



**GUILHERME GODOY FONSECA**

**DOSES DE MOLIBDÊNIO FOLIAR,  
NITROGÊNIO E INOCULAÇÃO COM *Rhizobium*  
*spp.* NO FEIJOEIRO-COMUM cv. BRS MG  
Madrepérola**

**LAVRAS - MG**

**2014**

**GUILHERME GODOY FONSECA**

**DOSES DE MOLIBDÊNIO FOLIAR, NITROGÊNIO E INOCULAÇÃO  
COM *Rhizobium spp.* NO FEIJOEIRO-COMUM cv. BRS MG  
Madrepérola**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Messias José Bastos de Andrade

**LAVRAS - MG**

**2014**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e  
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Fonseca, Guilherme Godoy.

Doses de molibdênio foliar, nitrogênio e inoculação com  
*Rhizobium spp.* no feijoeiro-comum cv. BRS MG Madrepérola /  
Guilherme Godoy Fonseca. – Lavras : UFLA, 2014.

182 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2014.

Orientador: Messias José Bastos de Andrade.

Bibliografia.

1. Estirpe. 2. Adubação. 3. Leguminosa. I. Universidade Federal  
de Lavras. II. Título.

CDD – 635.65289

**GUILHERME GODOY FONSECA**

**DOSES DE MOLIBDÊNIO FOLIAR, NITROGÊNIO E INOCULAÇÃO  
COM *Rhizobium spp.* NO FEIJOEIRO-COMUM cv. BRS MG  
Madrepérola**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 09 de maio de 2014.

Dra. Fátima Maria de Souza Moreira UFLA

Dr. Augusto Ramalho de Moraes UFLA

Dr. Alex Teixeira Andrade EPAMIG

Dr. Bruno Lima Soares UFLA

Dr. Messias José Bastos de Andrade

Orientador

**LAVRAS – MG**

**2014**

*A Deus, razão da minha vida,*

OFEREÇO.

*Aos meus pais, Hélio e Helena que, verdadeiramente e  
incondicionalmente, me amaram.*

*As minhas irmãs, Andressa e Laís, que são minhas eternas apoiadoras e  
torcedoras, vibrando sempre com minhas vitórias.*

*A minha noiva, Dalila, por todo carinho, amor e cuidado,*

DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu Senhor e Salvador, Jesus Cristo, que me carregou ao longo desta jornada, e me ofereceu abrigo debaixo de suas asas em horas de aflição. Toda honra, glória e louvores somente a Ti, meu Rei.

Aos meus pais, Hélio Aparecido da Fonseca e Helena Godoy Fonseca, que me sustentaram e apoiaram nos meus estudos e, verdadeiramente, me ofereceram todas as condições para que eu pudesse me tornar o homem que hoje sou.

As minhas irmãs, Andressa Godoy Fonseca e Laís Godoy Fonseca, pelo amor, cuidado e ombro amigo em tempos bons e de fraqueza.

Ao meu amor, Dalila de Paula Souza, que me conquistou com seu carinho, amor, companheirismo e se tornou a base de minha vida. Ao Peú, Carminha, Talita e Pedrinho, pelo acolhimento como filho, irmão e tio.

À Universidade Federal de Lavras, através do programa de pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia, pela oportunidade de realizar este curso.

Ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, pela oportunidade de desenvolvimento deste trabalho.

À CAPES, CNPq e FAPEMIG, pelo apoio financeiro e concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador e amigo, professor Dr. Messias José Bastos de Andrade, pela demonstração de profissionalismo e competência e por todo cuidado com minha formação neste tempo.

Aos funcionários do Departamento de Agricultura, Mário (Manguinha), Júlio e Agnaldo, pela colaboração dos trabalhos a campo.

Aos amigos de equipe, Fábio Aurélio Dias Martins, Bruno Lima Soares e Marislaine Alves Figueiredo, pela cooperação e companheirismo, e em

especial à Damiany Pádua Oliveira, uma grande amiga possuidora das mais ricas virtudes que alguém possa ter.

Ao pastor, professor e Dr. Marcelo Silva de Oliveira, pelos sábios conselhos e direcionamento na vida cristã e pelo acolhimento em sua casa.

Aos amigos Lulu, Fran, Bené, Teteu, Cacau, Carlos, Paola, Viçosa, Hiel, Vítor Cabelo, Juninho Cunha, Julinho Cunha e Johnny. Porque existem amigos mais chegados que um irmão.

Aos demais não mencionados, mas que contribuíram de alguma forma para a concretização deste trabalho, o meu muito obrigado!

## RESUMO

Com o objetivo de verificar a resposta do feijoeiro-comum cv. BRS-MG Madrepérola ao fornecimento crescente de molibdênio e à inoculação das sementes com duas estirpes de rizóbio, foram conduzidos três experimentos a campo, dois deles durante a safra primavera-verão 2011/2012, em Patos de Minas e Pitangui, respectivamente, nas regiões do Alto Paranaíba e Centro-oeste mineiro, e outro durante a safra primavera-verão 2012/2013, em Lavras, região do Sul de Minas Gerais. O delineamento estatístico foi blocos ao acaso, com três repetições e esquema fatorial  $(5 \times 2) + 3$ , em Patos de Minas, envolvendo cinco doses de molibdênio (0, 40, 80, 120 e 160 g ha<sup>-1</sup>), duas inoculações (sementes inoculadas com as estirpes CIAT 899<sup>T</sup> de *Rhizobium tropici* e UFLA 02-100 de *Rhizobium etli*), mais três tratamentos adicionais isentos de inoculação e de Mo (ausência de nitrogênio - N; 20 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura e 40 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura + 40 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura). Em Lavras e Pitangui, o fatorial utilizado foi  $(5 \times 2) + 4$ , envolvendo cinco doses de molibdênio via foliar (0, 40, 80, 120 e 160 g ha<sup>-1</sup>) e dois inoculantes (inoculação com a estirpe CIAT 899<sup>T</sup> de *Rhizobium tropici* e UFLA 02-100 de *Rhizobium etli*), mais quatro tratamentos adicionais (ausência de N; 20 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura; 20 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura e 40 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura + 40 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura), aplicados sem inoculação e molibdênio. Cada parcela experimental foi composta por seis linhas de 4 m de comprimento e espaçamento de 0,5 m entre linhas, tomando-se como área útil as quatro linhas centrais, em um total de 8 m<sup>2</sup>. Os inoculantes foram preparados no Laboratório de Microbiologia do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA. As estirpes foram inoculadas em *erlenmeyer* contendo meio semissólido YM esterilizado. Após quatro dias de crescimento, na fase log, o material foi transferido para outro *erlenmeyer* contendo turfa esterilizada em autoclave por 20 minutos. A mistura resultante (inoculante), na proporção 3:2 turfa:cultura, foi empregada na base de 10 g por kg de semente. A qualidade do inoculante foi monitorada por meio de contagem, sendo que o número mínimo legal de células viáveis (em torno de 10<sup>9</sup> células de *Rhizobium* por grama de inoculante na semeadura) foi observado. Na floração (estádio R<sub>6</sub> do ciclo do feijoeiro), foram amostradas 10 plantas para avaliação do número de nódulos, massa seca de nódulos, massa seca de parte aérea e teor e acúmulo de nitrogênio (N) na parte aérea. Na colheita (estádio R<sub>9</sub>), em duas linhas da parcela, foram avaliados o rendimento de grãos e seus componentes primários (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso de 100 grãos) e, em Lavras e Pitangui, foram também avaliados o teor e acúmulo de N nos grãos. Em Patos de Minas, a aplicação de doses crescentes de N até 80 kg ha<sup>-1</sup> (40 kg ha<sup>-1</sup> na semeadura e 40 kg ha<sup>-1</sup> em cobertura) proporciona o crescimento do feijoeiro e o incremento do número de vagens na cultivar



