência nutricional do feijoeiro.....	04
2.2 Nitrogênio no solo	05
2.2.1 Fixação biológica de nitrogênio.....	06
2.3 Nitrogênio na planta	07
2.4 Resposta do feijoeiro à adubação nitrogenada	09
2.5 Eficiência do uso de nitrogênio (EUN).....	10
2.5.1 Conceitos de eficiência de uso do nitrogênio	11
2.5.2 Critérios auxiliares para a seleção de genótipos eficientes no uso de nitrogênio.....	13
2.5.3 Estudo das frações de nitrogênio na planta	14
2.6 Resposta diferencial de genótipos de feijoeiro à adubação nitrogenada	16
3 Materiais e métodos	19
4 Resultado e discussão.....	24
4.1 Estudo conjunto dos três locais.....	24
4.1.1 Produtividade de grãos.....	26
4.1.2 Frações de nitrogênio na planta.....	28
4.1.3 Eficiência de uso de nitrogênio	31
4.2 Estudo por local.....	37
4.2.1 Produtividade de grãos.....	37
4.2.2 Frações de nitrogênio na planta.....	39
4.2.3 Eficiência de uso de nitrogênio.....	44
5 Considerações finais.....	46
6 Conclusões	48
7 Referências bibliográficas	49
ANEXOS	58

LISTA DE TABELAS

		Página
TABELA 1	Precipitação e temperatura, nos anos de 2004 e 2005, dos municípios de Lavras, Ijaci e Lambari.....	19
TABELA 2	Análises químicas dos solos amostrados à profundidade de 0 a 20 cm, nas áreas experimentais em Lavras, Lambari e Ijaci.....	20
TABELA 3	Resumo da análise de variância conjunta envolvendo linhagens, locais e níveis de nitrogênio para produtividade de grãos (kg ha^{-1}) e teores (mg g^{-1}) de nitrogênio total na folha e no grão, nitrato na folha, nitrogênio solúvel, nitrogênio insolúvel e nitrogênio orgânico solúvel, obtidos na avaliação de linhagens de feijão.....	25
TABELA 4	Produtividade média de grãos das linhagens cultivadas na ausência e na presença de N, nos municípios de Lavras, Lambari e Ijaci.....	27
TABELA 5	Teores médios de nitrogênio total na folha e no grão e o nitrato na folha das linhagens cultivadas na ausência e na presença de N, nos municípios de Lavras, Lambari e Ijaci.....	29
TABELA 6	Teores médios de nitrogênio solúvel, insolúvel e orgânico solúvel das linhagens cultivadas na ausência e na presença de N nos municípios de Lavras, Lambari e Ijaci.....	30
TABELA 7	Índices de Eficiência de Uso do Nitrogênio (EUN) – conjunto dos municípios de Lavras, Lambari e Ijaci e Patos de Minas nas safras anteriores (De “inverno” em 2004 e das “águas” em 2004/2005) e de Lavras, Lambari e Ijaci na safra atual (da “seca” em 2005).....	32
TABELA 8	Produtividade média das linhagens de feijoeiro na ausência e na presença de N nos municípios de Lavras, Lambari e Ijaci.....	38

TABELA 9	Teores médios de N-total na folha e N-total no grão das linhagens de feijoeiro na ausência e na presença de N nos municípios de Lavras, Lambari e Ijaci (média de três repetições).....	41
TABELA 10	Teores de N-solúvel e N-insolúvel nas folhas das linhagens de feijoeiro na ausência e na presença de N, nos municípios de Lavras, Lambari e Ijaci (média de três repetições).....	42
TABELA 11	Teores de nitrato e N-orgânico solúvel nas folhas das linhagens de feijoeiro na ausência e na presença de N, nos municípios de Lavras, Lambari e Ijaci (média de três repetições).....	43
TABELA 12	Índices de Eficiência do Uso do Nitrogênio (EUN) dos municípios de Lavras, Lambari e Ijaci.	44

LISTA DE FIGURAS

		Página
FIGURA 1	Relação da produtividade das linhagens entre os ambientes com e sem N.....	33
FIGURA 2	Relação dos teores de N-total na folha das linhagens entre os ambientes com e sem N.....	33
FIGURA 3	Relação dos teores de N-total no grão das linhagens entre os ambientes com e sem N.....	34
FIGURA 4	Relação dos teores de N-solúvel das linhagens entre os ambientes com e sem N.....	34
FIGURA 5	Relação dos teores de N-NO ₃ ⁻ as linhagens entre os ambientes com e sem N.....	35
FIGURA 6	Relação dos teores de N-insolúvel das linhagens entre os ambientes com e sem N.....	35
FIGURA 7	Relação dos teores de N-orgânico solúvel das linhagens entre os ambientes com e sem N.....	36

RESUMO

LAGO, Fabiano José do. **Estratégias de seleção de linhagens de feijoeiro eficientes no uso de nitrogênio.** 2007. 65 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

O desenvolvimento de cultivares de feijoeiro produtivas e adaptadas tanto ao baixo quanto ao alto uso de insumos é essencial para a redução dos custos de produção e sustentabilidade dos diferentes sistemas de cultivos existentes no Brasil. O entendimento de mecanismos que expliquem o comportamento diferencial dessas linhagens em relação à eficiência do uso de N poderia auxiliar no melhoramento genético do feijoeiro, visando à seleção para tais características. Neste contexto foram estudadas doze linhagens de feijoeiro na presença e ausência de N, em três ambientes, com o objetivo de avaliar o efeito das frações nitrogenadas nas folhas dessas linhagens, diferindo na eficiência do uso de nitrogênio. Em cada ambiente, foram realizados dois experimentos distintos, com e sem N, no delineamento de blocos casualizados (DBC), sendo a parcela constituída de uma linha de três metros de comprimento. Foram coletadas de 15 a 20 folhas por parcela, no terço médio da planta, na metade da floração do feijoeiro para a determinação dos teores de N-total (Kjeldahl), de N-solúvel, de N-NO_3^- , de N-orgânico solúvel e de N-insolúvel. Também foi avaliada a produtividade média de grãos e, por meio desta, estimado o índice de eficiência de uso do nitrogênio. Na média dos três ambientes, a produtividade de grãos obtida com N foi 63,7% maior que a obtida sem N. Os teores de nitrato foram maiores sem a aplicação de N, enquanto os teores das demais frações de N e do N-total na folha e no grão foram maiores com aplicação de N. Não se verificou correlação entre os teores de N-total, frações de N nas folhas e a EUN entre as linhagens estudadas.

¹ Comitê orientador: Antônio Eduardo Furtini Neto - UFLA (orientador); Magno Antônio Pato Ramalho- UFLA (co-orientador).

Contudo, nas linhagens ESAL 629 e a MA-I-2.5 houve tendência de que as frações de N e N-total na folha poderiam explicar a maior EUN. Estas linhagens também se destacaram em produtividade de grãos e EUN.

Palavras-chave: eficiência nutricional, frações de nitrogênio, *Phaseolus vulgaris* L.

ABSTRACT

LAGO, Fabiano José do. **Strategies of selection of bean plant lines efficient in nitrogen use.** 2007. 65p. Dissertation (Master in Food Science) – Federal University of Lavras, Lavras, MG.¹

The development of high-yielding bean plant cultivars adapted to both the high and low use of inputs, is essential to the reduction of the production costs and sustainability of the different cropping systems existing in Brazil. The understanding of mechanisms which account for the differential behavior of those lines in relation to efficiency of the use of N could aid in the genetic breeding of the bean plant aiming at the selection for such traits. In this context, 12 bean plant lines were studied in the presence and absence of N in three environments with the objective of evaluating the effect of the nitrogen fraction in the leaves of these lines differing in the efficiency of the nitrogen use. In each environment, two distinct experiments were conducted, with and without N, in the randomized block design (DBC), the plot being made up of a three-meter long row. 15 to 20 leaves per plot were collected from the medium part of the plant at half-blooming of the bean plant for determination of the contents of total N (Kjeldahl), soluble-N, $N-NO_3^-$, soluble organic-N and insoluble N. Also, the average grain yield was evaluated and, by means of that, estimated the index of efficiency of nitrogen use. In the average of the three environments, grain yield obtained from N was 63.7% above the one obtained without N. The nitrate contents were higher without the application of N, while the contents of the other fractions of N and total-N in the leaf and grain were higher with the application of N. No correlation among the contents of total-N, N fractions in the leaves and EUN among the studied lines. However, in the lines ESAL 629 and MA-I-2.5 there

¹ Guidance Committee: Antônio Eduardo Furtini Neto - UFLA (adviser); Magno Antônio Pato Ramalho- UFLA (co-adviser).

was a trend that the fractions of N and total-N in the leaf could account for the highest EUN. These lines also stood out in grain yield and EUN.

Key Words: Nutrient efficiency, fractions of nitrogen, *Phaseolus vulgaris* L.

1 INTRODUÇÃO

A cultura do feijoeiro ocupa um importante lugar na agricultura dos países em desenvolvimento, em especial do Brasil, tendo em vista, principalmente, o grande uso do grão na alimentação humana, com consumo médio de 2.950 mil t/ano ou 16 kg por habitante/ano. É considerada a principal fonte de proteína destes povos (Food and Agriculture Organization, 2000).

O potencial de produtividade do feijoeiro deve ser maximizado como condição para que os países em desenvolvimento alcancem a segurança alimentar, a redução dos custos de produção e a sustentação da produção familiar. Assim sendo, o desenvolvimento de cultivares produtivas adaptadas ao baixo uso de insumos, responsivas e eficientes aos insumos aplicados é essencial para a sustentabilidade destes sistemas de cultivos (Singh, 2001).

No Brasil, a cultura ainda apresenta baixos níveis médios de produtividade e fatores, como cultivares, baixa tecnologia de cultivo, uso reduzido de insumos e ocorrência de pragas e doenças, têm sido citados como limitantes ao seu adequado crescimento e produção. Cultiva-se esse produto em três épocas: a "das águas" (1ª safra), nas regiões Sul e Sudeste; a "da seca" (2ª safra), em todo Brasil e a "de inverno" (3ª safra), cultivada principalmente nos estados de Minas Gerais, São Paulo e Goiás. Apesar da maior parte da produção de feijão ocorrer nas safras das águas e da seca, é na safra de inverno que se obtêm as maiores produtividades, ultrapassando, em duas vezes, a produtividade média obtida nas duas outras safras. Isso se deve ao uso mais intenso de tecnologia, representado por cultivares específicas, irrigação, manejo de solos e controle de pragas e doenças na safra "de inverno", motivado não apenas pela maior estabilidade de mercado e em menores riscos climáticos, mas também pela mudança do perfil do produtor (Nehmi et al., 1999). Em Minas Gerais, o

cultivo de feijão é submetido a uma ampla gama de sistemas de produção. Dos cerca de 295 mil agricultores envolvidos com a cultura, há um grande contingente que praticamente não utiliza as tecnologias disponíveis. No outro extremo estão empresas rurais que realizam o cultivo irrigado e empregam o que há de mais moderno em técnicas de produção.

O feijoeiro é muito exigente em nutrientes, em decorrência, principalmente, do seu sistema radicular reduzido e pouco profundo, além de seu ciclo curto, de 90 a 100 dias (Vieira, 2006). Por isso, os nutrientes devem ser aplicados de forma que fiquem próximos ao sistema radicular da planta, para serem absorvidos no momento em que a planta necessitar deles.

O fornecimento de nutrientes para a cultura é de suma importância, sendo o nitrogênio o elemento mais absorvido. Aproximadamente 50% do N total absorvido é exportado para os grãos e o restante retorna ao solo nos resíduos culturais (Fageria et al., 1995; Oliveira et al., 1996).

Apesar de o feijoeiro apresentar a fixação simbiótica do N, em geral, esta é insuficiente para suprir a demanda da planta pelo nutriente (Alves, 2002; Silva et al., 2002). Por essa razão, na maioria das vezes, é imprescindível a aplicação de nitrogênio nesta cultura para que a produção não seja afetada negativamente. A maximização do uso de N pelo feijoeiro é de grande importância, tanto para os aspectos econômicos quanto para os ambientais, pois este nutriente apresenta riscos ao meio ambiente por ser potencialmente contaminante de lençóis freáticos. Além disso, os fertilizantes nitrogenados são muito caros e produzidos a partir de fontes não renováveis.

Há vários relatos de diferenças entre linhagens e ou cultivares de várias espécies quanto à tolerância a elementos tóxicos e também ao uso de nutrientes dos solos. Com relação ao nitrogênio, a maior parte dos trabalhos tem sido realizada com a cultura do milho. As pesquisas com eficiência do uso de N em feijão são mais escassas, além do mais, a maioria dos trabalhos visando à tolerância

à baixa disponibilidade de N foi realizada sob condições de solução nutritiva, utilizando pequeno número de linhagens. Em um desses experimentos, Guazzelli (1988) comparou três cultivares de feijão e verificou que elas diferiram quanto à eficiência no uso de nitrogênio. As cultivares Carioca e Eriparza foram mais eficientes que a 'Rio Tibagi'.

Recentemente, em pesquisas conduzidas no Sul de Minas Gerais, foram avaliadas 100 linhagens de feijão em presença e ausência de N em cobertura e Furtini et al. (2006) verificaram a ocorrência de diferenças entre as linhagens com relação à eficiência no uso do nutriente. Contudo, não foi obtida nenhuma informação a respeito da estratégia que a planta utiliza, visando a maior ou menor eficiência. Uma alternativa seria por meio do estudo das frações de nitrogênio nas folhas. Se for encontrada alguma associação, esse parâmetro poderia auxiliar na seleção de plantas e ou linhagens com maior eficiência no uso de N.

Dessa forma, foi realizado o presente trabalho com o objetivo de verificar a relação entre as frações nitrogenadas nas folhas e a eficiência do uso de nitrogênio de linhagens de feijão.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Exigência nutricional do feijoeiro

A planta de feijoeiro é muito exigente em nutrientes, devido, principalmente, ao seu reduzido ciclo cultural e ao sistema radicular pouco desenvolvido (Fageria & Souza, 1995; Rosolem & Marubayashi, 1994). Por isso, o fornecimento de nutrientes para esta cultura é de suma importância, devendo a sua aplicação ser realizada próximo ao sistema radicular da planta para facilitar a absorção no momento em que ela os necessitar. A maior exigência em nutrientes ocorre de 15-20 a 50 dias após a emergência e o maior acúmulo é verificado entre os 50 e 60 dias, tanto na planta inteira como nas folhas, raízes, grãos e vagens (Oliveira et al., 1996).

A necessidade nutricional de qualquer planta é determinada pela quantidade de nutriente que esta extrai durante o seu ciclo. A quantidade total depende do rendimento obtido e da concentração de nutrientes nos grãos e na massa seca. Não há consenso sobre a extração e a exportação de nutrientes pelo feijoeiro entre os diversos autores. Em geral, a ordem decrescente de nutrientes extraídos pelo feijoeiro é a seguinte: N>K>Ca>Mg>S>P>Fe>Mn>B>Zn>Cu (Fageria & Souza, 1995; Rosolen, 1987). Entretanto, em estudo recente sobre a marcha de absorção de nutrientes pelas cultivares Ouro negro e Talismã, em sistema de plantio direto e convencional, Vieira (2006) verificou que as ordens decrescentes de extração e exportação de nutrientes foram N>K>Ca>Mg>P>S>Fe>Zn>Mn>B>Cu e N>K>Ca>P>Mg>S>Fe>Zn>Mn>Cu>B, respectivamente.

O fornecimento de nutrientes para essa cultura é de suma importância, sendo o nitrogênio o elemento mais absorvido pelas plantas. Embora o feijoeiro apresente a fixação simbiótica do nutriente, muitas vezes esse fato não tem sido

efetivo para proporcionar elevados níveis de produtividade. Assim, é imprescindível a aplicação de nitrogênio nessa cultura, para que a sua produção não seja afetada negativamente pela sua ausência (Oliveira et al., 1996).

