

Comportamento dos genótipos de feijoeiro em relação à adubação com nitrogênio mineral e inoculação com rizóbio¹

Neiva Maria Batista Vieira²; Messias José Bastos de Andrade³; Fátima Maria Souza Moreira⁴; Vanessa Maria Pereira e Silva⁵ e Abner José Carvalho⁶

Resumo – Com o objetivo de avaliar a resposta dos genótipos de feijoeiro à adubação com nitrogênio mineral e à inoculação com rizóbio, foram instalados três ensaios em campo. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, com três repetições e esquema fatorial 7 x 4, envolvendo sete genótipos de feijoeiro e outros quatro tratamentos: 1) Fósforo e potássio (PK) + N (fonte uréia, 20kg/ha na semeadura e 30kg/ha em cobertura); 2) PK + inoculação das sementes com rizóbio; 3) Somente inoculação das sementes; 4) Testemunha (sem adubação e sem inoculação). Utilizou-se inoculante turfoso da estirpe SEMIA 4077 de *Rhizobium tropici* ou sua mistura com SEMIA 4080 de *R. leguminosarum* bv. *phaseoli*, na base de 500g de inoculante para 25kg de semente. Foram avaliados: massa seca de nódulos, massa seca da parte aérea e rendimento de grãos. O rendimento de grãos do feijoeiro foi dependente dos genótipos e da adubação nitrogenada ou inoculação das sementes, mas não houve comportamento diferencial dos genótipos em relação a estes tratamentos.

Termos para indexação: *Phaseolus vulgaris*, fixação biológica de N₂, *Rhizobium* spp.

Behavior of common bean genotypes in relation to mineral N fertilization and seed *Rhizobium* inoculation

Abstract – In order to evaluate the response of bean genotypes to different strategies of N supply, three field experiments were carried out. The statistical design was randomized blocks, with three replications in a 7 x 4 factorial scheme, involving seven bean genotypes and four kinds of N supply: 1) PK + N (urea source, 20kg/ha at planting and 30kg/ha at covering), 2) PK + *Rhizobium* inoculation, 3) Only *Rhizobium* inoculation and 4-control (without fertilizer and without *Rhizobium* inoculation). The inoculum was made with peatland of *Rhizobium tropici* strain SEMIA 4077 or its mixture with *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* strain SEMIA 4080 in the proportion of 500g of inoculum: 25kg of seed. Grain and shoots yield and nodules dry weight were evaluated. The grain yield of the common bean was dependent of the bean genotypes, of the mineral N fertilization and of the seed inoculation, but there was not differential behavior of the genotypes in relation to these treatments.

Index terms: *Phaseolus vulgaris*, biological N₂ fixation, *Rhizobium* spp.

Introdução

Dentre as leguminosas, o feijoeiro é uma das espécies em que a fixação biológica de nitrogênio

(FBN) se apresenta com menor eficiência, em decorrência de diversos fatores relacionados ao ambiente, à bactéria, à planta e à interação destes. Entre outros aspectos, concor-

rem para esta baixa eficiência: a) o fato de a seleção de novas cultivares sempre ter ocorrido na presença de fertilizantes nitrogenados (Cassini & Franco, 1998), devido ao

Aceito para publicação em 14/9/2004.

¹Parte integrante de trabalho financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – Fapemig;

²Eng. agr., bolsista CNPq, Rua Dr. Backer, 165/401, 37200-000 Lavras, MG, fones: (35) 9103-0884 e 3821-4016, e-mail: neivavieira@yahoo.com.br.

³Professor, D.Sc./bolsista CNPq; UFLA, Departamento de Agricultura, 37200-000 Lavras, MG, C.P. 37, fones: (35) 3829-1327, 3821-6681 e 8809-8103, e-mail: mandrade@ufla.br.

⁴Professora, D.Sc./bolsista CNPq; UFLA, Departamento de Ciência do Solo, 37200-000 Lavras, MG, C.P. 37, fone: (35) 3829-1254, e-mail: fmoreira@ufla.br.

⁵Acadêmica do 8º módulo Agronomia; Rua Dr. Armando Amaral, 95/201, Bairro Pe. Dehon, 37200-000 Lavras, MG, fone: (35) 3821-6681, e-mail: vanessamps@hotmail.com.