Madrepérola. A inoculação com a estirpe UFLA 02-100 eleva o número de vagens por planta de feijoeiro-comum. A massa seca de parte aérea e o rendimento do feijoeiro são influenciados pelas doses de molibdênio aplicadas via foliar. Doses de até 88 g ha<sup>-1</sup> elevam a massa seca de parte aérea do feijoeiro. O rendimento de grãos aumenta linearmente com o fornecimento de molibdênio. Com relação aos ensaios de Lavras e Pitangui, é maior a nodulação, o estande final e o acúmulo de nitrogênio nos grãos em Lavras. A dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N (40 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura e 40 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura) proporciona maior crescimento do feijoeiro em Lavras. Em Pitangui, as doses de N não influenciam na produção de matéria seca da parte aérea. Os tratamentos sem inoculação propiciam valores de número de nódulos e matéria seca de parte aérea equivalentes aos dos tratamentos inoculados, indicando boa eficiência das populações nativas de rizóbio. Em Lavras, o fornecimento de doses crescentes de molibdênio resulta em ganhos significativos do teor de nitrogênio nos grãos até a dose de 110 g ha<sup>-1</sup> Mo. A inoculação com a estirpe UFLA 02-100 proporciona maior rendimento de grãos de feijão em Pitangui e, em Lavras, não difere da estirpe de referência CIAT 899. O rendimento de grãos do feijoeiro se eleva com o aumento das doses de Mo até 63 g ha<sup>-1</sup> quando se utiliza a estirpe CIAT 899. A adubação molíbdica proporciona redução da produtividade quando se inocula as sementes de feijão com a estirpe UFLA 02-100, mesmo com a aplicação de doses mínimas. Nas condições do estudo, a adubação nitrogenada de até 80 (40 + 40) kg ha<sup>-1</sup> de N não interfere no rendimento de grãos do feijoeiro.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*. Adubação molíbdica. FBN. *Rhizobium*.

## ABSTRACT

In order to verify the response of common bean cv. BRS - MG Madrepérola face to the increasing supply of molybdenum and to the seed inoculation with two *Rhizobium* strains, three field experiments were conducted, two of them during the spring-summer crop of 2011/2012, in Patos de Minas and Pitangui, respectively, in the Alto Paranaíba and Midwest regions of Minas Gerais State, and another one during the spring-summer crop of 2012/2013, in Lavras, at the south of Minas Gerais. The experimental design was a randomized block design with three replications and a factorial scheme  $(5 \times 2) + 3$ , in Patos de Minas, involving five doses of molybdenum (0, 40, 80, 120 and 160 g ha<sup>-1</sup>) and two inoculants (inoculation with *Rhizobium tropici* strain (CIAT 899<sup>T</sup>) and *Rhizobium etli* strain (UFLA 02-100), three additional treatments (absence of N, 20 kg ha<sup>-1</sup> of N at topdressing and 40 kg ha<sup>-1</sup> of N at sowing + 40 kg ha<sup>-1</sup> of N at topdressing). In Lavras and Pitangui, the experimental design was a randomized block design with three replications and a factorial scheme  $(5 \times 2) + 4$ , involving five doses of molybdenum (0, 40, 80, 120 and 160 g ha<sup>-1</sup>) and two inoculants (inoculation with *Rhizobium tropici* strain (CIAT 899<sup>T</sup>) and *Rhizobium etli* strain (UFLA 02-100), four additional treatments (absence of N, 20 kg ha<sup>-1</sup> of N at sowing, 20 kg ha<sup>-1</sup> of N at topdressing and 40 kg ha<sup>-1</sup> of N at sowing + 40 kg ha<sup>-1</sup> of N at topdressing), applied without inoculation and molybdenum. Each experimental plot consisted of 6 rows of 4 m length and 0,5 m spacing between rows, using as floor area four central lines, for a total of 8 m<sup>2</sup>. The inoculants were prepared at the Laboratory of Soil Microbiology of the Department of Soil Science in UFLA. The strains were inoculated into an Erlenmeyer flask containing sterilized YM medium semisolid. After 4 days of growth log phase, the material was transferred to another erlemmeyer containing peat autoclaved for 20 minutes. The resulting mixture (inoculant) in the proportion 3:2 peat:culture was used on the basis of 10 g per kg of seed. The inoculant quality was monitored by counting, with the legal minimum number of viable cells (about 10<sup>9</sup> cells per gram of *Rhizobium* inoculant on the seed) was observed. At flowering (R<sub>6</sub> stage of the bean cycle) 10 plants were sampled to evaluate the number of nodules, nodules dry mass, shoots dry mass and content and accumulation of nitrogen (N) in the shoots. At harvest (stage R<sub>9</sub>), at 2 rows of the plot, the final stand, grain yield and its primary components (number of pods per plant, number of seeds per pod and weight of 100 grains) were evaluated and, in Lavras and Pitangui, was also evaluated the content and accumulation of N in the grains. Increasing doses of N up to 80 kg ha<sup>-1</sup> (40 kg ha<sup>-1</sup> at sowing and 40 kg ha<sup>-1</sup> in topdressing) provides bean growth and an increase in the number of pods in Madrepérola cultivar. Inoculation with UFLA 02-100 strain increases the number of pods per common bean plant. The shoots dry mass and grain yield

of common bean are influenced by the foliar doses of molybdenum applied. Doses up to 88 g ha<sup>-1</sup> of molybdenum increase shoots dry mass of the common bean. Grain yield increases linearly with molybdenum supply. About the tests in Lavras e Pitangui, nodulation, final stand and nitrogen accumulation in grains are greater in Lavras. The dose of 80 kg ha<sup>-1</sup> of N (40 kg ha<sup>-1</sup> of N at sowing and 40 kg ha<sup>-1</sup> of N at topdressing) provides greater plant growth in Lavras. In Pitangui, doses of N did not influence the shoots dry matter production. The treatments without inoculation provide values of NN and MSPA equivalent to the inoculated treatments, indicating good efficiency of the native populations of rhizobia. In Lavras, increasing doses of molybdenum supply results in significant gains in the nitrogen content in the grains until the dose of 110 g ha<sup>-1</sup> of Mo. Inoculation with UFLA 02-100 strain provides higher grain yield in Pitangui and, in Lavras, does not differ from the reference strain CIAT 899. The grain yield rises with increasing doses up to 63 g Mo ha<sup>-1</sup> when using CIAT 899 strain. The molybdenum fertilization provides reduced productivity when seeds are inoculated with UFLA 02-100 strain, even with the application of minimum doses. Under the conditions of this study, nitrogen fertilization up to 80 (40 + 40) kg of N ha<sup>-1</sup> does not interfere with grain yield of common bean.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*. Molybdenum fertilization. FBN. *Rhizobium*.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPITULO 2

Figura 1	Variações diárias de precipitação pluvial no período de novembro/2011 a março/2012 no experimento conduzido em Patos de Minas, MG.....	85
Figura 2	Variações diárias de temperatura no período de novembro/2011 a março/2012 no experimento conduzido em Patos de Minas, MG ...	86
Figura 3	Variações diárias de umidade relativa do ar no período de novembro/2011 a março/2012 no experimento conduzido em Patos de Minas, MG.....	87
Figura 4	Massa Seca de parte aérea de feijoeiro-comum cv. BRSMG Madrepérola em função de doses de molibdênio. Patos de Minas, MG – 2012.....	98
Figura 5	Rendimento de grãos de feijoeiro-comum cv. BRSMG Madrepérola em função de doses de molibdênio. Patos de Minas, MG – 2012.....	108

### CAPITULO 3

Figura 1	Variações de precipitação pluvial e temperatura no período de novembro/2012 a fevereiro/2013, no experimento conduzido em Lavras, MG.....	132
Figura 2	Variações diárias de precipitação pluvial no período de janeiro a abril/2012, no experimento conduzido em Pitangui, MG.....	133
Figura 3	Variações diárias de temperatura no período de janeiro a abril/2012, no experimento conduzido em Pitangui, MG.....	134
Figura 4	Variações diárias de umidade relativa do ar no período de janeiro a abril/2012, no experimento conduzido em Pitangui, MG.....	135
Figura 5	Teor de nitrogênio no grão do feijoeiro-comum BRSMG Madrepérola (em %) em função de local e doses de molibdênio. Lavras, MG – 2013 .....	157
Figura 6	Acúmulo de nitrogênio no grão do feijoeiro-comum BRSMG Madrepérola (em g ha <sup>-1</sup> ) em função de inoculação com rizóbio e doses de molibdênio. Lavras e Pitangui, MG – 2013.....	160
Figura 7	Rendimento de grãos do feijoeiro-comum BRSMG Madrepérola (em kg ha <sup>-1</sup> ), em função doses foliares de molibdênio e inoculação com rizóbio. Lavras e Pitangui, MG – 2013 .....	165