2.2 Nitrogênio no solo

O nitrogênio do solo pode ser oriundo de várias fontes, como: aplicação de fertilizantes nitrogenados, adição de resíduos vegetais e animais, fixação atmosférica e fixação biológica. A grande maioria do nitrogênio do solo (97%–98%) encontra-se na forma orgânica e apenas uma pequena parte (2%–3%) está presente na forma mineral como amônio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-) e nitrito (NO_2^-) (Lopes, 1989). O nitrito é de ocorrência efêmera no solo, pois é imediatamente oxidado a nitrato, já que é tóxico para as plantas e animais (Raij, 1991). Os teores de N inorgânico são altamente dinâmicos no solo, sendo alterados constantemente em razão dos processos de mineralização, por meio da amonificação e aminação da matéria orgânica e da imobilização pelos microrganismos. Ocorrem ainda grandes perdas de nitrogênio mineral pelos processos de denitrificação e lixiviação (Valério, 2002).

Como a maioria do nitrogênio do solo encontra-se na forma orgânica, ou seja, não disponível para as plantas e muito pouco nas formas inorgânicas, conseqüentemente passível de absorção por estas, o suprimento de N para as culturas vai depender da ação dos microrganismos, por meio da mineralização da matéria orgânica e ou da aplicação de fertilizantes minerais. Os microrganismos, para suprir a demanda por nitrogênio, realizam a imobilização de nitrogênio orgânico e inorgânico. Uma vez completado os ciclos vitais e decompostos, 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).

De maneira geral, a disponibilidade do 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. No sistema de plantio convencional, com o passar do tempo, há redução do teor de matéria orgânica do solo, 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.

2.2.1 Fixação biológica de nitrogênio

A fixação biológica do N₂ (FBN) é o processo pelo qual os organismos vivos conseguem captar o N atmosférico, transformando-o em amônia (NH₃) que será incorporada à biosfera. Uma das formas de o feijoeiro obter N é por meio da FBN, principalmente por uma interação mutualística entre a planta de feijão e bactérias especializadas denominadas rizóbios. A bactéria utiliza os fotoassimilados produzidos pela planta hospedeira e, por outro lado, a planta se beneficia do N fixado pelo rizóbio microssimbionte na forma de amônia, assimilando-a em compostos nitrogenados que podem ser translocados para suas diferentes partes (Cassini & Franco, 1998).

O excesso de N mineral causa uma redução da nodulação das leguminosas. A nodulação ocorre em resposta às demandas nutricionais da planta e, na presença do N mineral, estas demandas são reduzidas, não ocorrendo estímulo à nodulação. Por outro lado, pequenas doses de N podem beneficiar a FBN, funcionando como dose de arranque para os períodos de seu ciclo (Moreira e Siqueira, 2002).

Existe uma diversidade de estimativas da quantidade de N fixado pelo feijoeiro, podendo ser da ordem de 50 kg ha⁻¹ a 110 kg ha⁻¹ por cultivo (Rennie, 1984). Franco (1995) sugere a inoculação, como única fonte de N, para as cultivares que apresentem boa nodulação e para os níveis de produtividade de 1.500 kg/ha. Porém, vários autores, como Alvarenga (1995), Alves (2002), Andrade et al. (1998) e Silva (2002), realizaram trabalhos nos quais a inoculação não proporcionou bons resultados, comparada com a adubação nitrogenada.

Diversos fatores, como temperatura, acidez do solo, teores de nutrientes e cultivar, podem influenciar na eficiência da fixação simbiótica do nitrogênio (Moreira & Siqueira, 2002). Nesse sentido, Mercante et al. (1992) relataram que a falta de resposta do feijoeiro à inoculação é, muitas vezes, devido à presença de rizóbios nativos no solo, que nodulam o feijoeiro mesmo em áreas onde a cultura está sendo implantada pela primeira vez e, também, porque as estirpes nativas podem dificultar a introdução de estirpes mais eficientes. Dessa forma, tem-se buscado selecionar estirpes que, além de eficientes, sejam competitivas, tanto para se estabelecerem no solo e na superfície da raiz, quanto para vencerem as estirpes nativas na infecção e produção de nódulos. De modo que ocorreram grandes avanços no conhecimento sobre a FBN em feijoeiro, no entanto, as informações ainda não são seguras o suficiente para recomendação generalizada de inoculantes, principalmente em cultivos em que se deseja obter altas produtividades.

2.3 Nitrogênio na planta

O N é o nutriente mais exigido pela maioria das culturas, inclusive pelo feijoeiro e pode ser absorvido pela planta nas formas de N₂, aminoácidos, uréia, NH₄⁺ e NO₃⁻. Em solos cultivados com pH em torno de 6, o nitrogênio é absorvido pelas plantas, principalmente sob a forma de nitrato (NO₃⁻). O processo de assimilação do NO₃⁻ pode ocorrer nas próprias raízes ou nas folhas.

Aparentemente, fatores como o conteúdo de NO_3^- no solo e a espécie de planta são importantes no controle do local em que será realizada a assimilação do NO_3^- . Quando o nutriente está escasso no solo, ele é assimilado preferencialmente nas raízes e, quando está abundante, a maior parte é assimilada nas folhas (Taiz & Zeiger, 2004).

Várias evidências têm demonstrado que, no feijoeiro, a redução do nitrato ocorre, predominantemente, na parte aérea (Douglas & Weaver, 1986; Dubois & Burris, 1986; Félix et al., 1981; Hungria et al., 1985; Guazzelli, 1988). Dessa forma, há transporte considerável de nitrogênio na forma de nitrato das raízes até as folhas através do xilema e uma baixa capacidade de elevar o pH da rizosfera. A assimilação do NO_3^- é um processo de redução que culmina com a formação de NH_4^+ , no qual duas enzimas estão envolvidas, a nitrato redutase (enzima citoplasmática) e a nitrito redutase (enzima existente nos plastídeos ou cloroplastos) (Malavolta, 1980).

A fixação do nitrogênio atmosférico dá origem à amônia (NH_3) que, em contato com o substrato aquoso do citoplasma dos bacterióides, é convertida, rapidamente, em íon amônio (NH_4^+). O NH_4^+ inibe a fixação do nitrogênio, não podendo acumular-se no interior dos bacterióides. Assim, logo depois de ser formado, ele é retirado dos bacterióides, atingindo o citoplasma da célula vegetal hospedeira e ou célula da região central do nódulo radicular. O NH_4^+ que atinge o citoplasma das células vegetais da região central do nódulo precisa ser assimilado em moléculas que não possuem efeito tóxico (Taiz & Zeiger, 2004).

Independente da forma absorvida, uma vez na planta, o N inorgânico na forma de NH_4^+ é tóxico a ela e tem que ser assimilado (incorporado em compostos de carbono) em formas orgânicas, tipicamente aminoácidos (Faquin, 1994). Duas enzimas, a glutamina sintetase (GS) e a glutamato sintase (GOGAT), são responsáveis pela conversão do NH_4^+ em aminoácidos. A GS sintetiza a glutamina a partir de amônio e glutamato, e a GOGAT transfere o

grupo amida da glutamina para o 2-oxoglutarato formando dois glutamatos. Depois que o N entrar na biosfera na forma de glutamima e glutamato, todas as demais biomoléculas nitrogenadas serão derivadas desses dois aminoácidos. Há ainda uma rota alternativa que assimila NH_4^+ . Esta rota envolve a enzima GDH (glutamato desidrogenase), a qual pode ser do tipo NADH ou NADPH dependente, sendo encontrada em mitocôndrias e em cloroplastos. Entretanto, essa enzima possui um Km muito elevado para o amônio, exigindo concentrações muito altas para que ela possa atuar (Epstein & Bloom, 2006).

O transporte de nitrogênio na planta é rápido, tanto no xilema (como nitrato, amidas e aminoácidos) como no floema, na forma de aminoácidos (Faquin, 1994; Malavolta, 1980; Oliveira et al., 1996). A forma de transporte do nitrogênio na planta varia de acordo com a espécie. No caso específico das leguminosas, além das formas citadas acima, sabe-se que as de origem temperada (por exemplo, ervilha), normalmente, sintetizam um terceiro tipo de aminoácido, a asparagina, que será utilizado para a exportação de nitrogênio para o restante da planta (através das conexões vasculares que unem o nódulo ao xilema do cilindro central da raiz). Da mesma forma, as leguminosas de origem tropical, como feijão, freqüentemente, produzem ureídeos para a exportação do nitrogênio ao longo do organismo vegetal (Parsons & Barke, 1996).

2.4 Resposta do feijoeiro à adubação nitrogenada

A forma mais comumente utilizada para a obtenção de N pelo feijoeiro é a aplicação de N mineral via fertilizante. De maneira geral, têm-se obtido respostas do feijoeiro à adubação nitrogenada, entretanto, a freqüência e a amplitude da resposta variam de região para região do Brasil e, ainda, dentro da mesma região, em função do clima e das condições fitossanitárias (Franco, 1997; Vieira, 1998).

Segundo Ambrossano et al. (1996a), no estado de São Paulo, duas classes de probabilidade de resposta ao nitrogênio são consideradas: a alta, que envolveria irrigação, solos arenosos, cultivos antecedidos por gramíneas e solo compactado e a baixa, que envolveria cultivo antecedido por leguminosas, solos em pousio por, pelo menos, dois anos e solos que recebem adubação orgânica freqüente. Vários trabalhos demonstraram a resposta do feijoeiro à adubação nitrogenada em cobertura (Ambrosano et al., 1996b; Soratto et al., 2001). Entretanto, existem diferenças de respostas do feijoeiro devido ao manejo de solo, cultivar, clima, irrigação, época de semeadura e sistema de produção. Assim, Silva et al. (2000), objetivando verificar o efeito de doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura no feijoeiro “de inverno” em 1997 e 1998, notaram que a produtividade não foi afetada no primeiro ano. Entretanto, no segundo ano, os dados se ajustaram à função quadrática, com máxima produtividade na dose estimada de 74 kg ha⁻¹ de N.

Furtini et al. (2006), avaliando cem linhagens de feijão em presença e ausência de N em cobertura, no Sul de Minas Gerais, verificaram um incremento médios de 12% na produtividade de grãos com a aplicação do N em cobertura.

2.5 Eficiência do uso de nitrogênio (EUN)

Normalmente, com o aumento das doses de N aplicadas ocorre um decréscimo no seu aproveitamento, em função da disponibilidade de N ultrapassar a necessidade da cultura. Esses decréscimos devem-se às perdas de amônia, que aumentam com a dose de aplicação, e tal aumento pode ser linear ou exponencial.

Várias pesquisas realizadas em diferentes regiões do Brasil e do mundo relataram que o aproveitamento de N aplicado diminui com as doses crescentes de adubos nitrogenados. Trabalhos desta natureza foram realizados na cultura do milho por Fernandes et al. (1998) e Silva (2002), no Brasil e por Jokela &

Randall (1997) e Liang & Mackenzie (1994), em outros países. Segundo Fernandes et al. (1998), menos de 50% do adubo nitrogenado aplicado no solo é aproveitado pela planta e uma grande porcentagem do nitrogênio residual é incorporado à matéria orgânica do solo. De acordo com Malavolta & Neptune (1983), há três formas de aumentar a eficiência dos fertilizantes nitrogenados: a agrícola, por meio da localização do adubo, parcelamento, época de aplicação, calagem, controle das transformações e aplicação de sais de cálcio e magnésio; a tecnológica, pelo controle da disponibilidade e a genética, por meio da seleção de espécies e cultivares com diferentes capacidades quanto à eficiência na absorção e utilização de N.

2.5.1 Conceitos de eficiência de uso do nitrogênio

A eficiência de uso de um elemento nutricional pode ser entendida como uma tolerância à limitação da disponibilidade desse nutriente. Para tanto, existem diversas maneiras de calcular a eficiência de uso de um nutriente. A seguir, serão apresentados alguns conceitos e métodos de cálculo de eficiência de uso de nitrogênio. A EUN, calculada pela massa de grãos dividida pela massa de N aplicado no solo (Gw/Ns), ambas expressas na mesma unidade (g/planta), foi proposta por Moll et al. (1982). De acordo com esses pesquisadores, a EUN teria dois componentes primários denominados de eficiência na absorção, quantidade de N total na planta na maturidade dividido pelo N aplicado ao solo (Nt/Ns) e a eficiência na utilização, massa de grãos dividida pelo N total na planta na maturidade (Gw/Nt). O produto desses dois componentes seria a eficiência no uso do N.

Uma definição de material genético tolerante a estresse como sendo aquele que apresenta menor diferença de produtividade entre os ambientes com e sem estresse foi proposta por Rosielle & Hamblin (1981). Os índices de Moll et al. (1982), anteriormente citados, não levam em consideração esta diferença de

resposta e, dessa forma, basta que um material possua maior produtividade do que outro, na média de ambas as condições, para ser considerado mais eficiente. Isso porque, dividindo-se a produção pela quantidade de N aplicado a todos os materiais, a aparente superioridade não será alterada. Sendo assim, este índice não considera a perda de produção que ocorre quando se passa de um ambiente fértil para um ambiente pobre em N. Fisher et al. (1983) propuseram um índice de seleção, denominado “Low N index,” que considera a queda na produção devido a deficiência de N, o que o torna adequado para a seleção simultânea em ambientes com ou sem estresse. Segundo os autores, com o uso deste índice, observa-se que um valor alto indica relativa tolerância à deficiência de N e um baixo valor indica relativa sensibilidade. Também Thung (1990) propôs um índice que considera a queda na produção devido a deficiência de N, semelhante ao de Fisher et al. (1983), porém, um alto valor deste índice indica relativa resposta à adubação nitrogenada e um baixo valor indica relativa tolerância à escassez de nitrogênio.

Uma abordagem para classificar genótipos quanto à resposta ao nitrogênio, considerando a produtividade e a sua diferença entre os ambientes com e sem estresse do nutriente, foi sugerida por Fox (1978). Os genótipos são posicionados em gráfico, no qual o eixo “x” é a produção no nível alto e o eixo “y” é a produção no nível baixo. Neste gráfico, quatro quadrantes são definidos por retas perpendiculares aos eixos e posicionadas nas médias de produção de cada eixo. Os materiais genéticos são classificados em função do quadrante que ocupam. “Eficiente responsivo” produz acima da média nos dois níveis do nutriente e “ineficiente responsivo” produz abaixo da média no nível baixo, mas responde ao acréscimo de nutriente, posicionando-se acima da média no nível alto. “Eficiente não responsivo” fica acima da média no nível baixo, mas não responde ao acréscimo, ficando abaixo da média no nível alto. “Ineficiente não responsivo” está abaixo da média em ambos os níveis.

2.5.2 Critérios auxiliares para a seleção de genótipos eficientes no uso nitrogênio

Diversos parâmetros morfológicos e fisiológicos têm sido adotados, tanto para ajudar a entender a eficiência do uso de nitrogênio (EUN) quanto para serem utilizados como indicadores desta eficiência e da produtividade no melhoramento genético. O critério morfológico conhecido como prolificidade, ou número de espigas por planta, é uma variável bastante utilizada nos trabalhos de EUN, em milho. Moll et al. (1987) executaram seleção para prolificidade e EUN. A primeira proporcionou um aumento da produtividade e da eficiência em ambientes com alto nível de N, mas não em baixos valores de N. Nesse mesmo trabalho, os autores verificaram que o teor de N não foi importante para identificar materiais mais produtivos. Estudos com outras variáveis morfológicas, como taxa de emergência de folhas (McCullough et al., 1994), sincronia de florescimento e senescência (Banziger et al., 1997), foram correlacionados com a EUN e a produtividade na cultura do milho.

O aumento da produtividade do feijoeiro tem sido realizado pela seleção direta, por meio do rendimento de grãos ou pela seleção indireta, para os traços fisiológicos e ou morfológicos que afetam o rendimento, incluindo a resistência aos estresses bióticos e abióticos, arquitetura da planta e maturidade (Scully et al., 1991). Evidências indicam que o índice de colheita (HI, que é a razão entre a produção total de grãos e de biomassa), particularmente em cereais, tem sido incluído no processo de seleção para a produção de grãos. A seleção visando a eficiência nutricional tem sido proposta como estratégia para melhorar a eficiência do uso de fertilizante e para obter uma elevada produção com baixo uso de insumos nos sistemas agrícolas (Clark & Duncan, 1991).