⁶Eng. agr., Av. Dr. Sílvio Menicucci, 1.520/102, Bairro Centenário, 37200-000 Lavras, MG, fones: (35) 3826-4328 e 9962-0364, e-mail: abjocar@yahoo.com.br.

efeito supressor deste nutriente em relação à capacidade nodulatória e fixação simbiótica; b) a baixa tolerância do *Rhizobium* à acidez e às variações de temperatura do solo (Andrade & Ramalho, 1995); c) o curto ciclo cultural do feijoeiro; d) a baixa capacidade competitiva do rizóbio inoculado em relação aos microrganismos nativos do solo (inclusive rizóbio nativo). Estes fatores dificultam o uso prático da inoculação do feijoeiro pelos produtores.

Existe expressiva variabilidade entre cultivares, assim como entre genótipos selvagens de *P. vulgaris* L., quanto ao número de nódulos, massa nodular, atividade da nitrogenase e nitrogênio acumulado (Franco et al., 1995), precocidade da nodulação e aumento na massa ou tamanho nodular (Herridge & Danso, 1995).

Há muito se sabe da importância do genótipo da planta no mecanismo da nodulação, apesar da importância da estirpe (Nutman, 1967). Algumas pesquisas demonstraram que genótipos de ciclo mais longo e crescimento indeterminado apresentam melhor fixação de nitrogênio, quando bem nodulados e submetidos a condições ambientais propícias (Duque et al., 1985).

Cultivares comerciais têm sido utilizadas na Colômbia como genitoras em programas de melhoramento visando maior FBN (McFerson, 1983), o que não ocorre no Brasil, onde apenas as cultivares de grãos pretos Rio Tibagi (Hungria & Neves, 1987) e Ouro Negro (Bliss, 1993) foram identificadas como cultivares comerciais com elevada FBN. Estas informações são rele-

vantes e indicam que cultivares recém-lançadas ou em fase de lançamento devem ser avaliadas quanto à FBN.

Considerando, portanto, que genótipos de feijoeiro respondem diferentemente à inoculação, objetivou-se, no presente trabalho, avaliar o comportamento de alguns genótipos quando submetidos à inoculação e adubação com N mineral.

Material e métodos

Os ensaios foram instalados na área experimental da Universidade Federal de Lavras – UFLA –, em Latossolo Vermelho distroférrico fase cerrado, na época do inverno de 2002, no município de Perdões, MG, em Argilossolo Vermelho-Amarelo distrófico, na época das águas 2001/02 e 2002/03. As características físico-químicas dos solos encontram-se na Tabela 1. A área de Lavras já havia sido cultivada com feijão inoculado em anos anteriores; na de Perdões, não há registro de inoculação prévia com rizóbio. Em ambas localidades, não foi realizada a calagem e o preparo do solo foi convencional, com uma aração e duas gradagens.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com três repetições e esquema fatorial 7 x 4, envolvendo sete genótipos de feijoeiro (as cultivares Carioca, Pérola e Ouro Negro e as linhagens R-08-06, NA-LAM-10, AL-LAM-46 e AL-LAM-63, do Programa de Melhoramento do Feijoeiro da UFLA) e outros quatro tratamentos: a) Adubação com fósforo e potássio (PK) + adubação nitrogenada, 20kg

de N/ha em semeadura e 30kg de N/ha em cobertura, fonte uréia, sem inoculação das sementes; b) PK + inoculação das sementes com rizóbio; c) Somente inoculação das sementes; d) Testemunha sem nenhuma adubação e sem inoculação das sementes. A adubação com P e K foi realizada de acordo com análise de solo (Ribeiro et al., 1999).

No ensaio das águas 2001/02, utilizou-se inoculante turfoso comercial, com presença das estirpes SEMIA 4077 de *Rhizobium tropici* e SEMIA 4080 de *R. leguminosarum* bv. *phaseoli*, na proporção de 500g de inoculante para cada 25kg de semente. Nos demais ensaios, o inoculante turfoso foi produzido pelo Laboratório de Microbiologia do Solo da UFLA, apenas com a estirpe SEMIA 4077 de *R. tropici*, inoculada na mesma proporção.