## LISTA DE TABELAS

### CAPITULO 2

Tabela 1	Características químicas de amostra de material do solo, coletada na profundidade de 0 a 20 cm. Patos de Minas, 2011.....	84
Tabela 2	Principais características das estirpes utilizadas (Nogueira, 2005) .	89
Tabela 3	Resumo da análise de variância conjunta com fontes de variação, número de graus de liberdade e quadrados médios dos dados referentes às características número (NN) e massa seca de nódulos (MSN), massa seca da parte aérea (MSPA), teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola. Patos de Minas-MG, 2012 .....	94
Tabela 4	Valores médios de número (NN) e massa seca de nódulos (MSN), massa seca da parte aérea (MSPA) e teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea do feijoeiro (ANPA). Patos de Minas, MG - 2012.....	95
Tabela 5	Resumo da análise de variância conjunta com fontes de variação, número de graus de liberdade e quadrados médios dos dados referentes às características estande final (EF), número de vagens por planta (VP) e de grãos por vagem (GV), peso de cem grãos (P100) e rendimento de grãos (REND) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola. Patos de Minas, MG - 2012.....	99
Tabela 6	Valores médios de estande final (EF), número de vagens por planta (VP) e de grãos por vagem (GV), peso de cem grãos (PCG) e rendimento de grãos (REND) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola. Patos de Minas, MG – 2012 .....	101

### CAPITULO 3

Tabela 1	Resultados da análise química de amostras de material dos solos utilizados (camada 0 a 20 cm), Lavras e Pitangui, MG, 2011.....	131
Tabela 2	Principais características das estirpes utilizadas (Nogueira, 2005)	136
Tabela 3	Resumo da análise de variância conjunta com fontes de variação, número de graus de liberdade e quadrados médios dos dados referentes ao número (NN) e massa seca de nódulos (MSN), massa seca da parte aérea (MSPA) e teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola .....	141

Tabela 4	Valores médios de número (NN) e massa seca de nódulos (MSN), massa seca da parte aérea (MSPA) e teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio (ANPA) na parte aérea do feijoeiro. Lavras e Pitangui, MG – 2013 .....	143
Tabela 5	Massa seca de parte aérea do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola (MSPA, em g), em função de doses de N e locais. Lavras e Pitangui, MG – 2013.....	146
Tabela 6	Resumo da análise de variância conjunta com fontes de variação, número de graus de liberdade e quadrados médios dos dados referentes a estande final (EF), número de vagens por planta (VP) e de grãos por vagem (GV), peso de cem grãos (PCG), teor (TNG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG) e rendimento de grãos (REND) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola. Lavras e Pitangui, MG – 2013.....	150
Tabela 7	Valores médios de estande final (EF), número de vagens por planta (VP) e de grãos por vagem (GV), peso de cem grãos (PCG), teor (TNG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG) e rendimento de grãos (REND) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola. Lavras e Pitangui, MG – 2013.....	152
Tabela 8	Teor de nitrogênio no grão (TNG, em %), em função de doses foliares de molibdênio e locais. Lavras e Pitangui, MG – 2013....	156
Tabela 9	Teor de nitrogênio no grão (TNG, em %), em função de locais e inoculação com rizóbio. Lavras e Pitangui, MG – 2013.....	158
Tabela 10	Acúmulo de nitrogênio no grão (ANG, em kg ha <sup>-1</sup> ), em função de doses foliares de molibdênio e de inoculação com rizóbio. Lavras e Pitangui, MG – 2013.....	159
Tabela 11	Acúmulo de nitrogênio no grão (ANG, em kg ha <sup>-1</sup> ), em função de doses de N e de locais. Lavras e Pitangui, MG – 2013 .....	161
Tabela 12	Rendimento de grãos (REND, em kg ha <sup>-1</sup> ) do feijoeiro-comum BRSMG Madrepérola, em função de doses foliares de molibdênio e de inoculação com rizóbio .....	164
Tabela 13	Rendimento de grãos (REND, em kg ha <sup>-1</sup> ) do feijoeiro-comum BRSMG Madrepérola, em função de locais e inoculação com rizóbio. Lavras e Pitangui, MG – 2013.....	166

## SUMÁRIO

	<b>CAPÍTULO 1</b> .....	17
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	17
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	20
<b>2.1</b>	<b>Importância do feijão-comum no Brasil</b> .....	20
<b>2.2</b>	<b>Importância do nitrogênio para a cultura do feijoeiro</b> .....	21
<b>2.3</b>	<b>Quantidades de N fixadas pelo feijoeiro-comum</b> .....	24
<b>2.4</b>	<b>Fatores bióticos e abióticos que interferem nas diferentes etapas da nodulação e na eficiência simbiótica</b> .....	24
<b>2.4.1</b>	<b>Fatores abióticos</b> .....	25
<b>2.4.1.1</b>	<b>pH do solo e suas interações com outros nutrientes</b> .....	25
<b>2.4.1.2</b>	<b>Disponibilidade de nutrientes no solo e suas interações com a simbiose e o rizóbio</b> .....	26
<b>2.4.1.3</b>	<b>Umidade do solo e estresse osmótico</b> .....	29
<b>2.4.1.4</b>	<b>Temperatura</b> .....	30
<b>2.4.1.5</b>	<b>Tratamento de sementes</b> .....	31
<b>2.4.2</b>	<b>Influência dos fatores bióticos na fixação biológica de nitrogênio</b> .....	32
<b>2.4.2.1</b>	<b>Interações entre macro e microsimbiontes</b> .....	32
<b>2.4.3</b>	<b>Influência das técnicas de inoculação</b> .....	35
<b>2.5</b>	<b>Estirpes de <i>Rhizobium</i></b> .....	38
<b>2.6</b>	<b>Disponibilidade de N x nodulação e fixação simbiótica no feijoeiro</b> .....	42
<b>2.7</b>	<b>Rizóbio do inoculante x microrganismos nativos</b> .....	45
<b>2.8</b>	<b>Molibdênio</b> .....	48
<b>2.9</b>	<b>Fixação biológica de nitrogênio e aplicação foliar de molibdênio</b> .....	49
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	54
	<b>CAPÍTULO 2 “Doses de molibdênio foliar, nitrogênio e inoculação com <i>Rhizobium spp.</i> no feijoeiro-comum cv. BRS MG Madrepérola em Patos de Minas - MG”</b> .....	77
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	80
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	83
<b>2.1</b>	<b>Localização, clima e solo</b> .....	83
<b>2.2</b>	<b>Delineamento estatístico e tratamentos</b> .....	88
<b>2.3</b>	<b>Detalhamento dos tratamentos e das parcelas dos ensaios</b> .....	88
<b>2.4</b>	<b>Condução dos experimentos</b> .....	90
<b>2.5</b>	<b>Características avaliadas</b> .....	91



2.6	Análise estatística.....	92
3	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	93
3.1	Características avaliadas por ocasião da floração .....	93
3.2	Características avaliadas por ocasião da colheita.....	99
4	<b>CONCLUSÕES</b> .....	109
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	110
	<b>CAPÍTULO 3 “Doses de molibdênio foliar, nitrogênio e inoculação com <i>Rhizobium spp.</i> no feijoeiro-comum cv. BRS MG Madrepérola em Lavras e Pitangui - MG”</b> .....	123
1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	127
2	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	130
2.1	Localização, clima e solo.....	130
2.2	Delineamento estatístico e tratamentos.....	135
2.3	Detalhamento dos tratamentos e das parcelas dos ensaios.....	136
2.4	Condução dos experimentos.....	138
2.5	Características avaliadas.....	138
2.6	Análise estatística.....	140
3	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	141
3.1	Características avaliadas por ocasião da floração .....	141
3.2	Características avaliadas por ocasião da maturação.....	149
4	<b>CONCLUSÕES</b> .....	169
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	170

## CAPÍTULO 1

### 1 INTRODUÇÃO GERAL

O feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris*) é amplamente cultivado em todo território nacional, com destaque nos sistemas produtivos da agricultura familiar, sendo o principal componente da dieta proteica da população brasileira, sendo relevante como fonte de energia, ferro e proteínas, principalmente das populações de menor poder aquisitivo. Esta leguminosa também é utilizada como alternativa econômica de exploração agrícola em pequenas propriedades, que a cultivam para consumo e comercializam o excedente, tornando-se fonte de renda e ocupação da mão de obra menos qualificada.