Cregan & Berkum (1984) sugeriram que os atributos fisiológicos e bioquímicos relacionados ao metabolismo de N devem ser incorporados na seleção para o aumento da produção de grãos. Componentes fisiológicos, como a atividade

da enzima redutase do nitrato (NR), têm sido propostos como critério auxiliar para seleção de genótipos eficiente no uso de N e de maior produtividade. Em milho, Eichelberger et al. (1989) verificaram que a alta atividade da NR não acarretou incrementos na produtividade. No entanto, Feil et al. (1993) encontraram correlação positiva entre a atividade da NR em plântulas e a produtividade de grãos de milho. Purcino et al. (1990) observaram que genótipos com alta atividade da NR tendem a ser responsivos à adubação nitrogenada e eficientes no uso de N em condições de estresse desse nutriente, enquanto que os materiais responsivos à adubação nitrogenada e ineficientes no uso de N tendem a ter baixa atividade do NR.

Em variedades de milho de polinização aberta, a NR e a GS não foram adequadas para identificar as eficientes no uso de N, porém, em famílias endogâmicas S1, essa identificação foi possível. Dessa forma, estas enzimas podem ser usadas como parâmetros bioquímicos em programas de seleção genética (Machado, 1997).

Guazelli (1988) utilizou frações de N-total (N-orgânico solúvel, N-insolúvel e N-NO₃⁻) para tentar explicar as diferenças na produção de biomassa e na eficiência do uso de N. No entanto, não se verificou nenhuma correlação entre as frações de N com a produtividade e a eficiência do uso de N.

2.5.3 Estudo das frações de nitrogênio na planta

O nitrogênio é o elemento mineral que ocorre em maior quantidade nas plantas, estando a grande maioria na forma orgânica como constituinte de enzimas, aminoácidos e proteínas. Uma pequena parte do nitrogênio ocorre na forma inorgânica como nitrato e amônio. A proporção das formas de nitrogênio na planta varia de acordo com a espécie, a cultivar, a nutrição e as condições climáticas (Epstein & Bloom, 2006).

Há vários estudos mostrando a influência destes fatores na proporção das frações nitrogenadas na planta. Silveira e Sant'ana (1988), avaliando cultivares de capim colonião, verificaram que estas diferiam com relação ao acúmulo de metabólitos nitrogenados. Furtini Neto (1988) observou que as menores concentrações de N-orgânico solúvel, em plantas de diferentes espécies de eucalipto, ocorreram nos níveis de enxofre que proporcionaram um crescimento ótimo às espécies. Em plantas de azevém, deficientes em enxofre, metade do N-total estava na forma de N-orgânico solúvel (Bolton et al., 1976). O acúmulo de formas de nitrogênio não protéicas (NO_3^- , amidas e aminoácidos livres) pode ser tóxico às plantas, provocando distúrbios metabólicos e declínio na produção.

Israel & Rufty (1988), Rabe & Lovatt (1986), em estudos com várias espécies, observaram grande acúmulo de nitrato na raiz, em condições de estresse de P, em plantas de soja. Além disso, a deficiência de fósforo pode causar o rompimento da síntese de proteínas, acarretando uma elevada concentração de aminoácidos e nitrogênio solúvel na folha. Porém, não se sabe se essa concentração deve-se à inibição da síntese de proteínas ou ao aumento da degradação de proteínas. Em suma, a maioria dos pesquisadores concorda que as informações existentes são insuficientes para uma conclusão específica sobre as funções dos nutrientes estudados no metabolismo no N.

Muitos trabalhos têm mostrado incremento no teor de nitrogênio em diferentes partes da planta de feijoeiro com aumento na disponibilidade do N (Osório & Freire, 1982; Peck & MacDonald, 1984; Srivastava & Ormond, 1986). A maioria dos resultados experimentais evidencia que o teor de N-orgânico solúvel (aminoácidos, amins, amidas e proteínas solúveis em água) aumenta, enquanto o teor de N-insolúvel aumenta até certo limite, com o incremento da dose de nitrogênio (Mengel & Kirby, 1982).

Guazelli (1988), estudando três cultivares de feijoeiro submetidos aos níveis de 0, 1, 2, 4 e 8 mM de nitrato em solução nutritiva, não constatou diferenças na partição do N-total (N-orgânico solúvel, N-insolúvel e N-NO₃⁻) entre as cultivares. Os teores de N-orgânico solúvel e de N-insolúvel nas folhas aumentaram com acréscimo de nitrogênio até à dose 8 mM de nitrato, enquanto nas raízes somente foi verificado um aumento de N-insolúvel até a dose de 4 mM. Observou-se uma interação entre os cultivares e as proporções de amônio/nitrato, bem como diferenças entre as cultivares com relação ao N-total, ao N-nítrico, ao N-insolúvel e ao N-orgânico solúvel na folha. Ocorreu um decréscimo de N-solúvel nas proporções intermediárias de amônio/nitrato, devido à maior alocação de nitrogênio para as formas insolúveis, principalmente no caule e na raiz. Isso explica, em parte, o maior crescimento do feijoeiro nessas relações. Na folha, o teor de N-orgânico solúvel manteve-se constante nas diferentes proporções de amônio/nitrato.

2.6 Resposta diferencial de genótipos de feijoeiro à adubação nitrogenada

A identificação e o uso de cultivares tolerantes às deficiências minerais e ou à toxidez são essenciais para reduzir os custos da produção e a dependência dos produtores à aplicação de altas quantidades de insumos no solo. Há vários relatos de diferenças entre as linhagens e ou cultivares de várias espécies, quanto à tolerância a elementos tóxicos e também ao uso de nutrientes provenientes dos solos. Estufas, câmaras de crescimento e ou métodos de cultivo em campo têm sido utilizados para identificar genótipos de plantas tolerantes à deficiência ou à toxidez (Duncan et al., 1983). Grandes diferenças genotípicas entre plantas também foram reportadas (Dwivedi, 1996; Fageria et al., 1995).

Com relação à eficiência do uso de nitrogênio, a maioria das pesquisas foi realizada em gramíneas. Moll et al. (1982), trabalhando com oito híbridos de milho e duas doses de N (56 e 224 kg ha⁻¹), encontraram diferença entre os híbridos

quanto a EUN. Kolchinski & Schuch (2003), estudando quatro cultivares de aveia branca (CTC 5, UFRGS 15, UFRGS 19 e UPF 18) com quatro doses de N (0, 24, 48 e 73 kg ha⁻¹), verificaram diferentes comportamentos entre as cultivares quanto ao potencial de resposta à adubação nitrogenada, tanto para a produção de matéria seca e ao acúmulo de N no florescimento, quanto para a remobilização do N e a eficiência da fertilização nitrogenada. No entanto, não foi constatada diferença na eficiência de utilização do N entre as cultivares.

No caso específico do feijoeiro, têm sido documentadas diferenças entre diversos genótipos quanto à tolerância ao Al (Foy et al., 1972; Noble et al., 1985), à deficiência e resposta de Zn (Westermann & Singh, 2000), à resposta diferencial ao fósforo (Thung, 1990; Whiteaker et al., 1976) e à baixa fertilidade do solo (Singh et al., 2001). No Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), em Cali, na Colômbia, extensas pesquisas foram conduzidas sobre a fixação de N₂ (Graham, 1981), a tolerância à deficiência de P (Lynch & Beebe, 1995; Yan et al., 1995a, b) e à toxidez de Al e Mn (Ortega & Thung, 1987).

Quanto ao N, ainda existem poucas pesquisas e a maior parte dos trabalhos visando à tolerância à escassez de N foram realizados com um pequeno número de linhagens de feijoeiro sob condições de solução nutritiva. Em um desses experimentos, três cultivares de feijão (Carioca, Eriparza e Rio Tabagi), foram comparadas e verificou-se a diferença quanto à eficiência no uso de nitrogênio entre as cultivares. A cultivar Carioca foi a mais eficiente no uso de N, mas a menos responsiva; por outro lado, a cultivar Rio Tabagi mostrou-se menos eficiente, porém, mais responsiva. Por sua vez, a cultivar Eriparza não apresentou resposta à aplicação de N (Guazzelli, 1988).

Em trabalhos mais recentes, em condições de campo, conduzidos em duas safras (“inverno” de 2004 e das “águas” 2004/2005), no Sul de Minas Gerais, Furtini et al. (2006) avaliaram 100 linhagens de feijoeiro e verificaram comportamento diferencial entre elas com relação a EUN (Thung, 1990). Esses

índices variaram de 11,3 a 18,3, ou seja, o mínimo de resposta foi 11,3kg de grãos por kg de N aplicado em cobertura (CI-257) a 18,3kg de grãos por kg de N (RC-I-3). No entanto, nenhuma informação sobre os mecanismos utilizados pelas plantas que lhes conferem maior ou menor EUN foi obtida. Tendo em vista a escassez de informações sobre a EUN em feijoeiro, principalmente em condições de campo, é importante que experimentos desta natureza se aprofundem também nos conhecimentos da dinâmica do N na planta e no solo.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos durante a safra “da seca”, fevereiro a maio de 2005, em três municípios no Sul de Minas Gerais: Lavras (a 21°14’S, 44°59’W e altitude média de 919m) em um Latossolo Vermelho distroférico; Ijaci (21°10’S, 44°55’W e altitude média de 805m) em um Argissolo Vermelho-Amarelo e Lambari (21°50’S, 44°21’W e altitude média de 887m) em um Neossolo fúlvico.

Os dados de temperatura e precipitação dos locais onde foram conduzidos os experimentos são apresentados na Tabela 1.

TABELA 1 – Precipitação e temperatura, nos anos de 2004 e 2005, dos municípios de Lavras, Ijaci e Lambari.

Mês	Lavras/Ijaci						Lambari					
	2004			2005			2004			2005		
	Tmax	Tmin	Prec	Tmax	Tmin	Prec	Tmax	Tmin	Prec	Tmax	Tmin	Prec
1	30,2	19,0	190,5	28,6	18,6	310,9	33,0	15,0	468,4	34,0	12,0	142,5
2	27,3	18,1	295,0	29,0	17,2	161,7	34,2	10,2	137,6	33,8	10,8	421,8
3	28,8	17,3	128,2	28,6	18,5	129,9	33,4	13,8	295,2	33,2	10,4	176,0
4	27,5	16,9	60,6	28,8	17,7	60,6	33,4	11,2	71,6	31,4	7,0	208,4
5	24,9	13,7	59,0	25,3	14,5	84,6	31,0	6,6	118,0	30,2	3,0	97,4
6	23,5	12,0	37,5	24,6	13,0	4,7	27,4	4,0	20,4	28,0	3,4	42,8
7	22,7	11,0	22,2	24,3	11,6	40,4	28,6	1,2	48,2	28,6	-0,6	43,6
8	26,6	11,7	2,7	27,8	12,7	4,1	33,8	3,0	13,0	31,6	0,4	9,0
9	30,0	14,9	31,6	26,5	15,5	82,4	32,8	6,8	75,2	35,6	7,0	32,2
10	26,7	16,2	124,6	29,5	16,9	102,5	35,8	10,4	113,2	33,0	4,6	136,2
11	28,2	17,1	257,3	26,8	17,0	191,2	32,6	10,0	128,8	33,2	9,0	122,4
12	27,7	17,8	279,6	27,4	16,9	257,3	32,4	11,8	254,6	33,6	13,0	367,4

Tmax – temperatura máxima, Tmin – temperatura mínima, Prec - precipitação.

As principais características químicas dos solos em que foram conduzidos os experimentos são apresentadas na Tabela 2.

TABELA 2 – Análises químicas dos solos amostrados à profundidade de 0 a 20 cm, nas áreas experimentais em Lavras, Lambari e Ijaci.

	pH H ₂ O	P mg/dm ³	K mg/dm ³	Ca ²⁺ cmol _c /dm ³	Mg ²⁺ cmol _c /dm ³	Al ³⁺ cmol _c /dm ³	H+Al
Lavras	5,2	42,4	80	2,2	0,9	0,3	4,5
Lambari	5,1	32,9	63	3,0	0,8	1,8	13,0
Ijaci	5,0	9,5	35	1,8	0,4	0,2	2,5

SB	t	T	V	m	MO	P-rem
cmol _c /dm ³			%		dag/kg	mg/L
3,3	3,6	7,8	42,1	9	2,7	14,6
4,0	5,7	17	23,2	31	11,1	3,3
2,3	2,5	4,8	47,3	8	2,5	7,2

As linhagens avaliadas neste trabalho foram selecionadas de um ensaio maior, contendo 100 linhagens, sendo a maioria delas (77) proveniente do programa de melhoramento genético da UFLA, com grãos dentro do padrão carioca, ou seja, de cor creme e rajas marrons e peso de 100 grãos variando de 22 a 26g. Utilizou-se, como critério de seleção das linhagens, a média do índice de eficiência de uso de nitrogênio (EUN), proposto por Thung (1990), das safras “de inverno” de 2004 (maio a agosto) e “das águas” de 2004/2005 (novembro a fevereiro), conduzidas nos municípios de Ijaci, Lambari, Lavras e Patos de Minas (Furtini et al., 2006). Foram selecionadas as 6 linhagens com os maiores índices de EUN, mais responsivas (RC-I-3, AN-LAV-51, CV-46, CNFC 8063, MA I-6.10, ESAL 629) e 6 linhagens com os menores índices de EUN, mais tolerantes, (MA-I-2.5, H- 9, OP-S-30, CI-107, CNFC 8060, CNFC 8060). Em todos os locais foram conduzidos dois experimentos distintos com os mesmos tratamentos culturais, diferindo apenas na aplicação de N. Exceto em Ijaci, todos os experimentos foram irrigados. No primeiro, a adubação foi realizada do seguinte modo: 24 kg ha⁻¹ de N, 64 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 48 kg ha⁻¹ de K₂O no plantio e mais 40 kg ha⁻¹ de N em

cobertura, a partir do aparecimento da segunda folha trifoliada, tendo como fonte de N o sulfato de amônio. O segundo recebeu a mesma adubação com potássio e fósforo, porém, não foi aplicado nitrogênio, tanto no plantio quanto em cobertura. Em ambos os experimentos utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados (DBC), com três repetições, composto por dois níveis de N (0 e 64 kg ha⁻¹). As parcelas foram constituídas de uma linha de 3 metros de comprimento, espaçadas de 50 cm, e com 15 sementes por metro linear.

Foram coletadas de 15 a 20 folhas por parcela no terço médio da planta, durante a floração do feijoeiro, e 100g de grãos por parcela após a colheita. As folhas e grãos foram secos em estufa de circulação de ar a 60°C, até atingir a massa constante. A matéria seca das folhas e grãos foi moída em peneira de 40 mesh e o material foi armazenado em frascos de vidros até o momento da determinação química.

O teor de N-total (a) foi determinado pelo método de Kjeldahl, com destilação e titulação feita segundo Tedesco et al. (1995). O N-solúvel (b) foi determinado do seguinte modo: adicionaram-se 30 ml de água destilada a 0,1 g de folha seca e moída e colocou-se esta 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. Em seguida, uma alíquota de 10 ml do extrato filtrado foi colocada em tubo de digestão juntamente com 1,5 g de K₂SO₄, 0,3 g de CuSO₄ e 3 ml de ácido sulfúrico (H₂SO₄) concentrado. Os processos de digestão, destilação e titulação foram realizados de forma similar ao método de determinação do N-total. O N-NO₃⁻ (c) foi determinado de acordo com Cataldo et al. (1975). O N-orgânico solúvel (aminoácidos, amins, amidas e proteínas solúveis em água) e o N-insolúvel foram obtidos pela diferença entre (b) e (c) e (a) e (b), respectivamente. Nas amostras de grãos foi determinado somente o N-total.

A produtividade de grãos, os teores de N-total e as frações do N (N-solúvel, N-NO₃⁻, N-insolúvel e N-orgânico solúvel) foram submetidos à análise de variância por nível de N dentro de cada local, às análises de variância conjunta por local (envolvendo os dois níveis de N) e conjunta geral (envolvendo todos os locais e níveis de N). Foram considerados como fixo o efeito de níveis, os ambientes e a média. Utilizou-se o programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2003) para a realização das análises de variância.