Cada parcela foi constituída por quatro linhas de 5m de comprimento, no espaçamento de 0,5m, sendo as duas linhas centrais consideradas úteis. Foram semeadas 20 sementes/m, deixando-se, após o desbaste, 12 plantas/m.

No florescimento, foram coletadas quatro plantas por parcela para avaliação da massa seca da parte aérea e massa seca de nódulos. Para a coleta dos nódulos, foi retirado um bloco de solo contendo o sistema radicular de cada planta amostrada, que foi lavado em água corrente sobre peneira. Na colheita, determinou-se o rendimento de grãos a 13% de umidade.

Os tratamentos culturais foram os recomendados à cultura na região. O ensaio do inverno foi irrigado, e o das águas não recebeu irrigação. Durante a execução dos ensaios, foram tomados dados de precipitação pluvial e temperatura média fornecidos pela Estação Climatológica Principal de Lavras, MG, situada no campus da UFLA, em convênio com o Instituto Nacional de Meteorologia – Inmet.

Os dados dos ensaios foram submetidos à análise de variância e, nos casos de significância do teste F, as médias foram comparadas pelo teste de Scott Knott.

Resultados e discussão

Mediante a análise de variância (Tabela 2), constatou-se que, nos três

Tabela 1. Resultados da análise química de amostras dos solos utilizados⁽¹⁾

Ensaio	Acidez pH	P	K	Ca	Mg	Al	M.O.
Águas 01/02	5,9	42,3	105,0	4,6	1,1	0,6	1,8
Inverno/02	5,3	15,0	61,0	1,8	0,5	0,2	1,9
Águas 02/03	4,9	14,5	122,0	2,0	0,6	0,3	1,9

⁽¹⁾Análises realizadas pelo Laboratório de Fertilidade de Solo do Departamento de Solos da UFLA.

ensaios, o N mineral e a inoculação influenciaram todas as características avaliadas. Os genótipos afetaram a massa seca (MS) de nódulos e da parte aérea do feijoeiro apenas na terceira safra, mas o rendimento de grãos foi influenciado nas três safras. Não houve significância de interação, indicando que os genótipos se comportaram de forma seme-

lhante dentro de cada tratamento com N mineral ou inoculação. Os valores do coeficiente de variação (CV) relativos à massa seca de nódulos (Tabela 3) foram elevados, mas, segundo Andrade et al. (1998), são normalmente aceitos para esta característica.

Nos dois primeiros ensaios, o tratamento com N mineral apresentou

maior massa seca de nódulos (Tabela 3), seguido daquele que recebeu somente PK + inoculação. Isso ocorreu porque plantas bem nutridas apresentam melhores condições para associação simbiótica com o rizóbio (Alves, 2002), apesar de a presença de nitrogênio mineral influenciar negativamente a formação de nódulos (Nutman, 1981), fato não observado no presente estudo. Isto ocorreu porque a dose total de N aplicada (50kg/ha) foi relativamente baixa e, além disso, parcelada, podendo ter funcionado como estímulo à nodulação, conforme verificou Tsai et al. (1993).

No ensaio das águas 2002/03, a massa seca de nódulos foi inferior à das safras anteriores e teve comportamento semelhante em todas as formas de fornecimento de N (Tabela 3). A intensa precipitação pluvial ocorrida após a semeadura (Figura 1) pode ter causado maior lixiviação do N aplicado, impedindo que houvesse o efeito estimulante à nodulação mencionado para os dois primeiros ensaios. A maior fertilidade do solo na safra das águas 2001/02 pode ter sido responsável pela maior massa seca de nódulos neste ensaio, uma vez que nutrientes como o fósforo, enxofre e potássio estimulam a nodulação (Tsai et al., 1993), tanto por efeito direto no solo, como indireto, pela melhor nutrição das plantas.

Os genótipos apresentaram massas secas de nódulos equivalentes nos dois primeiros ensaios. No terceiro ensaio, detectou-se comportamento diverso, sendo que a cultivar Ouro Negro, anteriormente selecionada quanto à FBN, com elevada capacidade noduladora e fixadora de N (Bliss, 1993), situou-se entre os genótipos de menor massa de nódulos (Tabela 3). Este resultado evidencia o grande efeito do ambiente sobre o macrossimbionte e ilustra as dificuldades de trabalho nesta área.