Em paralelo aos pequenos cultivos, encontram-se grandes produtores, que vêm empregando número cada vez maior de recursos tecnológicos na cultura, tais como, fertilização, tratamento de sementes, inoculação de microrganismos e irrigação. Entretanto, mesmo com os avanços alcançados, a produtividade média da cultura no Brasil é baixa, estimando-se 1.030 kg ha<sup>-1</sup> em 2012/13 (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2013a). Verifica-se, portanto, que esta leguminosa possui interesse por parte dos produtores, consumo interno alto e potencial de aumento do desempenho produtivo.

As proteínas possuem nitrogênio em sua estrutura molecular, sendo este o nutriente mais extraído e exportado pelo feijoeiro. O N pode ser fornecido às plantas através do solo (mineralização da matéria orgânica), da aplicação de adubos nitrogenados e pela fixação biológica de nitrogênio atmosférico (FBN). Em solos brasileiros, a matéria orgânica é decomposta de forma bastante acelerada, promovendo rápida mineralização do nitrogênio (N), que resulta em perdas do nutriente. Os adubos nitrogenados apresentam ainda um custo

ecológico adicional nos solos tropicais, onde as suas perdas por lixiviação, volatilização e escoamento superficial, representam a metade das quantidades aplicadas. Tais perdas provocam a poluição do lençol freático, contaminando mananciais, rios e lagos, pelo nitrato encontrado nas fórmulas de adubo nitrogenado, além de contribuir para a maior emissão de gases do efeito estufa nas perdas por volatilização. Assim, os benefícios advindos da FBN são as mais importantes soluções para este problema, mesmo que se apresentem como alternativas de suprimento parcial de N.

A inoculação de sementes de feijoeiro-comum ainda possui descrédito junto aos agricultores e técnicos, pois ainda não foi possível constatar resultados tão eficientes quanto os observados na cultura da soja, por haver diversos fatores limitantes da simbiose com o feijoeiro. A inoculação de sementes nesta espécie é uma prática pouco frequente no Brasil, e as recomendações oficiais de adubação geralmente ignoram a possibilidade de contribuição da FBN no atendimento à grande demanda de nitrogênio por esta leguminosa. Assim, o mercado de inoculantes para o feijoeiro-comum no Brasil é ainda pouco significativo, representando apenas 4% do mercado nacional, contra 95% dos inoculantes destinados à cultura da soja (CHUEIRE et al., 2003).

O número de pesquisas que indicam a possibilidade da cultura realmente se beneficiar da FBN tem aumentado nos últimos anos. Alguns trabalhos mostram que o feijoeiro, em condições de campo, pode se beneficiar do processo da FBN alcançando níveis de produtividade de até 2.500 kg ha<sup>-1</sup>. Assim, é necessária a promoção de trabalhos de seleção de estirpes visando competitividade e eficiência, além de testes de compatibilidade destas bactérias com cultivares de feijoeiro-comum utilizadas para obtenção de respostas concretas sobre o processo de simbiose nesta leguminosa.

Objetivou-se com este trabalho verificar o efeito da aplicação foliar de molibdênio, na presença de inoculação de sementes com diferentes estirpes de

rizóbio e da adubação nitrogenada aplicada na semeadura, a fim de aumentar a eficiência da inoculação, com o objetivo de reduzir a utilização de adubos nitrogenados para que haja a redução do custo de produção do feijoeiro e na tentativa de minimizar os problemas de cunho ambiental advindos das perdas com fertilizantes nitrogenados.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Importância do feijão-comum no Brasil

O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), com uma produção anual superior a três milhões de toneladas (praticamente 20% da produção mundial), colhida atualmente em cerca de quatro milhões de hectares (CONAB, 2013b) e destinada totalmente ao mercado interno. Além desses números, a cultura apresenta importância social e econômica evidenciada: a) pelo enorme contingente de pequenos produtores e trabalhadores rurais ainda envolvidos na sua produção, a despeito da melhoria do nível tecnológico utilizado e da consequente mecanização e atração de grandes produtores e empresários para a sua cadeia produtiva, e b) por representar importante fonte proteica na dieta alimentar da população brasileira, principalmente de baixa renda. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o consumo alimentar de feijão da população brasileira combina a tradicional dieta à base de arroz e feijão, com alimentos pouco nutritivos e calóricos. De acordo com a SEAB (Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento), o consumo alimentar médio de feijão *per capita* é 14,94 kg/hab/ano (SEAB, 2012).

No Brasil, a cultura se desenvolve durante três épocas: feijão das águas, da seca e de inverno, com os plantios realizados principalmente nos meses de outubro a novembro, de fevereiro a março e de abril a junho, respectivamente (VIEIRA; VIEIRA, 1995), sendo esta última safra a que obtém os maiores rendimentos médios ( $2.184 \text{ kg ha}^{-1}$ ) devido ao nível tecnológico e às condições climáticas favoráveis durante a colheita dos grãos (CONAB, 2013b).

A produtividade média da cultura no país,  $1.030 \text{ kg ha}^{-1}$  em 2012/13 (CONAB, 2013a), embora crescente nos últimos anos, ainda contrasta com a sua grande importância, e situa-se abaixo da produtividade alcançada em outros grandes países produtores como Estados Unidos e China, respectivamente,  $1.942$  e  $1.616 \text{ kg ha}^{-1}$  (BRASIL, 2013). As tecnologias empregadas hoje, tais como irrigação e a semeadura sobre palhada, têm possibilitado o cultivo do feijoeiro em diversos sistemas de produção, com produtividade de grãos entre  $3.000$  e  $4.000 \text{ kg ha}^{-1}$  (SILVA; LEMOS; TAVARES, 2006) e tem proporcionado, nos últimos anos, aumento expressivo do interesse de produtores em utilizarem essas tecnologias avançadas. Ferreira et al. (2006) afirmaram que tal fato prolongou os períodos de safra e promoveu a incorporação de novas áreas de produção em todo o território nacional, reduzindo a sazonalidade, a instabilidade dos preços e os problemas de abastecimento. A maior regularidade da produção, por sua vez, estimulou a entrada de produtores mais eficientes na atividade, fortalecendo a agricultura empresarial.

## **2.2 Importância do nitrogênio para a cultura do feijoeiro**

O elemento mais importante para elevadas produções na agricultura tropical é o nitrogênio (N), que forma 80% da atmosfera na forma gasosa de  $\text{N}_2$ , mas não está diretamente disponível para os vegetais (MALAVOLTA, 1980). É um elemento essencial para as plantas, pois compõe as mais importantes biomoléculas, tais como proteínas, ácidos nucleicos e inúmeras enzimas. O nitrogênio é, também, componente fundamental de muitos outros compostos de primordial importância para a unidade fisiológica vegetal, tais como a clorofila, nucleotídeos, poliaminas, alcaloides, hormônios e vitaminas (HARPER, 1994; MIFLIN; LEA, 1976), interferindo diretamente na fotossíntese (CORSI, 1986). O mesmo autor ainda relata que o nitrogênio é classificado como macronutriente

e é absorvido em grandes quantidades pelas plantas, principalmente por fluxo de massa junto com a solução do solo.

No solo, o nitrogênio encontra-se, na sua grande parte, em combinações orgânicas e na forma mineral, em menores quantidades, em que podem ser citados o nitrato e amônio que estão prontamente disponíveis às plantas (MALAVOLTA, 1980). A matéria orgânica é o principal reservatório de nitrogênio no solo, porém não está prontamente disponível às plantas, mesmo que represente a maior porção de N no solo (MENGEL; KIRKBY, 1987).

Devido ao elevado teor de N nos grãos e nos demais tecidos, este é o nutriente mais extraído e exportado pela planta, que tem como fontes desse elemento: o solo (através da mineralização da matéria orgânica), a aplicação de adubos nitrogenados e a atmosfera, pela fixação biológica de N<sub>2</sub> atmosférico (FERREIRA; ANDRADE; ARAÚJO, 2004; MERCANTE et al., 1999).