A eficiência do uso de nitrogênio (EUN) foi avaliada pela expressão proposta por de Thung (1990):

$$EUN = P_{c/N} - P_{sN} / D_{dN}$$

em que:

$P_{c/N}$: produtividade de grãos das linhagens no maior nível de N

P_{sN} : produtividade de grãos das linhagens no menor nível de N

D_{dN} : diferença, em kg, entre o maior e o menor nível de N

Os resultados das frações de N foram associados à EUN e à produtividade das linhagens. Para auxiliar nessa associação, foi realizada a categorização proposta por Fox (1978) em que as linhagens foram posicionadas em um gráfico, no qual o eixo “x” é a produção na dose alta e o eixo “y” é a produção na dose baixa. Neste gráfico, quatro quadrantes foram definidos por retas perpendiculares aos eixos e posicionados nas médias de produção de cada eixo. As linhagens foram classificadas em função do quadrante que ocuparam: “eficiente responsiva”, quando produziu acima da média nos dois níveis do nutriente; “ineficiente responsiva”, quando produziu abaixo da média no nível baixo, mas respondeu ao acréscimo de nutriente, posicionando-se acima da média no nível alto; “eficiente não responsiva”, quando a produção ficou acima da média no nível baixo, mas não respondeu ao acréscimo de N, ficando abaixo da média no nível

alto e “ineficiente não responsiva”, quando a produção esteve abaixo da média, em ambos os níveis.

Procurou-se, dessa forma, explicar as diferenças na produtividade e na EUN entre as diferentes linhagens de feijoeiro por meio das frações de N analisadas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estudo conjunto dos três locais

Os experimentos com ou sem N foram contíguos em todos os ambientes (locais). Dessa forma, esperava-se que o comportamento das linhagens nos dois experimentos refletisse apenas a diferença no N aplicado, uma vez que o manejo foi o mesmo. Ao que parece, esse fato ocorreu. Banzinger et al. (1997) adotaram esse mesmo procedimento na avaliação de progênies de milho com e sem N.

O resumo das análises de variância por nível de N em cada local e a conjunta por local, envolvendo níveis de N e linhagens, é apresentada nas Tabelas 1A á 10A. As fontes de variação, níveis de N e linhagens, apresentaram teste de F significativo ($P \leq 0,01$) para a maioria das variáveis estudadas. Ocorreu interação entre as linhagens e os níveis de nitrogênio, em todos os locais estudados. Para ambos os locais e níveis, foram verificadas diferenças significativas na produtividade, nos teores de N-total no grão e na folha e nos teores das frações de N na folha.

O resumo da análise de variância conjunta, envolvendo níveis de N, linhagens e locais, é apresentado na Tabela 3. As fontes de variação níveis de N, linhagens e locais, bem como a interação níveis x linhagens, apresentaram teste de F significativo ($P \leq 0,01$), para todas as variáveis estudadas.

TABELA 3 - Resumo da análise de variância conjunta envolvendo linhagens, locais e níveis de nitrogênio para produtividade de grãos (kg ha⁻¹) e teores (mg g⁻¹) de nitrogênio total na folha (NTf) e no grão (NTg), nitrato na folha (N-NO₃⁻), nitrogênio solúvel (NS), nitrogênio insolúvel (NIns.) e nitrogênio orgânico solúvel (N org. sol.), obtidos na avaliação de linhagens de feijão.

Fv	GL	QM						
		Produção	Nt f	Nt g	N-sol	N-insol	N-NO ₃ ⁻	N-org sol
Blocos/ambientes	12	153190,971	3,544	4,677	0,744**	2,701	0,004	0,678**
Locais (L)	2	17584625,709**	1014,125**	52,421**	22,634**	756,344**	4,965**	48,126**
Níveis (N)	1	24348254,260**	1661,116**	163,630**	38,254**	1194,741**	0,358**	45,945**
L x N	2	277513,358**	209,671**	78,588**	53,271**	52,828**	1,144**	68,755**
Linhagens (C)	11	902443,317**	38,577**	71,271**	1,144**	30,734**	0,125**	1,489**
L x C	22	256670,169**	18,145**	10,537**	1,205**	14,866**	0,062**	1,208**
C x N	11	405933,257**	23,924**	15,609**	0,628**	19,912**	0,026**	0,595**
L x C x N	22	189506,572**	16,601**	7,795**	0,780**	12,828**	0,068**	1,043**
Erro médio	132	111874,054	5,433	4,482	0,228	4,705	0,005	0,231
Média (kg/ha)		1389,917	37,482	36,343	5,919	31,553	1,071	4,55
CV		24,56	6,13	5,76	8,76	6,79	6,50	10,64

**Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

4.1.1 Produtividade de grãos

Na análise de variância conjunta, a estimativa do coeficiente de variação experimental (CV) para produtividade foi de 24,56%. Valores semelhantes foram relatados por Furtini et al. (2006) e Matos (2005), em experimentos conduzidos na região com a cultura do feijoeiro. A precisão pode se considerada aceitável, considerando a realização do experimento no campo.

As médias de produtividade das linhagens, com aplicação ou não de N, foram maiores em Lavras, seguida por Lambari e, por último, Ijaci (Tabela 8). Destaca-se que a área na qual foi realizado o experimento em Lavras vem sendo cultivada há muitos anos e, devido ao uso de adubos e corretivos, a fertilidade do solo estava em melhores condições do que nos outros locais (Tabela 2), inclusive com resíduos de nitrogênio provenientes de cultivos anteriores.

No ambiente com N, as linhagens ESAL 629 (2.212 kg ha⁻¹), H- 9 (2.050 kg ha⁻¹) e MA-I-2.5 (2.022 kg ha⁻¹) foram superiores, enquanto as linhagens CI-107 (1.151 kg ha⁻¹), CNFC 8063 (1.324 kg ha⁻¹) e CNFC 8060 (1.535 kg ha⁻¹) apresentaram as menores produtividades. No ambiente sem N, a linhagem CNFC 8060 (440 kg ha⁻¹) apresentou produtividade muito aquém das outras linhagens e as demais não diferiram entre si (Tabela 4). As linhagens ESAL 629 e MA-I-2.5 estiveram sempre entre as mais produtivas, apresentando, de forma geral, produtividades elevadas com ou sem a aplicação de N.

A produtividade geral das linhagens obtida com N (1.727 kg ha⁻¹) foi 63,7% maior que a obtida sem aplicação de N (1.055 kg ha⁻¹) (Tabela 4). A resposta ao nitrogênio na cultura do feijoeiro é freqüente (Ambrosano et al., 1996b, Soratto et al., 2001, Silva et al., 2000 e Furtini et al., 2006). Estes autores verificaram a resposta do feijoeiro à adubação nitrogenada de forma generalizada, em diferentes regiões do Brasil. Entretanto, existe variação nessa resposta, devido ao manejo do solo, à cultivar, ao clima, à irrigação, à época de semeadura e ao sistema de produção. Apesar de o feijoeiro realizar a fixação

biológica do nitrogênio (FBN), isso não é suficiente para suprir a demanda das plantas por esse nutriente em altas produtividades. Moreira & Siqueira (2002) sugerem que fatores, tais como o sistema radicular pouco desenvolvido, a promiscuidade do feijoeiro na realização de associações com rizóbios do solo e a um ciclo reduzido, que não possibilita que coincidam os períodos de maior demanda de nitrogênio pela planta com os períodos de maior fixação biológica de nitrogênio, contribuem para que a FBN seja insuficiente, como única fonte de N, para cultura do feijoeiro de altas produtividades.

TABELA 4 – Produtividade média de grãos das linhagens cultivadas na ausência e na presença de N, nos municípios de Lavras, Lambari e Ijaci, MG.

Linhagem	Produtividade grãos (kg ha ⁻¹)	
	com N	sem N
CNFC 8060	1535 3	440 1
ESAL 629	2212 1	1199 2
H-9	2050 1	1076 2
CV-46	1730 2	1049 2
OP-S-30	1875 2	1148 2
MA I-6.10	1724 2	1105 2
MA-I-2.5	2022 3	1367 2
RC-I-3	1687 2	954 2
CIII-R-3-19	1784 2	1073 2
AN-LAV-51	1628 2	1070 2
CI-107	1151 1	885 2
CNFC 8063	1324 1	1298 2
Médias	1727	1055
CV	24,6	

As médias seguidas de mesmo número pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

4.1.2 Frações de nitrogênio na planta

Foram observadas diferenças nos teores de N-total na folha e no grão e das frações de N na folha entre as linhagens estudadas, exceto para o N-solúvel no ambiente com N (Tabelas 5 e 6). Apesar de a correlação entre a produtividade das linhagens e as frações de N na folha ter sido não significativa, notou-se uma tendência de as linhagens ESAL 629 e MA-I-2.5 apresentarem maiores concentrações de N-total no grão e na folha e de frações de N, nos diferentes locais e níveis de nitrogênio estudados

Os teores de N-total no grão e na folha das linhagens foram mais elevados no ambiente com a aplicação de N (Tabelas 5). Muitos trabalhos têm mostrado o aumento no teor de nitrogênio em diferentes partes da planta de feijoeiro com o aumento da disponibilidade de nitrogênio (Moll et al., 1987; Peck & MacDonald, 1984; Srivastava & Ormod, 1986)

Os teores de N-NO_3^- na folha foram maiores no ambiente sem N (Tabela 4). Esse fato não era esperado já que, de modo geral, o aumento da disponibilidade de N acarreta um aumento do teor de nitrato na planta. Guazzelli (1988), em estudos com feijão sob condições de solução nutritiva e Furtini Neto (1988), em trabalhos com eucalipto conduzidos em casa de vegetação, verificaram a ocorrência de um incremento no teor de NO_3^- na folha com aumento da disponibilidade de nitrogênio. Porém, o teor de N-NO_3^- representava uma parte muito pequena do N-total na folha.

TABELA 5 – Teores médios de nitrogênio total na folha (NTf) e no grão (NTg) e o nitrato na folha (N-NO₃⁻) das linhagens cultivadas na ausência e na presença de N, nos municípios de Lavras, Lambari e Ijaci.

Linhagem	NTf (mg g ⁻¹)		NT g (mg g ⁻¹)		N-NO ₃ ⁻ (mg g ⁻¹)	
	com N	sem N	com N	sem N	com N	sem N
CNFC 8060	41,2 1	35,2 2	37,3 2	31,1 3	1,04 2	1,18 1
ESAL 629	41,2 1	37,4 1	34,0 3	34,4 2	1,12 2	1,09 2
HELTON 9	41,0 1	38,0 1	38,3 2	38,2 1	1,10 2	1,19 1
CV-46	40,7 1	31,0 3	37,8 2	36,7 1	0,85 4	1,07 2
OP-S-30	38,9 2	34,3 2	35,6 3	33,7 2	1,05 2	1,17 1
MA I-6.10	39,4 2	34,0 2	35,3 3	34,3 2	1,09 2	1,14 1
MA-I-2.5	40,1 2	35,3 2	35,2 3	34,8 2	1,09 2	1,18 1
RC-I-3	39,2 2	36,4 1	40,2 1	39,2 1	0,94 3	1,04 2
CHH-R-3-19	42,9 1	33,4 2	37,6 2	33,7 2	1,05 2	1,06 2
AN-LAV-51	39,7 2	35,1 2	38,4 2	35,7 2	0,88 4	0,96 3
CI-107	38,2 2	30,3 3	40,7 1	38,3 1	1,21 1	1,16 1
CNFC 8063	40,6 1	35,9 2	35,9 3	35,3 2	0,91 3	1,06 2
Médias	40,2 1	34,7 2	37,2 1	35,4 2	1,03 2	1,11 1
CV	6,1		5,8		6,50	

As médias seguidas de mesmo número pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

Os teores de N-solúvel, N-insolúvel e N-orgânico solúvel nas folhas de feijoeiro (Tabela 6) foram maiores com a aplicação de N. Esses resultados estão de acordo com outros trabalhos encontrados na literatura, em que os teores de nitrogênio solúvel aumentam, enquanto os de N-insolúvel aumentaram até certo limite com o acréscimo da dose de nitrogênio (Guazzelli, 1988; Mengel & Kirby, 1982; Osório & Freire, 1982). Porém, como foram aplicadas somente duas doses de N (0 e 64 kg ha⁻¹), não foi possível verificar até que ponto o teor de N-insolúvel aumenta com a adição de nitrogênio.

TABELA 6 – Teores médios de nitrogênio solúvel (NS), insolúvel (NIns.) e orgânico solúvel (N org. sol.) das linhagens cultivadas na ausência e na presença de N, nos municípios de Lavras, Lambari e Ijaci.

Linhagem	NS (mg g ⁻¹)		N Ins. (mg g ⁻¹)		N Org. Sol. (mg g ⁻¹)	
	com N	sem N	com N	sem N	com N	sem N
CNFC 8060	6,4 1	5,6 1	34,8 1	29,6 2	5,4 1	4,4 1
ESAL 629	6,7 1	5,9 1	34,5 1	31,5 1	5,6 1	4,8 1
HELTON 9	5,8 1	5,6 1	35,2 1	32,4 1	4,7 2	4,4 1
CV-46	6,3 1	5,1 2	34,6 1	25,9 4	5,4 1	4,1 2
OP-S-30	6,4 1	5,4 2	32,5 2	28,9 2	5,3 1	4,2 2
MA I-6.10	6,4 1	5,2 2	33,0 2	28,8 2	5,4 1	4,1 2
MA-I-2.5	6,4 1	5,9 1	33,7 2	29,5 2	5,3 1	4,7 1
RC-I-3	6,4 1	6,1 1	32,9 2	30,4 2	5,4 1	5,0 1
CIII-R-3-19	6,3 1	5,5 1	36,6 1	27,9 3	5,3 1	4,4 1
AN-LAV-51	6,5 1	5,4 2	33,1 3	29,7 2	5,6 1	4,4 1
CI-107	6,1 1	4,7 3	32,1 3	25,6 4	4,9 2	3,5 3
CNFC 8063	6,5 1	5,7 1	34,0 1	30,2 2	5,6 1	4,6 1
Médias	6,3	5,5	33,9	29,7	5,3	4,4
CV	8,8		6,8		10,6	

As médias seguidas de mesmo número pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

A maioria dos resultados experimentais evidencia que o teor de N-orgânico solúvel (aminoácidos, aminas, amidas e proteínas solúveis em água) aumenta com o suprimento inadequado de nitrogênio (Guazelli, 1988; Mengel & Kirby, 1982). Porém, esse aumento do N-orgânico solúvel também foi observado em condições de deficiência de nutrientes, como enxofre (Furtini Neto, 1988) e fósforo (Israel & Rufty, 1988; Rabe & Lovatt, 1986), devido ao rompimento da rede de síntese de proteínas. Por outro lado, em condições de suprimento adequado de nitrogênio e dos demais nutrientes, esses mesmos autores verificaram um aumento no teor de N-insolúvel. Tal fato se deve, provavelmente, à maior síntese protéica obtida com adequada disponibilidade destes nutrientes, diminuindo, assim, as concentrações de nitrogênio não protéico na planta (Israel & Rufty, 1988; Rabe & Lovatt, 1984).

4.1.3 Eficiência do uso de nitrogênio

Os índices de EUN (Thung, 1990) das linhagens observados nas safras anteriores (de inverno de 2004 e da águas 2004/2005) não se repetiram na safra estudada (Tabela 7). Além de ocorrer uma diminuição da amplitude desses índices de 37,7 para 15,3, houve, ainda, mudança na categorização das linhagens entre as safras. Das linhagens estudadas, muitas, classificadas como pouco responsivas e tolerantes à falta de N, como a CNFC 8060, passaram a pertencer ao grupo das mais responsivas e sensíveis à ausência de N. Possivelmente, as condições climáticas, o cultivo em áreas com solos diferentes e o critério de escolha das linhagens podem ter contribuído para as grandes alterações na EUN das linhagens.