A massa seca da parte aérea, nos dois primeiros ensaios, foi superior nas parcelas que receberam N mineral (Tabela 4), o qual favoreceu a maior velocidade de crescimento inicial do feijoeiro. No ensaio das águas 2002/03, os tratamentos inoculados tiveram comportamento semelhante ao do tratamento com N mineral, indicando que houve resposta positiva à inoculação, ou seja,

Tabela 2. *Resumo da análise de variância (significância do teste F)*

FV	GL	MS nódulos			MS parte aérea			Rendimento grãos		
		(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
Bloco	2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Adubação (A)	3	**	**	**	*	**	**	*	**	**
Genótipo (G)	6	ns	ns	**	ns	ns	**	**	**	**
A x G	54	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Notas: (1) Ensaio águas 2001/02; (2) Ensaio inverno 2002 e (3) Ensaio águas 2002/03.

ns = não significativo pelo teste de F; * = significativo pelo teste de F a 5% de probabilidade e ** = significativo pelo teste de F a 1% de probabilidade.

FV = Fontes de variação.

GL = Graus de liberdade.

Tabela 3. *Massa seca de nódulos em função da adubação nitrogenada ou inoculação das sementes, genótipos e ensaios⁽¹⁾*

Tratamento	Ensaio		
	Águas 2001/02	Inverno 2002	Águas 2002/03
g/planta.....		
PK + N	0,97 A	0,82 A	0,17 A
PK + inoculação	0,69 B	0,64 B	0,19 A
Somente inoculação	0,38 C	0,29 C	0,12 A
Testemunha	0,47 C	0,34 C	0,07 A
AN-LAM-10	0,53	0,44	0,11 b
AN-LAM-46	0,57	0,40	0,17 a
AN-LAM-63	0,66	0,63	0,21 a
Carioca	0,69	0,50	0,14 a
Ouro Negro	0,69	0,63	0,09 b
Pérola	0,60	0,38	0,07 b
R-08-06	0,63	0,70	0,18 a
Média	0,63	0,52	0,14
CV (%)	39,74	61,38	59,10

⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott no nível de 5% de probabilidade.

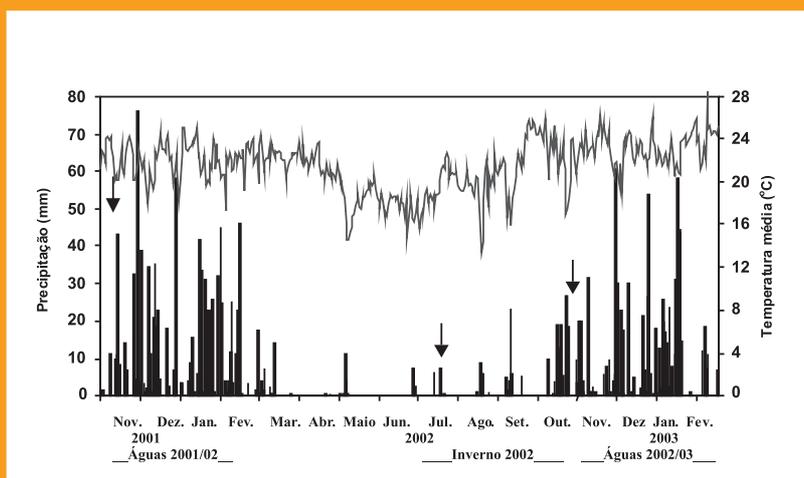


Figura 1. Variação diária da temperatura média e precipitação pluviométrica no período de novembro de 2001 a fevereiro de 2003. As setas indicam data de plantio

Tabela 4. Parte aérea seca em função da adubação nitrogenada ou inoculação das sementes, genótipos e ensaios⁽¹⁾