Nos solos tropicais, a mineralização ocorre de forma rápida, fazendo com que o N fique sujeito a perdas. Os adubos nitrogenados, além do alto custo econômico, possuem baixa frequência de resposta (FRANCO, 1977), apresentando ainda um custo ecológico adicional nos solos tropicais (PELEGRIN et al., 2009), onde as suas perdas, principalmente por lixiviação de nitrato e por escoamento superficial devido às chuvas ou irrigação, são estimadas em torno de 50% das quantidades aplicadas (STRALIOTTO; TEIXEIRA; MERCANTE, 2002). Este processo polui o meio ambiente e, uma vez levado para os aquíferos subterrâneos, provoca a contaminação do lençol freático, rios e lagos. Ainda podem ocorrer perdas de N em forma gasosa, retornando à atmosfera, principalmente por meio de desnitrificação e volatilização (SIQUEIRA et al., 1994).

Fatores edafoclimáticos e aqueles relacionados ao macro e micro simbiontes podem limitar a FBN (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). A acidez do solo, temperatura, deficiências nutricionais, toxidez de alumínio, disponibilidade

de água e fisiologia do feijoeiro em simbiose são limitantes à fixação biológica de nitrogênio (ARAÚJO; TEIXEIRA; ALMEIDA, 2000; CASSINI; FRANCO, 2006; RAMOS et al., 2003). Nesta espécie em particular, na qual as cultivares melhoradas foram selecionadas na presença de adubos nitrogenados em detrimento da sua eficiência na FBN, o ciclo curto e o sistema radicular pouco profundo expõem a bactéria a elevadas variações de temperatura (ANDRADE et al., 2001). Além disso, a baixa competitividade do rizóbio do feijoeiro com microrganismos nativos do solo resulta em baixíssima eficiência da FBN na espécie (DENARDIN, 1991). Por este motivo, em algumas situações, não há vantagem alguma quando se inocula sementes de feijoeiro-comum, devido à ocorrência generalizada de rizóbios nos solos brasileiros. Do mesmo modo, aplicações de doses elevadas de N, principalmente na semeadura, tem ação negativa sobre a nodulação e a FBN (CASSINI; FRANCO, 2006; FERREIRA; ANDRADE; ARAÚJO, 2004).

Em Minas Gerais, as recomendações oficiais de adubação para o feijoeiro-comum variam de 20 a 40 kg ha<sup>-1</sup> de N no plantio e de 20 a 60 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura, dependendo do nível tecnológico do produtor e expectativa de produtividade. Com a aplicação total de apenas 50 kg ha<sup>-1</sup> de N (plantio + cobertura), por exemplo, espera-se uma produtividade de 1.800 kg ha<sup>-1</sup> de grãos (CHAGAS et al., 1999), para a qual é estimada absorção de N superior a 100 kg ha<sup>-1</sup> (VIEIRA, 2006). Considerando-se as perdas de N no solo e a baixa recuperação da adubação nitrogenada, verifica-se que somente o N do solo mais o N aplicado não podem suprir toda a demanda do nutriente, sendo possível que a FBN seja responsável pela aquisição de parte do N necessário, mesmo sem o emprego da inoculação das sementes, ou seja, apenas com a contribuição de rizóbios nativos (CASSINI; FRANCO, 2006).



### **2.3 Quantidades de N fixadas pelo feijoeiro-comum**

De acordo com a literatura, há grande variação no potencial de FBN do feijoeiro-comum no campo, já se constatando consideráveis quantidades de nitrogênio fixadas por esta leguminosa inoculada com *Rhizobium*. Rennie (1984), por exemplo, registrou fixação da ordem de até 110 kg ha<sup>-1</sup> de N por cultivo.

Duque et al. (1985) e Mendes et al. (1995) verificaram que o potencial de FBN com inoculação fica em torno de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N por cultivo. Já Saito (1982) estimou uma contribuição média da ordem de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, o que representaria de 30 a 50% do N total acumulado pela planta. Moreira e Siqueira (2006) afirmam que a fixação média desta leguminosa varia desde 4 até 165 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

Uma vez que o feijoeiro possui elevada demanda de N, geralmente, apenas a FBN não é capaz de suprir a planta com o nutriente de forma que se elimine o uso de adubação com N mineral (PEREIRA, 2000), mas pode ter fundamental efeito complementar.

### **2.4 Fatores bióticos e abióticos que interferem nas diferentes etapas da nodulação e na eficiência simbiótica**

São diversos os fatores que afetam a qualidade da FBN tais como temperatura, acidez do solo, disponibilidade de nutrientes no solo, umidade do solo, salinidade, número de células presentes no inóculo, baixa capacidade competitiva das estirpes, técnicas de inoculação, instabilidade genética dos microsimbiontes e cultivares inadequadas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

## **2.4.1 Fatores abióticos**

### **2.4.1.1 O pH do solo e suas interações com outros nutrientes**

A eficiência e capacidade de nodulação do rizóbio é bastante relacionada às características edáficas, sobretudo o pH do solo, um dos principais fatores que limitam a multiplicação, sobrevivência, infecção e formação dos nódulos, e na capacidade de fixação de N de uma estirpe. Solos ácidos prejudicam tanto as BFNN como o feijoeiro, interferindo na disponibilidade de nutrientes para as plantas e podendo causar efeito fitotóxico. Desta condição originam-se interações negativas com nutrientes como cálcio, fósforo e molibdênio, as quais também são prejudiciais ao rizóbio (STRALIOTTO; RUMJANEK, 1999). Já em solos salinos com pH elevado, surgem condições de estresse hídrico que afetam diretamente a taxa de fotossíntese da planta e o metabolismo do nódulo (BOTTOMLEY, 1991). Em se tratando de solos brasileiros, é importante que se selecione estirpes de rizóbio mais resistentes às condições de pH baixo, visando obter bactérias com maior capacidade de sobrevivência nos inoculantes comerciais quanto na simbiose com o feijoeiro no campo. Muitos trabalhos têm evidenciado a necessidade de pesquisas à procura de estirpes de rizóbio para o feijoeiro, voltadas para solos ácidos e com temperaturas elevadas (ANDRADE; MURPHY; GILLER, 2002; CHUEIRE et al., 2003; HUNGRIA et al., 2000; RAPOSEIRAS et al., 2006; SOARES et al., 2006).

O fornecimento de Ca ao solo através da calagem pode trazer benefícios às bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas (BFNN), em solos com condições de baixo pH, aumentando sua população (LOVATO; PEREIRA; VIDOR, 1985) e corrigindo a deficiência de alguns nutrientes e a toxidez de outros, além de proporcionar maior nodulação (RUFINI et al., 2011). Porém, tal correção nem sempre é economicamente viável, já que em muitos solos as

condições de acidez exigem altas doses de calcário, sendo o custo do seu transporte um fator limitante para locais distantes das jazidas deste produto.

Assim, a identificação de estirpes adaptadas às condições de acidez e a seleção daquelas capazes de aumentar a produtividade das leguminosas, parece ser uma estratégia mais viável.

#### **2.4.1.2 Disponibilidade de nutrientes no solo e suas interações com a simbiose e o rizóbio**

O feijoeiro é uma planta bastante sensível à disponibilidade de nutrientes no solo, pois é uma leguminosa muito exigente em termos nutricionais. Por apresentar sistema radicular pouco profundo e não tolerar acidez do solo, seu crescimento é limitado pelas deficiências nutricionais advindas desta condição. Em situações de simbiose, é de suma importância o suprimento de cálcio, fósforo e molibdênio.

O fornecimento de quantidades adequadas de cálcio no solo é alcançado realizando a calagem, sendo esta prática já comum nos cultivos em solos ácidos de regiões tropicais. O cálcio aplicado no solo via calagem favorece o estabelecimento do rizóbio no solo, tanto pela correção da acidez, quanto pelo efeito do fornecimento direto do nutriente ao rizóbio.

Na maioria dos solos tropicais, a deficiência de fósforo tem efeito marcante sobre a atividade da nitrogenase, por ser a FBN um processo que gasta grande quantidade de energia (STRALIOTTO; RUMJANEK, 1999). Alguns trabalhos mostram resposta positiva entre a adubação fosfatada e a simbiose rizóbio-feijoeiro, quando testados diferentes níveis de fósforo no solo (PEREIRA; BLISS, 1987). A nodulação e a fixação biológica de nitrogênio pelo feijoeiro, segundo Tsai et al. (1993), responderam positivamente ao aumento dos teores de P, K e S do solo, e que quando o feijoeiro recebeu um balanço

adequado de nutrientes, não houve inibição, mas sim sinergia da adubação nitrogenada sobre a nodulação e fixação do nitrogênio.