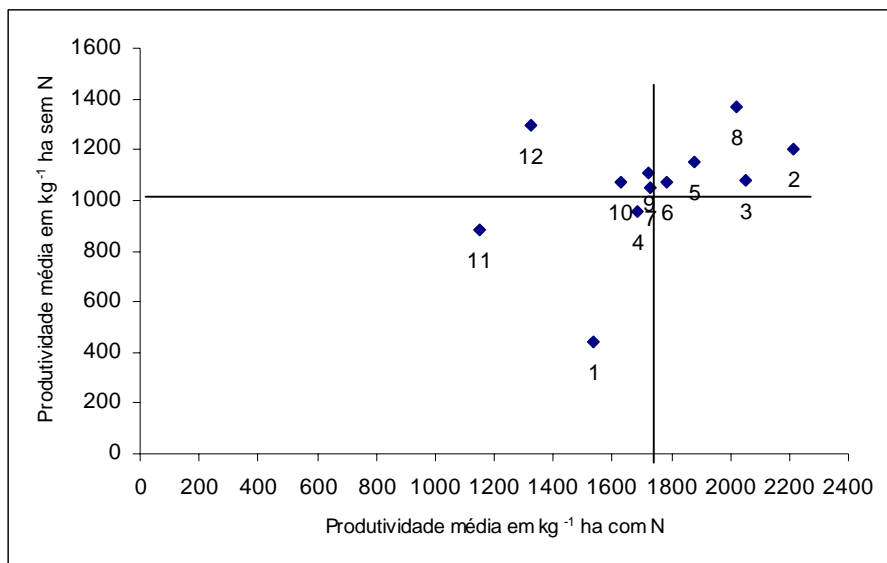
A correlação entre a EUN e a produtividade das linhagens com os teores das frações de N nas folhas e do N-Total no grão e na folha foi não significativa. Assim sendo, o metabolismo do N, avaliado apenas pelo fracionamento do N-total em N-nítrico, N-insolúvel e N-orgânico solúvel, não foi adequado para explicar as diferenças de produtividade e eficiência do uso de N entre as linhagens estudadas. Porém, há que se considerar que fatores como a inconstância na EUN das linhagens e a complexa dinâmica do N em experimentos no campo podem ter contribuído para esses resultados. Guazzelli (1988), em estudos de linhagens de feijoeiro submetidas a diferentes doses de nitrato em solução nutritiva, também não verificaram relação entre a produção de biomassa e EUN com os teores das frações de N na parte aérea do feijoeiro.

No entanto, as linhagens ESAL 629, MA-I-2.5 e H-9, que tiveram produtividades e índices de EUN mais ou menos constantes, em todos os locais estudados, apresentaram tendência a terem maiores concentrações de N-total no grão e nas folhas e de frações de N na folha, tanto no ambiente com N quanto no sem N.

TABELA 7 – Índices de eficiência de uso do nitrogênio (EUN) – conjunto dos municípios de Lavras, Lambari e Ijaci e Patos de Minas, nas safras anteriores (de “inverno” em 2004 e das “águas” em 2004/2005) e de Lavras, Lambari e Ijaci, na safra atual (da “seca” em 2005).

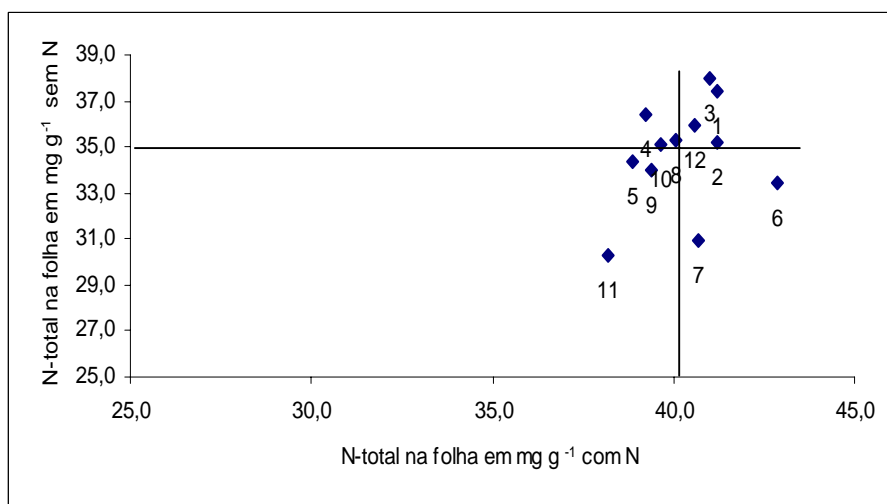
Linhagem	EUN (Thung, 1990) safras anteriores	Linhagem	EUN (Thung, 1990) safra atual
RC-I-3	18,30	RC-I-3	9,98
AN-LAV-51	17,50	AN-LAV-51	5,30
CV-46	16,00	CV-46	11,60
CNFC 8063	15,90	CNFC 8063	0,37
MA I-6.10	15,60	MA I-6.10	10,45
ESAL 629	15,60	ESAL 629	14,46
CIII-R-3-19	-2,98	CIII-R-3-19	10,34
CNFC 8060	-3,79	CNFC 8060	15,64
CI-107	-3,95	CI-107	3,80
OP-S-30	-6,05	OP-S-30	10,95
HELTON 9	-6,50	HELTON 9	13,91
MA-I-2.5	-19,40	MA-I-2.5	10,34

Para ilustrar a relação entre as frações de N, do N-total no grão e na folha com a produtividade e a EUN das linhagens, procedeu-se a categorização sugerida por Fox (1978), em que as linhagens são posicionadas em gráfico no qual o eixo “x” é a produção na dose alta e o eixo “y” é a produção na dose baixa. Neste gráfico, quatro quadrantes são definidos por retas perpendiculares aos eixos e posicionadas nas médias de produção de cada eixo. As linhagens são classificadas em função do quadrante que ocupam. “Eficiente responsiva” produz acima da média nos dois níveis do nutriente. “Ineficiente responsiva” produz abaixo da média no nível baixo, mas responde ao acréscimo de nutriente, posicionando-se acima da média no nível alto. “Eficiente não responsiva” fica acima da média no nível baixo, mas não responde ao acréscimo, ficando abaixo da média no nível alto. “Ineficiente não responsiva” está abaixo da média em ambos os níveis.



1 CNFC 8060; 2 ESAL 629; 3 H-9; 4 RC-I-3; 5 OP-S-30; 6 CIII-R-3-19; 7 CV-46; 8 MA-I-2.5; 9 MA-I-6.10; 10 AN-LAV-51; 11 CI-107; 12 CNFC 8063.

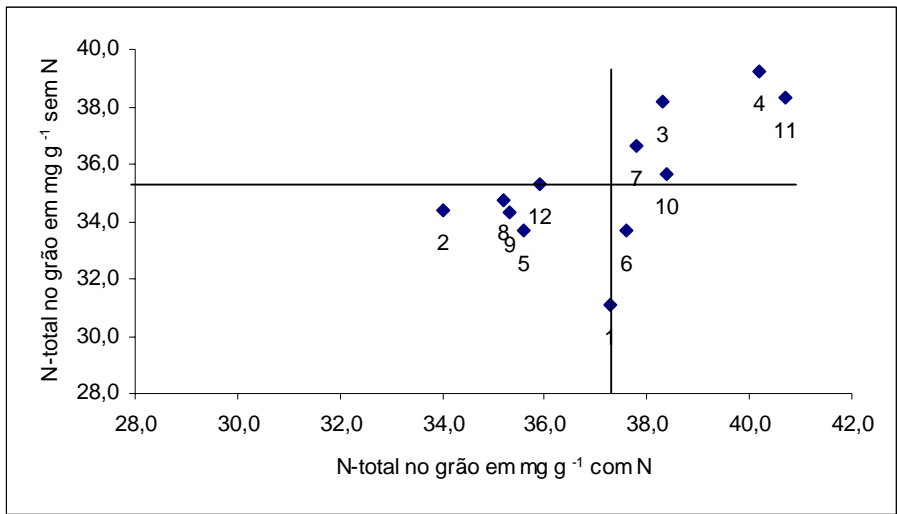
FIGURA 1 – Relação da produtividade das linhagens entre os ambientes com N e sem N.



1 CNFC 8060; 2 ESAL 629; 3 H-9; 4 RC-I-3; 5 OP-S-30; 6 CIII-R-3-19; 7 CV-46; 8 MA-I-2.5; 9 MA-I-6.10; 10 AN-LAV-51; 11 CI-107; 12 CNFC 8063.

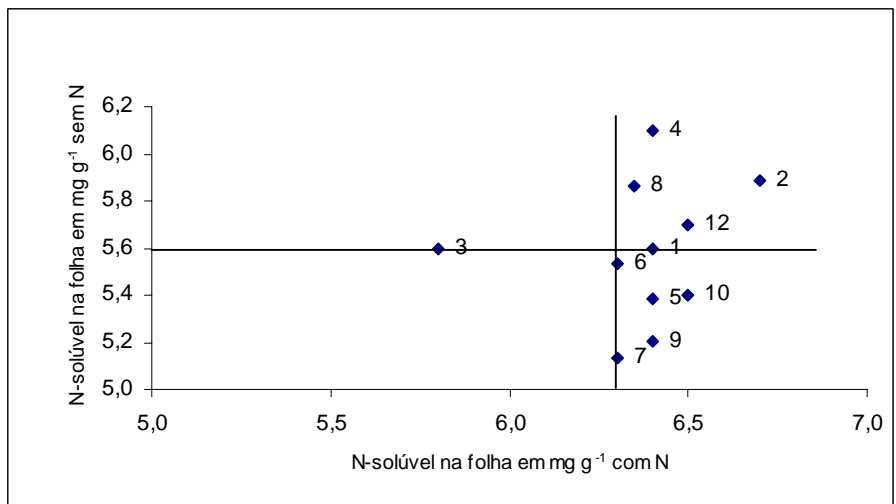
FIGURA 2 – Relação dos teores de N-total na folha das linhagens entre os

ambientes com e sem N.



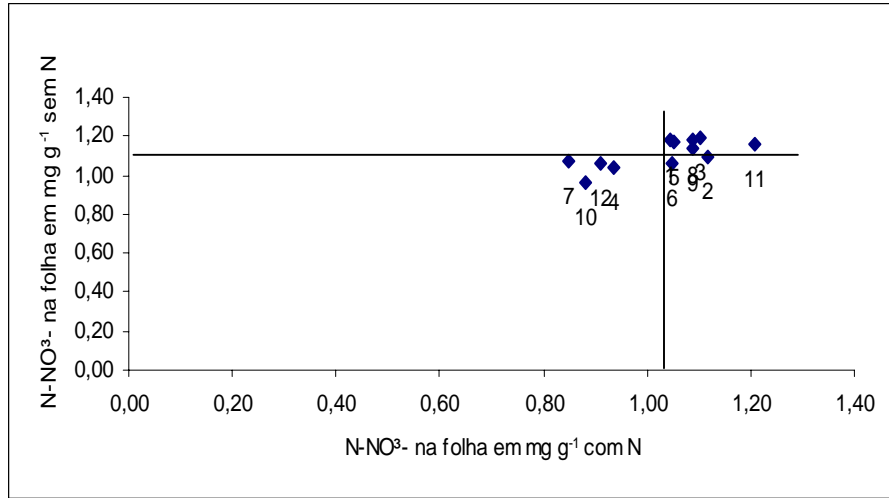
1 CNFC 8060; 2 ESAL 629; 3 H-9; 4 RC-I-3; 5 OP-S-30; 6 CIII-R-3-19; 7 CV-46; 8 MA-I-2.5; 9 MA-I-6.10; 10 AN-LAV-51; 11 CI-107; 12 CNFC 8063.

FIGURA 3 – Relação dos teores de N-total no grão das linhagens entre os ambientes com e sem N.



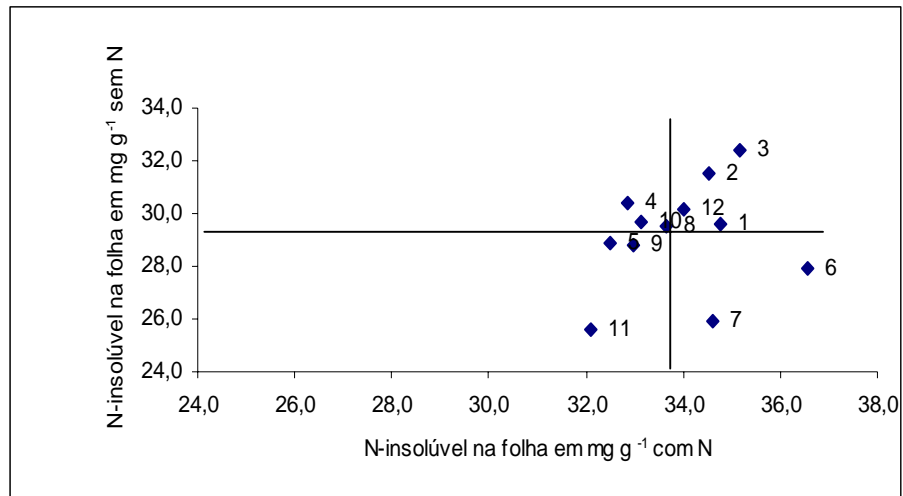
1 CNFC 8060; 2 ESAL 629; 3 H-9; 4 RC-I-3; 5 OP-S-30; 6 CIII-R-3-19; 7 CV-46; 8 MA-I-2.5; 9 MA-I-6.10; 10 AN-LAV-51; 11 CI-107; 12 CNFC 8063.

FIGURA 4 – Relação dos teores de N-solúvel das linhagens entre os ambientes com e sem N.



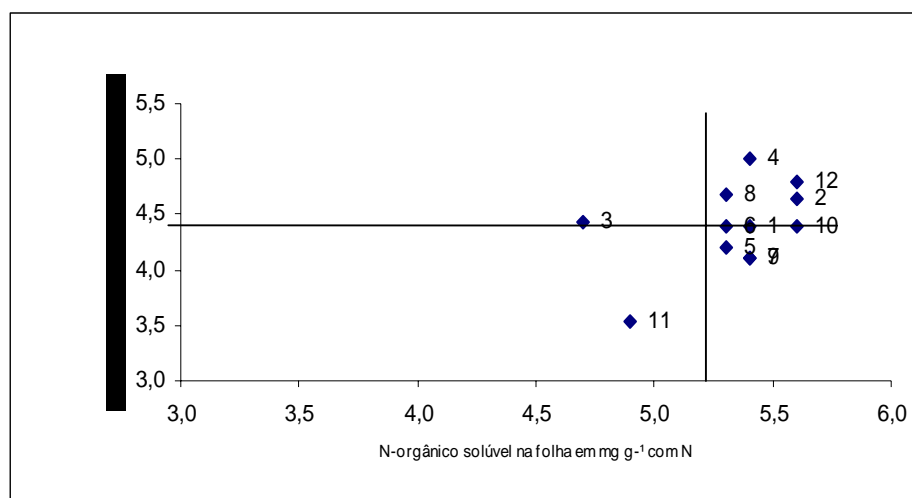
1 CNFC 8060; 2 ESAL 629; 3 H-9; 4 RC-I-3; 5 OP-S-30; 6 CIII-R-3-19; 7 CV-46; 8 MA-I-2.5; 9 MA-I-6.10; 10 AN-LAV-51; 11 CI-107; 12 CNFC 8063.

FIGURA 5 – Relação dos teores de N-NO₃⁻ as linhagens entre os ambientes com e sem N.



1 CNFC 8060; 2 ESAL 629; 3 H-9; 4 RC-I-3; 5 OP-S-30; 6 CIII-R-3-19; 7 CV-46; 8 MA-I-2.5; 9 MA-I-6.10; 10 AN-LAV-51; 11 CI-107; 12 CNFC 8063.

FIGURA 6 – Relação dos teores de N-insolúvel das linhagens entre os ambientes com e sem N.



1 CNFC 8060; 2 ESAL 629; 3 H-9; 4 RC-I-3; 5 OP-S-30; 6 CIII-R-3-19; 7 CV-46; 8 MA-I-2.5; 9 MA-I-6.10; 10 AN-LAV-51; 11 CI-107; 12 CNFC 8063.