Tratamento	Ensaio		
	Águas 2001/02	Inverno 2002	Águas 2002/03
g/planta.....		
PK + N	12,12 A	8,45 A	6,77 A
PK + inoculação	10,43 B	4,91 B	7,31 A
Somente inoculação	9,32 B	3,91 B	6,85 A
Testemunha	10,46 B	5,17 B	4,53 B
AN-LAM-10	11,98	5,58	4,93 b
AN-LAM-46	10,88	4,60	5,89 b
AN-LAM-63	11,40	5,14	6,07 b
Carioca	10,27	5,55	5,87 b
Ouro Negro	9,60	6,76	8,08 a
Pérola	10,28	5,63	6,83 a
R-08-06	9,66	6,01	6,88 a
Média	10,58	5,61	6,37
CV (%)	26,43	25,86	30,42

⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott no nível de 5% de probabilidade.

superioridade da estirpe inoculada em relação à população nativa.

A julgar pelos valores de massa seca da parte aérea, os genótipos diferiram quanto ao crescimento apenas no ensaio das águas 2002/03 (Tabela 4). Deve ser observado, entretanto, que os efeitos sobre esta característica, assim como sobre as

demaís já mencionadas, não foram coincidentes com os efeitos sobre o rendimento de grãos, mostrados na Tabela 5, certamente porque esta última depende de outras características não avaliadas no presente estudo.

Nas áreas que anteriormente não haviam recebido sementes inocula-

das (nos dois ensaios das águas), o tratamento com apenas inoculação situou-se entre os de maior rendimento de grãos e a sua performance frente ao tratamento PK + inoculação diferiu de um ensaio para outro (Tabela 5), provavelmente em decorrência da composição do inoculante. A resposta à inoculação nestes solos pode ter sido causada pela inexistência de população preestabelecida de estirpes selecionadas, já que não há registro do uso prévio de sementes inoculadas.

Por outro lado, nos dois primeiros ensaios, o rendimento de grãos do tratamento PK + N foi superior ao do tratamento PK + inoculação, seguindo a mesma tendência demonstrada em relação à massa seca de nódulos e à massa seca da parte aérea. Deve ser observado, entretanto, que no ensaio das águas 2001/02, quando o solo ainda não havia recebido sementes inoculadas em cultivos anteriores, a inoculação resultou em rendimento que não diferiu daquele propiciado pelo tratamento PK + N. Já no último ensaio, a intensa precipitação pluviométrica ocorrida (Figura 1) pode ter ocasionado lixiviação dos nutrientes aplicados, diminuindo a eficiência da adubação, o que resultou em maior rendimento de grãos no tratamento PK + inoculação em relação ao tratamento PK + N. Em geral, o primeiro ensaio apresentou maiores rendimentos de grãos (Tabela 5), possivelmente por causa da maior fertilidade do solo onde foi instalado (Tabela 1).

A linhagem R-08-06 foi o genótipo mais produtivo no ensaio das águas 2001/02 e situou-se entre os mais produtivos no ensaio do inverno 2002, juntamente com as cultivares Ouro Negro e Pérola. Já no ensaio das águas 2002/03, quando o ambiente foi menos favorável ao feijoeiro, a linhagem R-08-06 situou-se entre os genótipos menos produtivos, demonstrando que necessita de ambiente adequado para expressar seu potencial de rendimento. Todavia, considerando os rendimentos médios nos três ensaios, o R-08-06 ainda foi o genótipo mais produtivo (Tabela 5).

Tabela 5. *Rendimento de grãos em função da adubação nitrogenada ou inoculação das sementes, genótipos e ensaios*⁽¹⁾

Tratamento	Ensaio			Média
	Águas 2001/02	Inverno 2002	Águas 2002/03	
Kg/ha.....			
PK + N	1.610 A	1.776 A	823 B	1.403
PK + inoculação	1.483 B	1.048 B	1.072 A	1.201
Somente inoculação	1.552 A	874 C	1.064 A	1.164
Testemunha	1.442 B	1.040 B	530 C	1.004
AN-LAM-10	1.659 b	1.135 b	722 b	1.172
AN-LAM-46	1.555 b	1.019 b	942 a	1.172
AN-LAM-63	1.508 b	1.012 b	830 b	1.116
Carioca	1.346 c	1.035 b	904 a	1.095
Ouro Negro	1.150 d	1.435 a	1.053 a	1.213
Pérola	1.354 c	1.361 a	877 a	1.197
R-08-06	2.081 a	1.295 a	778 b	1.385
Média	1.522	1.185	872	1.193
CV (%)	12,75	12,93	22,19	

⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott no nível de 5% de probabilidade.