O molibdênio (Mo) é destaque como micronutriente essencial na eficiência da simbiose (FRANCO; DAY, 1980), sendo sua maior ou menor disponibilidade determinada pelo pH do solo (DECHEN; NACHTIGALL, 2006), com sua deficiência ocorrendo em solos ácidos de textura mais leve (RAIJ, 1991). Baixos valores de pH do solo ou altos valores de matéria orgânica podem reduzir a disponibilidade de molibdênio, causando redução na FBN (HUNGATE et al., 2004).

No campo, a aplicação foliar de Mo proporcionou aumento considerável na atividade de redução do acetileno aos 32 e 46 dias após a emergência (VIEIRA et al., 1998), da ordem de 29 a 174% em relação a plantas de feijoeiro não pulverizadas com este micronutriente. O efeito do Mo na atividade específica da nitrogenase (atividade da nitrogenase.g<sup>-1</sup> de nódulos secos) neste experimento permaneceu presente até o estágio de enchimento de grãos (60 dias após a emergência). O aumento da atividade da nitrogenase, especialmente nos estágios de florescimento e início de desenvolvimento das vagens é importante para contrabalançar a deficiência de nitrogênio normalmente observada no feijoeiro nos estágios iniciais de desenvolvimento da planta (BARRADAS; HUNGRIA, 1989). Além disso, o decréscimo na atividade da nitrogenase observada nesta simbiose após o florescimento pode ser menos acentuado (VIEIRA; PAULA JÚNIOR; BORÉM, 1998) ou mesmo, em alguns casos, evitado pela aplicação deste micronutriente.

A interação entre o macro e microssimbionte também é afetada pelo excesso de N disponível no solo. O nitrogênio pode interferir no controle da produção de flavonoides pela planta, na adesão das bactérias às raízes, no processo de infecção, no desenvolvimento nodular e na atividade da nitrogenase (STREETER, 1988 apud MERCANTE; FRANCO, 2000). Alto teor deste

nutriente possui ação negativa em uma ou mais etapas do processo simbiótico, limitando o potencial de nodulação.

Um elemento que se faz essencial para o desenvolvimento do feijoeiro é o cobalto que, apesar de não ser considerado micronutriente essencial para as plantas, é parte fundamental para esta leguminosa na fixação biológica para seu suprimento em N. Este elemento faz parte da cobalamina (vitamina B<sub>12</sub>), essencial ao rizóbio nos processos bioquímicos da fixação de N<sub>2</sub>. Este micronutriente compõe também a enzima nitrogenase e a leghemoglobina. Aplicações de cobalto e molibdênio, de forma isolada, na cultura da soja, não têm mostrado efeitos positivos sobre a nodulação desta. Esses micronutrientes são pouco eficientes se aplicados isoladamente, porém, quando em conjunto, possuem sua importância no aumento da eficiência da fixação de N<sub>2</sub> (CAMPO; HUNGRIA, 2002). Horizonte (1984) forneceu cobalto e molibdênio às sementes de feijoeiro, obtendo aumentos na produção de grãos, no peso de 100 grãos e no teor de N total da folha.

Além da baixa disponibilidade de nutrientes, a toxidez provocada por altos níveis de metais pesados são fatores limitantes à cultura e, conseqüentemente, à simbiose. O alumínio e manganês se tornam muito solúveis em solos ácidos, além de ocorrer diminuição de fosfatos, molibdatos e cálcio nestas condições de pH. O alumínio reduz a atividade dos rizóbios, próximo à divisão celular, aumentando o tempo para geração de células, causando diminuição da população de bactérias (HUNGRIA et al., 2000; WATKIN, O'HARA, GLENN, 2003). Este efeito, entretanto, é variável conforme as espécies de leguminosas e também entre as espécies e estirpes de rizóbio (CHAGAS JÚNIOR, 2007).

### 2.4.1.3 Umidade do solo e estresse osmótico

A quantidade de água ideal para a cultura do feijoeiro-comum se situa entre 300 e 400 mm (ANDRADE; CARVALHO; VIEIRA, 2008), sendo a formação de vagens e enchimento dos grãos as fases mais críticas para a cultura em relação à deficiência hídrica.

A nodulação é afetada negativamente pela deficiência hídrica durante diversas fases do ciclo do feijoeiro (RAMOS et al., 1995), além de reduzir a sobrevivência do rizóbio no solo (LEUNG; BOTTOMLEY, 1994 ; MARY et al., 1994). Variações osmóticas associadas aos períodos de déficit hídrico resultam em perdas das populações de rizóbio no solo ou diminuição do seu crescimento (SAXENA; REWARI, 1992). As estirpes de rizóbio toleram o estresse osmótico de forma diferente: algumas são inibidas por concentrações salinas de 100 mM, enquanto outras toleram até 500 mM de NaCl (GRAHAM, 1992; STRALIOTTO; RUMJANEK, 1999).

Pesquisas revelam que as leguminosas e sua iniciação nodular são mais afetadas pelo estresse osmótico e hídrico do que a estirpe. Tais efeitos do estresse hídrico na produtividade das plantas em simbiose dependerão do estágio fenológico da leguminosa. No período reprodutivo das plantas, a produtividade é mais afetada do que durante o período vegetativo. Em se tratando de nodulação, se o estresse ocorrer na fase vegetativa, haverá recuperação total do número de nódulos após o fornecimento de água às plantas havendo, inclusive, aumento da nodulação em relação à testemunha. Porém, se este acontecer ao longo da fase reprodutiva, ocorrerá diminuição na nodulação, sem esperanças de recuperação com o suprimento posterior de água (CABRIALES; CASTELLANOS, 1993).

Condições anaeróbicas resultantes de solos inundados também prejudicam o feijoeiro e o processo simbiótico, entretanto, a simbiose entre leguminosas e rizóbios nativos pode ser estabelecida mesmo em condições de

seca prolongada ou em ambientes inundados por um período superior a cinco meses (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002; TORO, 1996).

#### **2.4.1.4 Temperatura**

Nas regiões tropicais, a temperatura pode afetar a sobrevivência da bactéria no solo, o processo de infecção, a formação dos nódulos e a atividade da FBN (HUNGRIA; VARGAS, 2000; ZAHRAN, 1999). Ainda, quando se considera o rizóbio no inoculante, temperaturas elevadas afetam a sua sobrevivência no veículo, tanto durante o transporte quanto no armazenamento (STRALIOTTO; RUMJANEK, 1999). Há poucas informações sobre este assunto, embora seja uma das principais limitações da FBN em regiões tropicais, onde encontramos solos que apresentam temperatura de cerca de 40 °C em algumas horas do dia (MEDEIROS et al., 2007; VARGAS; HUNGRIA, 1997).

Os nódulos de feijoeiro encontram seu ótimo quando a temperatura está entre 25 e 30 °C e seu bom funcionamento é limitado por temperaturas do solo entre 30 e 33 °C. Em temperaturas superiores a 40 °C, os plasmídeos que carregam os genes simbióticos podem ser perdidos (VARGAS; HUNGRIA, 1997). Já em baixas temperaturas, pode haver a diminuição do número de nódulos e prejudicar a FBN em leguminosas tropicais (PADMANABHAN; HIRTZ; BROUGHTON, 1990).

Raposeiras et al. (2002) estudaram o efeito da temperatura elevada sobre a capacidade fixadora de N e a estrutura genética do plasmídeo de duas espécies de *Rhizobium*. Os resultados mostraram que a temperatura elevada aumentou a variabilidade no desempenho natural entre as estirpes isoladas que foram testadas, especialmente da espécie *R. leguminosarum* bv. *phaseoli*. Os perfis plasmidiais das colônias derivadas das estirpes de *R. tropici*, antes e após a exposição à temperatura elevada, apresentaram-se idênticos entre si e em relação

à estirpe original, indicando que as estirpes de *R. tropici* são mais estáveis, tendo demonstrado menor interferência pela ação da temperatura que as estirpes de *R. leguminosarum*.

Para Didonet (2002), os efeitos de alta temperatura para o feijoeiro são caracterizados pelo encurtamento do ciclo, abortamento excessivo de flores e vagens em formação, redução do número de vagens por unidade de área e da massa da matéria seca dos grãos, tendo como consequência a queda na produtividade.

Uma alternativa favorável à inoculação seria o uso do sistema de plantio direto, uma vez que as temperaturas do solo são de 5 a 10 °C inferiores às encontradas no sistema convencional (HUNGRIA; VARGAS; ARAÚJO, 1997), favorecendo a sobrevivência do rizóbio, a nodulação e a eficiência da FBN.