FIGURA 7 – Relação dos teores de N-orgânico solúvel das linhagens entre os ambientes com e sem N.

Embora o comportamento das linhagens não tenha se mantido uniforme nas categorizações realizadas para a produtividade, teores de N-total na folha e no grão e das frações nitrogenadas nas folhas, nota-se que as linhagens ESAL 629 e MA-I-2.5 (2 e 8) apresentaram comportamento mais estável. Exceto para o teor de N-total no grão, estas foram categorizadas como eficientes e responsivas (E/R), na maioria das variáveis analisadas. Essa observação confirma que essas linhagens apresentam uma maior estabilidade em relação à produtividade e à EUN.

Em suma, apesar de, com as frações N, não ter sido possível explicar completamente as diferenças na EUN e na produtividade entre as linhagens de feijoeiro, não se devem desconsiderar as diferenças no metabolismo do N entre essas linhagens, quando submetidas a diferentes níveis de nitrogênio, com relação ao acúmulo de metabólitos nitrogenados, como encontrado em mostarda

por Kirkby (1968) e em capim-colonião por Silveira & Sant'ana (1988). Uma evidência a favor desse fato é o comportamento das linhagens ESAL 629 e MA-I-2.5. Parece que o uso das frações nitrogenadas na folha não é suficiente sensível para detectar estas diferenças.

4.2 Estudo por local

4.2.1 Produtividade de grãos

As médias de produtividade das linhagens, com aplicação ou não de N, foram maiores em Lavras, seguida por Lambari e, por último, Ijaci (Tabela 8). Destaca-se que a área na qual foi realizado o experimento em Lavras vem sendo cultivada há muitos anos e, devido ao uso de adubos e corretivos, a fertilidade do solo estava em melhores condições do que nos outros locais (Tabela 2), inclusive com resíduos de nitrogênio provenientes de cultivos anteriores.

Em Lavras, as linhagens CI-107, CNFC 8063, CNFC 8060, AN-LAV-51, CIII-R-3-19 e OP-S-30 apresentaram produtividades inferiores com a aplicação de N, e as demais não diferiram entre si (Tabela 8). Quando não foi aplicado o N, a linhagem CNFC 8060 apresentou a menor produtividade em relação às demais. Com exceção da CNFC 8060, no ambiente sem N, a produtividade de todas as linhagens foi alta, variando de 1.817 a 3.077 kg ha⁻¹, no ambiente com aplicação de N, e de 1.376 a 1.917 kg ha⁻¹, quando a aplicação de N não foi realizada.

Em Lambari, no ambiente com N, as linhagens ESAL 629, CIII-R-3-19, H- 9, MA-I-2.5, OP-S-30 e CV-46 apresentaram as maiores produtividades, se comparadas às demais, as quais foram semelhantes entre si. As linhagens CV-46, CNFC 8060 e CI-107 foram inferiores no ambiente sem aplicação de N e as restantes foram semelhantes entre si. Já no município de Ijaci, somente as

linhagens ESAL 629, OP-S-30 e MA-I-2.5 foram superiores no ambiente com aplicação de N, enquanto no ambiente sem N, as linhagens ESAL 629, MA-I-2.5, CV-46, CNFC 8063 e CI-107 apresentaram maior produtividade em relação às demais.

Embora o grupo das linhagens mais produtivas fosse alterado conforme o ambiente e os níveis de nitrogênio estudados, as linhagens ESAL 629, MA-I-2.5 estiveram sempre entre as mais produtivas em todos os locais e níveis de nitrogênio. Portanto, conforme comentado anteriormente, essas linhagens apresentaram uma maior estabilidade.

TABELA 8 – Produtividade média das linhagens de feijoeiro na ausência e na presença de N nos municípios de Lavras, Lambari e Ijaci.

Linhagem	Produção (kg/ha)					
	Lavras		Lambari		Ijaci	
	com N	sem N	com N	sem N	com N	sem N
CNFC 8060	1977 2	377 2	1318 2	500 2	1311 2	445 2
ESAL 629	2850 1	1376 1	2118 1	1267 1	1667 1	955 1
H-9	3077 1	1750 1	1751 1	1033 1	1322 2	445 2
CV-46	2450 1	1547 1	1718 1	700 2	1022 2	900 1
OP-S-30	2325 1	1677 1	1733 1	1089 1	1567 1	678 2
MA-I-6.10	2827 1	1633 1	1233 2	1133 1	1111 2	549 2
MA-I-2.5	2827 1	1900 1	1749 1	1266 1	1451 1	933 1
RC-I-3	2373 1	1417 1	1444 2	922 1	1245 2	522 2
CIII-R-3-19	2017 2	1533 1	2118 1	1067 1	1218 2	618 2
AN-LAV-51	2183 2	1733 1	1433 2	1156 1	1267 2	322 2
CI-107	1377 2	1500 1	1044 2	289 2	1033 2	867 1
CNFC 8063	1817 2	1917 1	1066 2	1111 1	1089 2	867 1
Médias	2342	1530	1569	949	1275	675
CV	21,7		27,8		24,7	

As médias seguidas de mesmo número pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

A maioria das linhagens apresentou um aumento na produtividade com a aplicação de nitrogênio. Esse fato corrobora os resultados obtidos por Furtini et al. (2006), Silva et al. (2000) e Soratto et al. (2001), que verificaram a resposta do feijoeiro à adubação nitrogenada de forma generalizada, em diferentes regiões do Brasil.

4.2.2 Frações de nitrogênio na planta

Os teores de N-total na folha e no grão e os teores das frações de nitrogênio na folha são apresentados nas Tabelas 9, 10 e 11. Em Lavras, os teores de N-solúvel e de N-orgânico solúvel foram maiores no ambiente sem N. Esses resultados não eram esperados, uma vez que uma maior disponibilidade de N no solo proporciona maior absorção e acúmulo de N na planta. Geralmente, o aumento desse acúmulo se dá, principalmente, nas forma de compostos nitrogenados solúveis (aminoácidos, aminas, amidas e proteínas solúveis em água) (Mengel & Kirby, 1982). Por outro lado, Israel & Rufty (1988) observaram, em trabalhos com deficiência mineral em aveia em solução nutritiva, que, em plantas com baixo suprimento de nitrato, ocorreu um maior acúmulo de N-insolúvel do que de N-solúvel em relação às plantas com fornecimento normal de nitrato. Entretanto, essa alta razão N-insolúvel/N-solúvel não é devido a um aumento na habilidade de síntese; isso apenas ilustra que a maior parte do N que está na planta é sintetizado em formas insolúveis em baixo suprimento de N. Porém, no referido trabalho, não há informações sobre a natureza do N-solúvel, o que torna impossível dizer que o processo de síntese foi influenciado pela falta de nitrato na solução nutritiva. Já os teores de N-total na folha e no grão, de N-NO₃⁻ e de N-Insolúvel foram maiores no ambiente com aplicação de N.

Em Lambari e Ijaci, o N-NO₃⁻ foi maior no ambiente sem N e os teores das demais frações de N na folha juntamente com o N-total no grão e na folha

foram superiores no ambiente com N, à exceção do teor de N-total no grão em Lambari, que não diferiu entre os ambientes com e sem N. Esses resultados concordam, em parte, com outros trabalhos da literatura, em que o N-total na folha e no grão (Moll et al., 1987; Srivastava & Ormond, 1986) e o N-orgânico solúvel aumentaram enquanto o N-insolúvel aumentou até certo limite com acréscimo da dose de nitrogênio (Guazzelli, 1988; Mengel & Kirby, 1982).

Nota-se que o comportamento das frações de nitrogênio em Lavras foi diferente dos outros locais, pois, ali, houve um decréscimo nos teores de N-orgânico solúvel, enquanto nos outros locais ocorreu um acréscimo dessa fração com a aplicação de N. Com o N-NO_3^- deu-se o contrário: houve um acréscimo no teor deste em Lavras e uma diminuição nos outros locais, quando realizou-se a aplicação de N. Vale ressaltar, conforme comentado anteriormente, que o solo no qual foi realizado o experimento em Lavras era mais fértil que nos outros dois locais.

Ocorreram diferenças entre as linhagens, quanto aos teores das frações de N na folha e de N-total, na folha e no grão, exceto no ambiente com N, para os teores de N-total e N-Insolúvel nas folhas em Lavras e Ijaci e para os teores de N-orgânico solúvel em Lavras. Porém, não houve uma correlação entre os teores das frações de N e do N-total na folha e no grão com a produtividade. Em Lambari e Ijaci, os teores de N-total na folha e a produtividade apresentaram uma correlação positiva de 0,672 e 0,346, respectivamente. Guazzelli (1988) também verificou diferenças entre as cultivares de feijoeiro submetidas às diferentes concentrações de nitrato em solução nutritiva, para os teores de N-total, N-nítrico, N-insolúvel e N-orgânico solúvel na folhas. No entanto, também não verificou correlação entre essas concentrações e a produtividade.

TABELA 9 – Teores médios de N-total na folha (NT f) e N-total no grão (NT g) das linhagens de feijoeiro, na ausência e na presença de N, nos municípios de Lavras, Lambari e Ijaci (média de três repetições).

Linhagem	NT f (mg g ⁻¹)						NT g (mg g ⁻¹)					
	Lavras		Lambari		Ijaci		Lavras		Lambari		Ijaci	
	com N	sem N	com N	sem N	com N	sem N	com N	sem N	com N	sem N	com N	sem N
CNFC 8060	46,0	45,0	38,6	29,3	39,0	31,3	39,3	35,0	37,6	29,6	35,0	28,7
ESAL 629	42,6	40,0	43,0	35,0	38,0	37,3	35,7	35,7	33,6	36,0	32,7	31,7
H-9	44,3	43,0	40,0	33,3	38,7	37,7	39,0	37,0	37,6	39,0	38,3	38,7
CV-46	39,0	29,6	36,0	34,0	39,7	31,0	38,7	36,7	36,3	39,3	38,3	34,0
OP-S-30	40,0	42,0	34,6	31,0	42,0	30,0	38,0	36,3	33,0	35,0	35,7	29,7
MA I-6.10	42,6	40,3	38,3	34,6	37,3	27,0	36,0	34,0	33,0	34,6	37,0	34,3
MA-I-2.5	42,3	40,6	38,6	33,3	39,3	32,0	35,7	35,3	34,3	36,3	35,7	32,7
RC-I-3	40,0	46,0	38,0	33,0	39,7	30,3	40,0	41,0	39,0	40,3	41,7	36,3
CIII-R-3-19	45,0	39,3	43,3	33,3	40,3	27,7	36,3	33,7	38,3	35,3	38,0	32,0
AN-LAV-51	42,3	44,0	37,0	32,3	39,7	30,0	40,7	37,0	37,3	35,0	37,3	35,0
CI-107	40,6	38,0	37,0	26,6	37,0	26,3	37,3	39,0	42,0	42,3	42,7	33,7
CNFC 8063	42,3	41,3	39,0	31,3	40,3	35,0	37	34,3	35,0	37,3	35,7	34,3
Médias	42,61	40,98	39,0	31,8	39,2	31,3	37,81	36,25	36,6	36,7	37,3	33,4
CV	5,9		5,4		7,1		4,01		6,0		7,0	

As médias seguidas de mesmo número na coluna pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

TABELA 10 – Teores de N-solúvel (NS) e N-insolúvel (N-Ins.) nas folhas das linhagens de feijoeiro, na ausência e na presença de N, nos municípios de Lavras, Lambari e Ijaci (média de três repetições)

Linhagem	NS (mg g ⁻¹)						N Ins. (mg g ⁻¹)					
	Lavras		Lambari		Ijaci		Lavras		Lambari		Ijaci	
	com N	sem N	com N	sem N	com N	sem N	com N	sem N	com N	sem N	com N	sem N
CNFC 8060	6,5	7,4	6,3	4,5	6,5	4,9	39,5	37,6	32,3	24,8	32,5	26,4
ESAL 629	5,9	6,7	7,5	5,3	6,6	5,6	36,7	33,2	35,5	29,6	31,4	31,7
H-9	4,7	6,5	6,3	5,0	6,4	5,3	39,6	36,4	33,7	28,3	32,3	32,4
CV-46	5,8	5,8	5,8	4,4	7,2	5,2	37,4	26,5	33,2	25,2	32,5	25,8
OP-S-30	6,6	7,1	5,9	4,2	6,6	4,8	33,4	34,8	28,7	26,8	35,4	25,2
MA I-6.10	6,7	7,4	5,8	4,7	6,8	3,5	35,9	32,9	32,5	29,9	30,5	23,5
MA-I-2.5	6,2	7,6	6,5	4,3	6,4	5,7	36,0	33,0	32,1	29,0	32,9	26,3
RC-I-3	5,8	9,0	6,2	4,3	7,0	5,0	34,2	37,0	31,7	28,7	32,7	25,4
CIII-R-3-19	5,9	7,3	5,9	4,5	7,1	4,6	39,1	31,9	37,4	28,8	33,2	23,1
AN-LAV-51	5,6	7,3	6,7	4,3	7,1	4,5	36,6	36,7	30,3	27,0	32,5	25,5
CI-107	5,8	6,4	6,0	3,7	6,5	4,0	34,8	31,6	31,0	22,9	30,5	22,3
CNFC 8063	5,7	6,5	6,8	4,9	7,0	5,7	36,6	34,8	32,2	26,4	33,3	29,3
Médias	5,9	7,1	6,3	4,5	6,8	4,9	36,7	33,9	32,7	27,2	32,5	26,4
CV	11,2		5,6		6,2		6,7		5,7		7,9	

As médias seguidas de mesmo número na coluna pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

TABELA 11 – Teores de nitrato (N-NO₃⁻) e N-orgânico solúvel (N Org. Sol) nas folhas das linhagens de feijoeiro, na ausência e na presença de N, nos municípios de Lavras, Lambari e Ijaci (média de três repetições).

Linhagem	N-NO ₃ ⁻ (mg g ⁻¹)						N Org. Sol. (mg g ⁻¹)																	
	Lavras		Lambari		Ijaci		Lavras		Lambari		Ijaci													
	com N	sem N	com N	sem N	com N	sem N	com N	sem N	com N	sem N	com N	sem N												
CNFC 8060	0,85	3	0,91	1	1,18	2	1,53	2	1,10	2	1,09	2	5,6	1	6,5	2	5,2	2	3,0	2	5,4	a	3,8	2
ESAL 629	0,98	2	0,70	2	1,32	1	1,55	2	1,05	2	1,01	1	4,9	1	6,0	3	6,2	1	3,8	1	5,6	a	4,6	1
H-9	0,88	3	0,79	2	1,44	1	1,73	1	0,99	2	1,06	1	3,8	1	5,7	3	4,9	3	3,3	1	5,4	a	4,2	1
CV-46	0,84	3	0,74	2	0,85	4	1,37	4	0,86	3	1,09	2	5,0	1	5,0	3	4,9	2	3,0	2	6,3	b	4,1	1
OP-S-30	0,60	4	0,74	2	1,30	1	1,60	2	1,26	1	1,18	2	6,0	1	6,4	2	4,6	3	2,6	3	5,3	a	3,6	2
MA I-6.10	1,05	2	0,77	2	1,34	1	1,48	3	0,87	3	1,16	2	5,6	1	6,6	2	4,5	3	3,2	1	5,9	b	2,3	3
MA-I-2.5	1,13	1	0,72	2	1,32	1	1,63	2	0,81	3	1,17	2	5,1	1	6,9	2	5,2	2	2,7	3	5,6	a	4,5	1
RC-I-3	1,12	1	0,58	3	0,97	3	1,44	3	0,73	3	1,12	2	4,6	1	8,4	1	5,3	2	2,9	2	6,3	b	3,8	1
CIII-R-3-19	0,80	3	0,69	3	1,29	1	1,53	2	1,05	2	0,97	1	5,1	1	6,7	2	4,6	3	3,0	2	6,1	b	3,6	2
AN-LAV-51	1,02	2	0,50	3	0,80	4	1,31	4	0,82	3	1,07	1	4,6	1	6,8	2	5,9	1	3,1	2	6,3	b	3,5	2
CI-107	0,90	3	0,88	1	1,36	1	1,47	3	1,36	1	1,13	2	4,9	1	5,5	3	4,6	3	2,2	3	5,1	a	2,9	3
CNFC 8063	0,84	3	0,71	2	1,15	2	1,37	4	0,78	3	1,11	2	4,9	1	5,8	3	5,7	1	3,5	1	6,2	b	4,6	1
Médias	0,92		0,73		1,20		1,50		0,97		1,10		5,0		6,4		5,1		3,0		5,8		3,8	
CV	8,38				5,39				6,34				12,6				7,9				7,7			

As médias seguidas de mesmo número na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

4.2.3 Eficiência de uso de nitrogênio

Os índices de EUN das linhagens de feijoeiro nos experimentos de Lavras, Lambari e Ijaci estão apresentados na Tabela 12. Verifica-se uma variação na categorização das linhagens quanto aos índices de EUN entre os locais. Conforme discutido anteriormente, o critério de escolha das linhagens, a baixa herdabilidade para EUN e a complexa dinâmica do nitrogênio no solo em experimentos realizados no campo são fatores que contribuem para tal variação na EUN do feijoeiro.