Conclusão

O rendimento de grãos dos genótipos de feijoeiro é dependente dos genótipos e da adubação nitrogenada ou inoculação das sementes, mas não há comportamento diferencial dos genótipos em relação a estes tratamentos.

Literatura citada

- ALVES, V.G. *Resposta do feijoeiro a doses de nitrogênio no plantio e cobertura e à inoculação de sementes com rizóbio*. 2002. 46f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, MG.
- ANDRADE, M.J.B.; ALVARENGA, P.E.; CARVALHO, J.G.; SILVA, R.; NAVES, R.L. Influência do nitrogênio, rizóbio e molibdênio sobre o crescimento, nodulação radicular e teores de nutrientes no feijoeiro. *Revista Ceres*, Viçosa, v.45, n.257, p.65-79, 1998.
- ANDRADE, M.J.B.; RAMALHO, M.A.P.

Cultura do feijoeiro. Cruz das Almas: Embrapa-CNPMPF, 1995. 97p. Apostila do Curso de Atualização Técnica para Engenheiros Agrônomos do Banco do Brasil. Petrolina, PE. Não publicado.

- BLISS, F.A. Breeding common bean for improvement of biological nitrogen fixation. *Plant and Soil*, Dordrecht, v.152, n.1, p.71-79, 1993.
- CASSINI, S.T.A.; FRANCO, M.C. Fixação biológica de nitrogênio. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J. DE; BORÉM, A. *Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas*. Viçosa: UFV, 1998. p.153-180.
- DUQUE, F.F.; NEVES, M.C.P.; FRANCO, A.A.; VICTÓRIA, R.; BODDEY, R.M. The response of field grown *Phaseolus vulgaris* to *Rhizobium* inoculation and the qualification of N₂ fixation using ¹⁵N. *Plant and Soil*, Dordrecht, v.88, n.1, p.333-343, 1985.

- FRANCO, M.C.; CASSINI, S.T.A.; TSAI, S.M.; CRUZ, C.D.; CARDOSO, A. A. Nodulation in divergent common bean accessions: I. Selection of parental types for genetic analysis. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SUSTAINABLE AGRICULTURE FOR THE TROPICS - THE ROLE OF BIOLOGICAL NITROGEN FIXATION, 1995, Angra dos Reis, RJ. *Programme and abstracts...* Viçosa, MG: JARD, 1995. p.147.
- HERRIDGE, D.F.; DANSO, S.K.A. Enhancing crop legume N₂ fixation through selection and breeding. *Plant and Soil*, Dordrecht, v.174, n.1-2, p.51-82, 1995.
- HUNGRIA, M.; NEVES, M.C.P. Cultivar and *Rhizobium* strain effects on nitrogen fixation and transport in *P. vulgaris* L. *Plant and Soil*, Dordrecht, v.103, n.1, p.111-121, 1987.
- MCFERSON, J.R. *Genetic and breeding studies of dinitrogen fixation in common beans (P. vulgaris L.)*. 1983, 146f. Tese (Doutorado) - University of Wisconsin, Madison.
- NUTMAN, P.S. Varietal differences in the nodulation subterranean clover. *Australian Journal of Agriculture Research*, Melbourne, v.18, n.2, p.381-425, 1967.
- NUTMAN, P.S. Hereditary host factors affecting nodulation and nitrogen fixation. In: GIBSON, A.H.; NORTON, W.E. (eds.). *Current perspectives in nitrogen fixation*. Canberra: Australian Academy of Science, 1981. p.194-204.
- RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.G.; ALVAREZ, V.H. Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª Aproximação. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999, 359p.
- TSAI, S.M.; BONETTI, R.; AGBALA, S.M.; ROSSETO, R. Minimizing the effect of mineral nitrogen on biological nitrogen fixation in common bean by increasing nutrient levels. *Plant and soil*, Dordrecht, v.152, n.1, p.131-138, 1993.