#### **2.4.1.5 Tratamento de sementes**

Quando se pretende realizar o tratamento de sementes, é imprescindível que se verifique a compatibilidade dos defensivos agrícolas com as bactérias inoculadas, pois alguns fungicidas e inseticidas podem ter ação negativa no estabelecimento da estirpe e comprometer a FBN. Entretanto, estudos mostram dificuldade de se generalizar nesta área, pois há grande variação nos resultados experimentais em campo, pois os ensaios foram conduzidos em diferentes ambientes e condições climáticas e também há variações da tolerância das estirpes de rizóbio aos mais diversos produtos. Geralmente, os fungicidas são os maiores responsáveis pela incompatibilidade com a inoculação, seguidos pelos herbicidas e, em última instância, os inseticidas (DE-POLLI; SOUTO; FRANCO, 1986).

As sementes inoculadas não devem ser tratadas com produtos que reduzam a viabilidade das estirpes inoculados (CASSINI; FRANCO, 2006).



Caso seja necessário utilizar defensivos de compatibilidade desconhecida, deve-se avaliar sua compatibilidade com a estirpe a ser inoculada e aplicá-lo em pós-emergência uma semana após o plantio.

O tratamento de sementes com fungicidas específicos é o controle químico de maior eficiência, uma vez que a maior parte dos microrganismos patogênicos do feijoeiro é transmitida via sementes contaminadas. O tratamento de sementes confere proteção inicial contra patógenos de solo, elimina aqueles associados às sementes e evita a dispersão e a entrada de novos patógenos na área de plantio. Este é um processo considerado de baixo custo e, além de controlar inicialmente os fungos, permite a formação de um estande mais uniforme, assim como melhores índices de germinação (PAULA JÚNIOR, 2008).

A associação de inoculação e tratamento de sementes (fungicida sistêmico à base de carbendazin, 0,5 g por kg de semente) foi estudada por Araújo et al. (2007), quando se utilizou a cv. Carioca, sendo que o defensivo não interferiu na nodulação, no crescimento e na produtividade.

Todavia, há necessidade de uma avaliação minuciosa de fungicidas e inseticidas comerciais mais utilizados, procurando melhor orientar aos produtores, uma vez que existe grande número de produtos e formulações para o feijoeiro que é lançado no mercado com grande rapidez.

## **2.4.2 Influência dos fatores bióticos na fixação biológica de nitrogênio**

### **2.4.2.1 Interações entre macro e microssimbiontes**

Nos últimos anos, os programas de melhoramento genético do feijoeiro na América Latina têm trabalhado de forma a obter cultivares altamente responsivas à FBN. Já foram observados resultados positivos no favorecimento

da simbiose através da escolha de genótipos mais adequados (CECCATTO et al., 1998). Entretanto, algumas cultivares ainda estão sendo avaliadas em campo com relação à capacidade de fixação de nitrogênio.

A polinização cruzada, acrescida da promiscuidade do feijoeiro é um importante fator intrínseco que afeta o processo de fixação biológica de nitrogênio, já que há uma gama de espécies de rizóbios que promove nodulação nessa leguminosa. No Brasil, tem sido relatada simbiose com *Rhizobium tropici*, *R. etli*, *R. leguminosarum*, *R. giardinii* e com outras bactérias dos gêneros *Mesorhizobium* e *Sinorhizobium* (GRANGE; HUNGRIA, 2004; MOSTASSO et al., 2002).

Nutman (1967) aponta outro fator que se deve considerar no mecanismo da nodulação: o genótipo da planta. Há enorme variação entre cultivares, mesmo também entre genótipos selvagens de feijoeiro, em relação ao número e massa de nódulos, atividade da nitrogenase e nitrogênio acumulado (FRANCO et al., 1995), precocidade da nodulação e aumento da massa ou tamanho nodular (HERRIDGE; DANSO, 1995). A eficiência do hospedeiro pode ser expressa por centenas de aspectos bioquímicos e moleculares. Um dos fatores de avaliação para a verificação de eficiência da FBN é a expressão de proteínas do nódulo radicular, chamadas nodulinas (KAMMEN, 1984). Algumas destas proteínas são diretamente responsáveis por processos-chave do metabolismo do nódulo (VERMA; LEGOCKI; AUGER, 1981) e são consideradas como parâmetro de diferenciação de cultivares no que diz respeito à fixação biológica de nitrogênio.

A grande variabilidade de cultivares é uma ótima característica para a cultura do feijoeiro em estudos de melhoramento genético, no que tange à obtenção de melhores respostas na eficiência da interação entre as plantas e as estirpes de rizóbio, e permite que as possibilidades de sucesso da inoculação dessa leguminosa sejam ampliadas.

Fonseca et al. (2011), estudando a inoculação das estirpes CIAT 899 e UFLA 04-173 em oito cultivares (União, Madrepérola, Supremo, Radiante, Bolinha, Ouro Negro, Ouro Vermelho e Majestoso), em Minas Gerais, observaram que houve influência das cultivares sobre o microssimbionte, obtendo variação sobre o número de nódulos formados. Neste mesmo trabalho, os autores verificaram também resultados significativos sobre as características matéria seca da parte aérea, teor de nitrogênio e acúmulo de N na planta.

A estirpe a ser inoculada também é um fator de interferência na eficiência da simbiose e é de suma importância para o sucesso da inoculação. Estirpes de bactérias nativas adaptadas às condições do solo e a genótipos de feijoeiro apresentam diferenças em promover benefícios na simbiose de diferentes cultivares (FERNANDES; FERNANDES, 2000).

Interações entre as estirpes empregadas nos inoculantes com os microrganismos do solo são de extrema relevância, podendo originar efeitos negativos, interferindo na sobrevivência, no estabelecimento e nas propriedades simbióticas dessas estirpes de rizóbios no campo (HASSAN; WAFAA; DESSOUKY, 2004; MOSTASSO et al., 2002; STRALIOTTO; RUMJANEK, 1999). Portanto, a presença de alta densidade populacional de bactérias nativas competitivas no solo representa limitação para que a FBN ocorra com sua máxima eficiência (FRANCO; NEVES, 1992). Thies, Singleton e Bohlool (1991) sugerem que se deve inocular os rizóbios na semente em número cem vezes maior do que o número de rizóbios nativos no solo, para que haja superação das estirpes inoculadas na formação de nódulos em relação àquelas nativas. O efeito principal está na alteração do tamanho e composição da população microbiana, o qual pode resultar em uma vantagem numérica para certas estirpes ou grupos de rizóbio, levando à alteração na ocupação nodular. A menor ocupação dos nódulos pelas estirpes inoculadas é devido à existência de uma população nativa maior em número, apesar de muitas vezes ineficiente em

fixar N atmosférico, mas altamente adaptada às condições edáficas locais. Dessa forma, são importantes os estudos de levantamento da diversidade das populações de rizóbio presentes nos diferentes tipos de solo, constituindo-se a etapa primordial na busca de inoculantes mais eficientes e competitivos.

O sucesso dos estudos pertinentes à fixação biológica de nitrogênio somente ocorrerá mediante a seleção de estirpes autóctones adaptadas às condições edafoclimáticas, visando à obtenção de inoculantes altamente competitivos, capazes de se estabelecerem mais rapidamente no solo e tolerarem melhor estresses de ordem ambiental (SILVA; SILVA; FIGUEIREDO, 2002).

#### **2.4.3 Influência das técnicas de inoculação**

A correta aplicação das técnicas de inoculação é tão imprescindível quanto à obtenção de estirpes e inoculantes de alta qualidade. O uso inadequado do produto, muitas vezes causado pela ausência da comunicação entre pesquisadores e extensionistas, é o maior responsável pelas falhas detectadas no processo da inoculação. Assim, as técnicas adequadas de uso do produto raramente chegam ao agricultor ocorrendo, muitas vezes, uma mistura deficiente do inoculante com as sementes. A inoculação com muita antecedência ao plantio, semeadura em solo seco, subdosagem do inoculante e outros erros podem comprometer o sucesso do processo da inoculação.