TABELA 12 – Índices de eficiência do uso do nitrogênio (EUN) dos municípios de Lavras, Lambari e Ijaci.

Linhagem	EUN (Thung ,1990)		
	Lavras	Lambari	Ijaci
CNFC 8060	22,9	11,7	12,4
ESAL 629	21,1	12,2	10,2
H-9	19,0	10,3	12,5
CV-46	12,9	14,5	1,7
OP-S-30	9,3	9,2	12,7
MA I-6.10	17,1	1,4	8,0
MA-I-2.5	13,2	6,9	7,4
RC-I-3	13,7	7,5	10,3
CIII-R-3-19	6,9	15,0	8,6
AN-LAV-51	6,4	4,0	13,5
CI-107	-1,8	10,8	2,4
CNFC 8063	-1,4	-0,6	3,2
Médias	11,6	8,6	8,6

Algumas linhagens, como CNFC 8060 e H-9, estão no grupo das que obtiveram o índice de EUN acima da média, ou seja, ficaram entre as mais responsivas nos três locais. Porém, essas duas linhagens apresentaram, apenas, uma produtividade média no ambiente com N e uma baixa produtividade sem a aplicação de N. A linhagem CNFC 8063 esteve sempre entre as que

apresentaram os índices de EUN abaixo da média, em todos os locais, ou seja, manteve-se sempre entre as menos responsivas. Entretanto, esta linhagem demonstrou uma baixa produtividade em todos os locais e níveis de N estudados.

Não houve relação entre os teores de N-total na folha e no grão e das frações de N na folha, com a EUN e a produtividade das linhagens. Resultados dessa natureza foram encontrados por Guazelli (1988), estudando três cultivares de feijoeiro submetidas a diferentes concentrações de NO_3^- .

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora, de forma geral, as linhagens tenham apresentado menores teores de nitrato com a aplicação de nitrogênio, esse resultado não era esperado, pois há várias evidências de que, com o aumento da disponibilidade do nitrogênio às plantas, ocorre um maior acúmulo de nitrato.

A principal hipótese deste trabalho foi verificar se o metabolismo do N avaliado somente por meio do fracionamento do N-total em N-solúvel, N-nítrico, N-insolúvel e N-orgânico solúvel explicaria as diferenças no comportamento das linhagens quanto à eficiência do uso do N (EUN). Porém, isso não foi possível completamente. Talvez, o fato de a maioria das linhagens ainda estar em fase de melhoramento, nas safras de “inverno” de 2004 e das “águas” de 2004/2005 (tendo se baseado nos índices de EUN para a escolha das linhagens a serem avaliadas neste trabalho), além da utilização de adubação nitrogenada no plantio (24 kg ha^{-1}), enquanto, na safra da “seca” de 2005 (em que foi realizado este trabalho), não ter sido aplicado N, podem ter contribuído para que a maioria das linhagens estudadas apresentasse uma considerável oscilação na produtividade e na EUN, entre as safras e os locais avaliados.

No caso das linhagens ESAL 629 e a MA-I-2.5, que apresentaram uma maior estabilidade na produtividade e na EUN entre os locais estudados e em relação às safras anteriores, verificou-se certa relação entre as frações nitrogenadas e estas tais variáveis. Visto isso, essas frações nitrogenadas possuem potencial para serem utilizadas como critério auxiliar no processo de seleção de linhagens de feijoeiro eficientes no uso de N. Para tanto, seria necessário a realização de novos trabalhos utilizando linhagens com

produtividades e EUN mais estáveis, tanto entre locais, quanto ao longo de diversas safras.

Outro aspecto importante, que deveria ser considerado em trabalhos posteriores, é a análise de outros componentes do metabolismo do N, tais como as enzimas redutase do nitrato (RN), glutamina sintetase (GS), glutamato sintase (GOGAT) e nitrogenase. Trabalhos dessa natureza têm sido realizados na cultura do milho.

A avaliação do metabolismo de N em enzima é mais específico e poderia complementar o estudo das frações nitrogenadas, na tentativa de explicar o comportamento diferencial das linhagens quanto a EUN. No entanto, para se ter uma viabilidade operacional, seria necessário a condução de um experimento mais reduzido em casa de vegetação, pois as análises dessas enzimas são mais complexas e precisam ser realizadas com tecido ainda verde.

6 CONCLUSÕES

1 As linhagens de feijoeiro apresentaram produtividade 63,7% maior quando foi realizada aplicação de N.

2 As linhagens ESAL 629 e a MA-I-2.5 destacaram-se na produtividade de grãos, em todos os locais e níveis de N.

3 As linhagens de feijoeiro diferiram com relação à EUN, sendo as mais eficientes as linhagens ESAL 629 e a MA-I-2.5.

4 Os teores de nitrato foram maiores sem a aplicação de N; por outro lado, os teores das demais frações de N e do N-total na folha e no grão foram mais elevados, quando realizou a aplicação de N.

5 Não se constatou boa associação entre os teores de N-total e frações de N nas folhas (N-nítrico, N-insolúvel, N-solúvel e N-orgânico solúvel) com a EUN entre as linhagens estudadas. Contudo, nas linhagens ESAL 629 e a MA-I-2.5, houve indicações de que as frações de N e N-total na folha poderiam explicar a maior EUN.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, P. E. **Resposta do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) as adubações nitrogenada e molibídica e a inoculação com Rhizobium leguminosarum bv. phaseoli.** 1995. 67 p. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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

AMBROSANO, E.J.; TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELA, H. Leguminosas e oleaginosas. In: RAIJ, B. van; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** 2.ed. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundação IAC, 1996a. p.189-203. (Boletim Técnico, 100).

AMBROSANO, E. J.; WUTKE, E. B.; AMBROSANO, G. M. B.; BULISANI, E. A.; BORTOLETO, N.; MARTINS, A. L. M.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; DE SORDI, G. Efeito do nitrogênio no cultivo de feijão irrigado no inverno. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 53, n. 2/3, p. 338-341, maio/dez. 1996b.

ANDRADE, M.J.B.; DINIZ, A.R.; CARVALHO, J.G.; LIMA, S.F. Resposta da cultura do feijoeiro à aplicação foliar de molibdênio e às adulações nitrogenadas de plantio e cobertura. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 22, n.4, p.499-508, 1998.

BANZIGER, M.; et al. Efficiency of high-nitrogen selection environments for improving maize for low-nitrogen target environments. **Crop Science**, Madison, v. 37, n. 4, p. 1103-1109, July/Aug. 1997.

BOLTON, J.; NOWAKOWSKI, T. Z.; LAZARUS, W. Sulphur-nitrogen interaction effects on the yield and composition af the protein-N, non-protein-N and soluble carbohydrates in perennial ryegrass. **Journal Science and Food Agriculture**, London, v. 27, n 6, p. 553-560, June 1976.

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, n. 1, p. 71-90, 1975.

CLARK, R. B.; DUNCAN, R. R. Improvement of plant mineral nutrition through breeding. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 27, n. 3, p. 219-240, Oct. 1991.

CREGAN, P. B.; BERKUM, P. Genetics of nitrogen metabolism and physiological/biochemical selection for increased grain crop productivity. **Theoretical and Applied Genetics**, Heidelberg, v. 67, n. 2/3, p. 97-111, 1984.

DOUGLAS, L. A.; WEAVER, R. W. Partitioning of nitrogen-15-labelled biologically fixed nitrogen and nitrogen-15-labelled nitrate in cowpea during pod development. **Agronomy Journal**, Madison, v. 78, n. 3, p. 499-502, May/June 1986.

DUBOIS, J. D.; BURRIS, R. H. Comparative study of N and distribution in three lines of common bean (*Phaseolus Vulgaris*, L.) at early pod filling stage. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 93, n. 1, p. 79-86, 1986.

DUNCAN, R. R.; CLARK, R. B.; FURLANI, P. R. Laboratory and field evaluations of sorghum for response to aluminum and acid soil. **Agronomy Journal**, Madison v. 75, n. 6, p. 1023-1026, Nov./Dec. 1983.

DWIVEDI, G. K. Tolerance of some pulses in acid soil. **Legume Research**, Haryana, v. 19, p. 40-46, 1996.

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**, Madison, v. 29, n. 6, p. 1393-1397, Nov./Dec. 1989.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina: Planta, 2006. 403 p.

FAGERIA, N. K.; ZIMERMANN, F. J. P.; BALIGAR, V. C. Lime and phosphorus interactions on growth and nutrient uptake by upland rice, wheat, common bean, and corn in oxisol. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 18, n. 11, p. 2519–2532, 1995.

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

FAQUIN, V. **Nutricao mineral de plantas**. Lavras: UFLA, 1994. 227 p. (Curso de Especializacao - Pos-Graduacao "Latu Senso" por tutoria a distancia: Solos e Meio Ambiente).

FEIL, B.; THIRAPORN, R.; STAMP, P. In vitro nitrate reductase activity of laboratory-grown seedlings as an indirect selection criterion for maize. **Crop Science**, Madison, v. 33, n. 6, p. 1280-1286, Nov./Dec. 1993.

FELIX, J. F.; OBATON, M.; MESSIAEN, C. N.; SALSAC, L. Nitrate reductase and nitrogenase activities of common beans (*Phaseolus Vulgaris*, L.) from different geographic locations. **Plant and Soil**, The Hague, v. 63, n. 3, p. 427-438, 1981.

FERNANDES, L. A.; FURTINI NETO, A. E.; VASCONCELOS, C. A.; GEDES, G. A. A. Preparo do solo e adubação nitrogenada na produtividade de milho em latossolo sob vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 247-254, abr./jun. 1998.

FERREIRA, D. F. 2003. **SISVAR** (Sistema para análise de variância de dados balanceados) v. 4. 3. Lavras, UFLA.

FISCHER, K. S.; JOHNSON, E. C.; EDMEADS, G. O. **Breeding and selection for drought in tropical maize**. Mexico: CIMMYT, 1983.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Faostat Agriculture Data**. 2000. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 12 nov. 2006

FOX, R. H. Selection for phosphorus efficiency in corn. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 9, n. 1, p. 13-37, 1978.

FOY, C. D.; FLEMING, A. L.; GERLOFF, G. C. Differential aluminum tolerance in two snap bean varieties. **Agronomy Journal**, Madison, v. 64, n. 6, p. 815–818, Nov./Dec. 1972.

FRANCO, A. A. Nutrição nitrogenada na cultura do feijoeiro. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 70, p. 4-5, jun. 1995.

FRANCO, A. A. Nutritional restraints for tropical grain legume symbiosis. In: VICENT, J. M. K.; WHITNEY, J. (Ed.). **Exploiting the legume-Rhizobium in tropical agriculture**. Hawai: University of Hawai, 1997. p. 237-252.

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

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.

GRAHAM, P. H. Some problems of nodulation and symbiotic nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris* L. : A review. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 4, n. 2, p. 93-112, 1981.

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. 112 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

HUNGRIA, M.; NEVES, M. C. P.; VICTORIA, R. L. Assimilação do nitrogênio pelo feijoeiro. I. Atividade da nitrogenase, da redutase do nitrato e transporte do nitrogênio na seiva do xilema. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9, n 3, p. 193-200, set./dez. 1985.

ISRAEL, D. W.; RUFTY, T. W. Jr. Influence of phosphorus nutrition on phosphorus and nitrogen utilization efficiencies and associated physiological responses in soybean. **Crop Science**, Madison, v. 28, n. 6, p. 954-960, Nov./Dec. 1988.

JOKELA, W. E.; RANDALL, G. W. Fate of fertilizer nitrogen as affected by time and rate of application on corn. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 61, n. 6, p. 1695-1703, Nov./Dec. 1997.

KIRKBY, E. A. Influence of ammonium and nitrate nutrition on the cation-anion balance and nitrogen and carbohydrate metabolism of white mustard plants grown in dilute nutrient solutions. **Soil Science**, Baltimore, v. 105, n 3, p. 133-41, Mar. 1968.

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B. Efficiency of nitrogen utilization of white oat cultivars in relation to nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1033-1038, nov./dez. 2003

LIANG, B. C.; MacKENZIE, A. F. Corn yield, nitrogen uptake and nitrogen use efficiency as influenced by nitrogen fertilization. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 74, n. 2, p. 235-240, May 1994.

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

LYNCH, J. P.; BEEBE, S. E. Adaptation of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) to low phosphorous availability. **HortScience**, Alexandria, v. 30, n. 6, p. 1165–1171, Oct. 1995.

MACHADO, A. T. **Perspectiva do melhoramento genético em milho (Zea mays L.) visando eficiência no uso do nitrogênio**. Rio de Janeiro, 1997. 219 p. Tese (Doutorado em Genética e melhoramento de Plantas) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 256 p.

MALAVOLTA, E.; NEPTUNE, A. M. L. Características e eficiência dos adubos nitrogenados. In: CAMARGO, O. A. de (Ed.). **Boletim informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas: SBCS, 1983. p. 4-14.

MATOS, J. W. de. **Análise crítica do programa de melhoramentogenético do feijoeiro da UFLA no período de 1974 a 2004**. 2005. 116 p. (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MCCULLOUGH, D. E.; GIRARDIN, P. H.; MIHAJLOVIC, M.; AGUILERA, A.; TOLLENAAR, M. Influence of N supply on development and dry matter accumulation of old and a new maize hybrid. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 74, n. 3, p. 471-474, July 1994.

- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. Berna: International Potash Institute, 1982. 655 p.
- MERCANTE, F. M.; FRANCO, A. A.; MUNNS, D. N. **A inoculação do feijoeiro comum com rizóbio**. Seropédica: Embrapa-CNPAF, 1992. (Comunicado Técnico, 10).
- MOLL, R. H.; KAMPRATH, E. J.; JACKSON, W. A. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, n. 3, p. 562-564, May/June 1982.
- MOLL, R. H.; KAMPRATH, E. J.; JACKSON, W. A. Development of nitrogen-efficient prolific hybrids of maize. **Crop Science**, Madison, v. 27, n. 2, p. 181-185, Mar./Apr. 1987.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 2002. 626 p.
- NEHMI, I. M. D.; FERRAZ, J. V.; NEHMI FILHO, V. A.; SILVA, M. L. (Coords.) **AGRIANUAL 2000: Anuário Estatístico do Brasil**. São Paulo: Argos Comunicações, 1999. p. 507-520.
- NOBLE, A. D.; LEA, J. D.; FEY, M. V. Genotypic tolerance of selected dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars to soluble Al and to acid, low P soil conditions. **South African Journal Plant Soil**, Pretoria, v. 2, p. 113-119, 1985.
- OLIVEIRA, I. P.; ARAUJO, R. S.; DUTRA, L. G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. (Ed.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. p. 169-221.
- ORTEGA, J.; THUNG, M. Metodología simultanea de "screening" por la eficiencia en el uso de bajo niveles de fosforo y por la tolerancia a toxicidad de aluminio y manganeso en suelos adversos para frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). **Suelos Ecuatoriales**, Santa Fé de Bogotá, v. 17, p. 146-151, 1987.
- OSÓRIO, C. A. S.; FREIRE, J. R. J. Experimento sobre os efeitos do nitrogênio mineral na simbiose *Phaseolus vulgaris/Rhizobium phaseoli*. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 67-77, 1982.
- PARSONS, R.; BARKER, A. Cycling of amino compounds in symbiotic lupin.

Journal of Experimental Botany, Oxford, v. 47, n. 296, p. 421-429, Mar. 1996.

PECK, N. H.; MacDONALD, G. E. Snap bean plant responses to nitrogen fertilization. **Agronomy Journal**, Madison, v. 76, n. 2, p. 247-253, Mar./Apr. 1984.

PURCINO, A. C. C.; MAGNAVACA, R.; MACHADO, A. T.; MARRIEL, I. E.; MAGALHÃES, J. R. Nitrato redutase em genótipos antigos e modernos de milho. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE NITROGÊNIO EM PLANTAS, I., 1990, Seropédica. **Anais...** Seropédica: UFRJ. Imprensa Universitária, 1990. p. 491-492.

RABE, E.; LOVATT, C. J. De novo arginine biosynthesis in leaves of phosphorus-deficient citrus and Poncirus species. **Plant Physiology**, Rockville, v. 76, n. 3, p. 747-752, 1984.

RABE, E.; LOVATT, C. J. Increased arginine biosynthesis during phosphorus deficiency. **Plant Physiology**, Rockville, v. 81, n. 3, p. 774-779, July 1986.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1991. 343 p.

RENNIE, R. J. Comparison N balance and ¹⁵N isotope dilution to quantify N₂ fixation in field grown legumes. **Agronomy Journal**, Madison, v. 76, n. 5, p. 785-790, Sept. 1984.

ROSIELLE, A. A.; HAMBLIN, J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. **Crop Science**, Madison, v. 21, n. 1, p. 943-946, Jan./Feb. 1981.

ROSOLEM, C. A. **Nutrição e adubação do feijoeiro**. Piracicaba: POTAFOS, 1987. 93 p.

ROSOLEM, C. A.; MARUBAYASHI, O. M. Seja o doutor do seu feijoeiro. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v. 68, p. 1-16, 1994. (Encarte especial).

SCULLY, B. T.; WALLACE, D. H.; VIANDS, D. R. Heritability and correlation of biomass, growth rates, harvest index, and phenology to yield of common bean. **Journal of the America Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 116, n. 1, p. 127-130, Jan. 1991.

- SILVA, F. C. **Eficiência de uso de nitrogênio por seis cultivares de milho.** 2002. 61 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, SP.
- SILVA, T. R. B.; SORATTO, R. P.; CHIDI, S. N.; ARF, O.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do feijoeiro de inverno. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 9, p. 1-17, 2000.
- 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. 135-145, fev. 1988.
- SINGH, S. P. Broadening the genetic base of common bean cultivars: a review. **Crop Science**, Madison, v. 41, n. 6, p. 1659-1675, Nov./Dec. 2001.
- SORATTO, R. P.; SILVA, T. R. B.; ARF, O.; CARVALHO, M. A. C. Níveis e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura no feijoeiro irrigado em plantio direto. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 10, p. 89-99, 2001.
- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Adubação com nitrogênio. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 129-145.
- SRIVASTAVA, H. S.; ORMOND, D. P. Effects of nitrogen dioxide and nitrate nutrition on nodulation nitrogenase activity, growth and nitrogen content of bean plants. **Plant Physiology**, Maryland, v. 81, n 3, p. 737-741, July 1986.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e de outros materiais**. Porto Alegre : UFRGS, 1995. 174 p. (UFRGS. Boletim Técnico, 5).
- THUNG, M. Phosphorus: a limiting nutrient in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production in Latin America and field screening for efficiency and response. In: EL BASSAM et al. (Ed.). **Genetic aspects of plant mineral nutrition**. Dordrecht: Netherlands:Kluwer, 1990. p. 501-521.
- VALÉRIO, C. R. **Resposta do feijoeiro comum ao nitrogênio no plantio, em cobertura e em diferentes safras.** 2002. 62 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

VIEIRA, C. Adubação Mineral e Calagem. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa, 1998a. p. 123-152.

VIEIRA, N. M. B.; ANDRADE, M. J. B. **Crescimento e marcha de absorção de nutrientes no feijoeiro cvs. BRS-MG Talismã e Ouro Negro, em plantio direto e convencional**. 2006. 145 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

WESTERMANN, D.; SINGH, S. P. Patterns of response to zinc deficiency in dry bean of different market classes. **Annual Report Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 43, n. 1, p. 5–6, 2000.

WHITEAKER, G.; GERLOFF, G. C.; GABELMAN, W. B.; LINDGREN, D. Intraspecific differences in growth of beans at stress levels of phosphorus. **Journal of the America Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 101, n. 4, p. 472–475, July 1976.

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**, Madison, v. 35, n. 4, p. 1086–1093, July/Aug. 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**, Madison, v. 35, n. 4, p. 1094–1099, July/Aug. 1995b.

ANEXOS

ANEXO A		Página
TABELA 1A	Resumo das análises de variância, por nível de N, em cada local para produtividade de grãos, em kg ha ⁻¹ , obtido na avaliação de linhagens de feijoeiro.	60
TABELA 2A	Resumo das análises de variância, por nível de N, em cada local para N total na folha, em mg g ⁻¹ , obtido na avaliação de linhagens de feijoeiro.....	60
TABELA 3A	Resumo das análises de variância, por nível de N, em cada local para N total no grão, em mg g ⁻¹ , obtido na avaliação de linhagens de feijoeiro.....	61
TABELA 4A	Resumo das análises de variância, por nível de N, em cada local para N solúvel, em mg g ⁻¹ , obtido na avaliação de linhagens de feijoeiro.....	61
TABELA 5A	Resumo das análises de variância, por nível de N, em cada local para N insolúvel, em mg g ⁻¹ , obtido na avaliação de linhagens de feijoeiro.....	62
TABELA 6A	Resumo das análises de variância, por nível de N, em cada local para N-NO ₃ , em mg g ⁻¹ , obtido na avaliação de linhagens de feijoeiro.....	62
TABELA 7A	Resumo das análises de variância, por nível de N, em cada local para N orgânico solúvel, em mg g ⁻¹ , obtido na avaliação de linhagens de feijoeiro.....	63
TABELA 8A	Resumo das análises de variância conjunta, envolvendo linhagens e níveis de nitrogênio, do experimento de Lavras, para produtividade de grãos (kg há ⁻¹) e teores (mg g ⁻¹) de nitrogênio total na folha e no grão, nitrato na folha, nitrogênio solúvel, nitrogênio insolúvel e nitrogênio orgânico solúvel, obtidos na avaliação de linhagens de feijão.....	63

TABELA 9A	Resumo das análises de variância conjunta, envolvendo linhagens e níveis de nitrogênio, do experimento de Lambari, para produtividade de grãos (kg há^{-1}) e teores (mg g^{-1}) de nitrogênio total na folha e no grão, nitrato na folha, nitrogênio solúvel, nitrogênio insolúvel e nitrogênio orgânico solúvel, obtidos na avaliação de linhagens de feijão.....	64
TABELA 10A	Resumo das análises de variância conjunta, envolvendo linhagens e níveis de nitrogênio, do experimento de Ijaci, para produtividade de grãos (kg há^{-1}) e teores (mg g^{-1}) de nitrogênio total na folha e no grão, nitrato na folha, nitrogênio solúvel, nitrogênio insolúvel e nitrogênio orgânico solúvel, obtidos na avaliação de linhagens de feijão.....	65

TABELA 1A - Resumo das análises de variância, por nível de N, em cada local para produtividade de grãos, em kg ha⁻¹, obtidas na avaliação de linhagens de feijoeiro.

Fv	GL	QM					
		Lavras		Lambari		Ijaci	
		Com N	Sem N	Com N	Sem N	Com N	Sem N
Blocos	2	129363,194	135058,333	357111,861	163707,243	133202,694	702,503
Linhagens	11	761765,846**	484381,818*	396222,331*	284571,361**	125715,778	148044,421**
Erro	22	171160,164	175321,970	126604,801	80183,025	78385,240	39589,124
Média		2341,5	1530	1569	949	1275	675
CV		17,64	27,37	22,80	29,46	21,95	29,48

TABELA 2A - Resumo das análises de variância, por nível de N, em cada local, para N total na folha, em mg g⁻¹, obtidas na avaliação de linhagens de feijoeiro.

Fv	GL	QM					
		Lavras		Lambari		Ijaci	
		Com N	Sem N	Com N	Sem N	Com N	Sem N
Blocos	2	0,361	0,750	1,361	0,750	4,750	10,111
Linhagens	11	10,452	39,152**	17,475**	17,727**	5,765	41,422**
Erro	22	9,209	3,811	4,210	3,204	6,447	5,717
Média		42,61	40,98	39,0	31,8	39,2	31,3
CV		7,12	4,76	5,28	5,62	6,47	7,64

TABELA 3A - Resumo das análises de variância, por nível de N, em cada local, para N total no grão, em mg g⁻¹, obtidas na avaliação de linhagens de feijoeiro.

Fv	GL	QM					
		Lavras		Lambari		Ijaci	
		Com N	Sem N	Com N	Sem N	Com N	Sem N
Blocos	2	0,111	2,333	5,444	0,194	11,083	4,333
Linhagens	11	8,997*	13,523**	22,566**	32,573**	23,273*	22,614**
Erro	22	3,293	1,242	4,263	5,588	8,902	3,606
Média		37,81	36,25	36,6	36,7	37,3	33,4
CV		4,80	3,07	5,67	6,44	7,99	5,68

TABELA 4A - Resumo das análises de variância, por nível de N, em cada local, para N solúvel, em mg g⁻¹, obtidas na avaliação de linhagens de feijoeiro.

Fv	GL	QM					
		Lavras		Lambari		Ijaci	
		Com N	Sem N	Com N	Sem N	Com N	Sem N
Blocos	2	2,886*	0,854*	0,014	0,034	0,495	0,181
Linhagens	11	0,853	1,930**	0,757**	0,560**	0,274	1,366**
Erro	22	0,668	0,238	0,151	0,037	0,210	0,063
Média		5,933	7,08	6,3	4,5	6,8	4,9
CV		13,71	6,87	6,15	4,23	6,78	5,10

TABELA 5A - Resumo das análises de variância, por nível de N, em cada local, para N insolúvel, em mg g⁻¹, obtidas na avaliação de linhagens de feijoeiro.

Fv	GL	QM					
		Lavras		Lambari		Ijaci	
		Com N	Sem N	Com N	Sem N	Com N	Sem N
Blocos	2	1,439	0,754	1,603	0,534	3,162	8,712
Linhagens	11	12,022	28,627**	15,633**	13,854**	5,171	30,726**
Erro	22	8,478	3,235	3,158	2,879	5,229	5,254
Média		36,65	33,87	32,7	27,2	32,5	26,4
CV		7,94	5,31	5,46	6,21	7,04	8,68

TABELA 6A - Resumo das análises de variância, por nível de N, em cada local, para N-NO₃, em mg g⁻¹, obtidas na avaliação de linhagens de feijoeiro.

Fv	GL	QM					
		Lavras		Lambari		Ijaci	
		Com N	Sem N	Com N	Sem N	Com N	Sem N
Blocos	2	0,005	0,001	0,005	0,000	0,006	0,006
Linhagens	11	0,068**	0,038**	0,133**	0,044**	0,117**	0,012
Erro	22	0,008	0,001	0,005	0,006	0,003	0,006
Média		0,918	0,728	1,20	1,50	0,97	1,10
CV		9,90	5,26	5,72	5,25	5,90	6,80

TABELA 7A - Resumo das análises de variância, por nível de N, em cada local, para N orgânico solúvel, em mg g⁻¹, obtidas na avaliação de linhagens de feijoeiro.

Fv	GL	QM					
		Lavras		Lambari		Ijaci	
		Com N	Sem N	Com N	Sem N	Com N	Sem N
Blocos	2	2,642*	0,811	0,021	0,037	0,442	0,114
Linhagens	11	0,953	2,189**	0,907**	0,520**	0,591*	1,427**
Erro	22	0,651	0,241	0,157	0,053	0,203	0,081
Média		5,01	6,35	5,1	3,0	5,8	3,8
CV		16,01	7,70	7,73	7,60	7,77	7,47

TABELA 8A - Resumo das análises de variância conjunta, envolvendo linhagens e níveis de nitrogênio, do experimento de Lavras, para produtividade de grãos (kg ha⁻¹) e teores (mg g⁻¹) de nitrogênio total na folha (NTf) e no grão (NTg), nitrato na folha (N-NO₃⁻), nitrogênio solúvel (NS), nitrogênio insolúvel (NIns.) e nitrogênio orgânico solúvel (N org. sol.), obtidas na avaliação de linhagens de feijão.

Fv	GL	QM						
		Produção	Nt f	Nt g	N-sol	N-insol	N-NO ₃ ⁻	N-org sol
Blocos	4	132210,7635	0,5555	1,222	1,87	1,097	0,003	0,278
Linhagens (L)	11	769673,832**	23,711**	17,601**	1,748**	20,892**	0,035**	1,703**
Níveis (N)	1	11951975,347**	48,347**	43,556**	23,576**	139,445**	0,642**	32,000**
LxN	11	476473,832**	25,892**	4,919*	1,036	19,756**	0,070**	1,439**
Erro	44	173241,067	6,51	2,268	0,453	5,857	0,045	0,142
Média		1935,75	41,795	37,03	6,507	35,26	0,823	4,8
CV		21,73	5,99	4,01	11,18	6,72	8,38	12,64

TABELA 9A - Resumo das análises de variância conjunta, envolvendo linhagens e níveis de nitrogênio, do experimento de Lambari, para produtividade de grãos (kg ha^{-1}) e teores (mg g^{-1}) de nitrogênio total na folha (NTf) e no grão (NTg), nitrato na folha (N-NO_3^-), nitrogênio solúvel (NS), nitrogênio insolúvel (NIns.) e nitrogênio orgânico solúvel (N org. sol.), obtidas na avaliação de linhagens de feijão.

Fv	GL	QM						
		Produção	Nt f	Nt g	N-sol	N-insol	N-NO ₃ ⁻	N-org sol
Blocos	4	82032177,431	1,056	2,819	0,024	1,069	0,003	0,029
Linhagens (L)	11	501096,419**	26,571**	39,862**	1,042**	20,850**	0,150**	1,107**
Níveis (N)	1	6468005,556**	896,056**	1,125	58,500**	496,650	1,733**	80,053**
LxN	11	179657,616	8,631*	15,276**	0,275**	8,637	0,027**	0,320**
Erro	44	103393,913	3,707	4,926	0,094	3,019	0,006	0,105
Média		1259	35,4	36,65	5,4	29,95	1,35	4,05
CV		27,55	5,37	6,01	5,59	5,74	5,39	7,87

TABELA 10A - Resumo das análises de variância conjunta, envolvendo linhagens e níveis de nitrogênio, do experimento de Ijaci, para produtividade de grãos (kg ha^{-1}) e teores (mg g^{-1}) de nitrogênio total na folha (NTf) e no grão (NTg), nitrato na folha (N-NO_3^-), nitrogênio solúvel (NS), nitrogênio insolúvel (NIns.) e nitrogênio orgânico solúvel (N org. sol.), obtidas na avaliação de linhagens de feijão.

Fv	GL	QM						
		Produção	Nt f	Nt g	N-sol	N-insol	N-NO ₃ ⁻	N-org sol
Blocos	4	66952,599	7,431	7,708	0,338*	5,937	0,006	0,278*
Linhagens (L)	11	144857,074*	24,586**	34,883**	0,762**	18,723**	0,064**	1,096**
Níveis (N)	1	6483000,347**	1136,056**	276,125**	62,720**	664,301**	0,271**	71,401**
LxN	11	128804,468*	22,601**	11,004	0,878**	17,174**	0,065**	0,921**
Erro	44	58987,182	6,082	6,254	0,137	5,242	0,005	0,142
Média		975	35,25	35,35	5,85	29,45	1,04	4,8
CV		25,02	7,06	6,96	6,23	7,89	6,34	7,74