Novas técnicas de inoculação estão sendo desenvolvidas com o intuito de facilitar a aplicação do produto. Uma delas é o uso de inoculante líquido no sulco, método utilizado pelos produtores de soja e grandes produtores de feijão que adotam um nível tecnológico mais elevado. Sua preferência pelo inoculante líquido é devido à incompatibilidade dos defensivos utilizados no tratamento de sementes com o inoculante (YUEH; HENSLEY, 1993), que podem reduzir a eficiência da inoculação, uma vez que o contato entre os fungicidas e inseticidas

com as bactérias podem diminuir a população do rizóbio do inoculante (CASSINI; FRANCO, 2006).

Monteiro, Baraibar e Tsai (1990) afirmam que o tratamento de sementes de leguminosas com fungicidas enfrenta uma séria restrição quando se pretende utilizar inoculantes contendo estirpes de *Rhizobium*. De acordo com Oliveira et al. (1999) e Barbosa e Gonzaga (2012), o tratamento das sementes coloca os fungicidas em contato direto com o inoculante, fato que pode ser prejudicial à sobrevivência do inóculo, com redução na nodulação e FBN.

Em feijão, poucos são os estudos que avaliam o efeito dos fungicidas na inoculação e na FBN (ARAÚJO; ARAÚJO, 2006; ARAÚJO et al., 2007; RAMOS; RIBEIRO JUNIOR, 1993). Alguns destes não revelaram tal incompatibilidade entre o tratamento de sementes e a inoculação. Em Lavras, resultados preliminares (ANDRADE, 2011) parecem indicar que os fungicidas *Certeza*®, *Vitavax-Thiram*®, *Maxim XL*® e *Carbomax*® não reduzem a nodulação e a massa seca de nódulos da estirpe CIAT 899 em relação às sementes não tratadas com fungicida.

Quando se tratar de produtos incompatíveis, o produtor deve fazer o seu próprio tratamento químico, o qual possui menor eficiência que o industrial, pois seria arriscado adquirir uma semente já tratada. Como a inoculação da semente com inoculante turfoso ou líquido e a subsequente secagem devem ser feitas à sombra, podem ocorrer duas situações: exposição do rizóbio ao produto incompatível por longo período, potencializando o seu efeito, ou indesejável antecipação da semeadura com as sementes úmidas ou enrugadas, prejudicando a operação de semeadura, a germinação e emergência (ANDRADE, 2013).

Para o feijão, o emprego de inoculante líquido via sulco de semeadura seria vantajoso por não expor as bactérias aos produtos fungicidas. Além disso, permitiria ao produtor adquirir sementes já tratadas pela indústria ou

cooperativa, evitando o tratamento/inoculação em tanques na propriedade e acelerando a operação de semeadura.

A manipulação dos inoculantes exige muitos cuidados, como proceder a inoculação à sombra, nas horas mais frescas do dia, utilizando uma solução açucarada a 10% como adesivo, ou outros produtos como goma arábica a 20%. Efetua-se uma mistura de 200 a 300 mL desta solução ao inoculante (500 g) até formar uma pasta homogênea. Em seguida, mistura-se esta pasta a 50 kg de sementes de feijão até que fiquem plenamente recobertas com uma camada uniforme de inoculante. Posteriormente, as sementes inoculadas devem ser deixadas secando à sombra, em local fresco e arejado, realizando a semeadura até, no máximo, dois dias após o procedimento. Também há preocupação em se observar a compatibilidade dos defensivos utilizados no tratamento de sementes com o inoculante antes da sua utilização (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2003).

É de suma importância que a pesquisa, a extensão rural e a iniciativa privada através de vendedores dos insumos sejam capazes de transmitir corretamente aos produtores os conhecimentos e técnicas pertinentes à inoculação, mesmo com todas as suas limitações, pois sua boa relação custo/benefício é notória. Com o avanço da tecnologia de produção de bactérias, as doses de inoculantes estão sendo recomendadas em quantidades cada vez menores, devido à maior concentração de bactérias no inoculante que, em outro tempo, era da ordem de  $10^8$  e, atualmente, se produzem inoculantes com concentrações da ordem de  $10^9$  células viáveis por grama de inoculante (BRASIL, 2010).

## 2.5 Estirpes de *Rhizobium*

Inicialmente a simbiose com o feijoeiro era considerada bastante restrita, sendo relatada apenas com um grupo de bactérias, *Rhizobium phaseoli* (FRED; BALDWIN; MCCOY, 1932), reclassificado posteriormente como *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* (JORDAN, 1984). Contudo, o avanço das metodologias de biologia molecular e a coleta de rizóbios em vários locais do mundo indicaram que esta leguminosa pode ser bastante promíscua em suas associações simbióticas e, até 1997, outras quatro espécies foram descritas: *R. tropici* (MARTINEZ-ROMERO et al., 1991), *R. etli* bv *phaseoli* (SEGOVIA; YOUNG; MARTINEZ-ROMERO, 1993), *R. gallicum* bvs *gallicum* e *phaseoli* e *R. giardini* bvs *giardini* e *phaseoli* (AMARGER; MACHERET; LAGUERRE, 1997). Atualmente, outras espécies/biovars de *Rhizobium* e de outros gêneros foram isolados de nódulos de feijoeiro, tais como *R. mongolense*, *R. etli* bv *mimosae*, *R. yangligense*, *Sinorhizobium fredii*, *S. americanum*, *Azorhizobium doebereineriae*, *Mesorhizobium loti* e *M. huakuii* (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Com a intenção de se conhecer mais a fundo a diversidade das bactérias que nodulam as raízes no feijoeiro, diversos estudos estão sendo realizados (BARBERI, 2007; CHUEIRE et al., 2003; MELLONI et al., 2006; SOARES et al., 2006; STOCCO et al., 2008), principalmente aqueles voltados para selecionar novas estirpes, capazes de fixar N atmosférico quando em simbiose com o feijoeiro. Contudo, estirpes selecionadas em laboratório e em casa de vegetação podem não alcançar o máximo potencial de fixação no campo, em decorrência, dentre outros fatores, da competição com a população nativa e estabelecida do solo e da baixa adaptação às condições ambientais locais (SOARES et al., 2006).

Por muito tempo, o inoculante brasileiro para o feijoeiro era basicamente composto por bactérias das espécies *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* e *Rhizobium etli* (STRALIOTTO, 2011). O problema é que ambas as estirpes estão sujeitas a elevado grau de instabilidade genética (FLORES et al., 1988; SOBERÓN-CHAVES et al., 1986), podendo perder sua eficiência simbiótica com certa facilidade.

As estirpes *R. tropici* (= CIAT 899 = BR 322 = SEMIA 4077) e PRF 81 (= BR 520 = SEMIA 4080) são atualmente recomendadas como inoculantes comerciais de feijoeiro no Brasil. A espécie *R. tropici* é altamente resistente a temperaturas elevadas, muito além das estirpes de *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* (ARAÚJO.; STRALIOTTO; FRANCO, 1993; GOULART; BALDANI, 1993; OLIVEIRA et al., 1998; RAPOUSEIRAS et al., 1998). Além do mais, estirpes de *R. tropici* apresentam maior competitividade na nodulação do feijoeiro sob condições elevadas de acidez (VARGAS; GRAHAM, 1989; WOLFF et al., 1991).

Em experimentos em vasos, a estirpe CIAT 899 mostrou-se mais competitiva em condições de baixo pH (STREIT et al., 1995) e altas temperaturas (OLIVEIRA; GRAHAM, 1990). Em campo, os resultados são variáveis, tendo apresentado baixa competitividade em solos do Havaí (THIES; BOHLOOL; SINGLETON, 1992) e em solos ácidos da Colômbia (WOLFF et al., 1991), e alta competitividade em solo de baixa fertilidade no Brasil (VLASSAK; VANDERLEYDEN; FRANCO et al., 1996; VLASSAK et al. 1997). Fonseca et al. (2011) encontraram menor especificidade na simbiose entre o feijoeiro e as estirpes nativas dos solos de Minas Gerais, em relação às estirpes CIAT 899 e UFLA 04-173.

A estirpe PRF 81 foi isolada de solo do Paraná (HUNGRIA et al., 2000) e caracterizada como pertencente à espécie *Rhizobium tropici* (CHUEIRE et al., 2003). Hungria et al. (2000), comparando a eficiência de novos isolados de



rizóbio para o feijoeiro no estado do Paraná, juntamente com estirpes de *Rhizobium tropici*, verificaram que a inoculação proporcionou acréscimo de até 900 kg ha<sup>-1</sup> no rendimento de grãos, em relação ao controle sem inoculação e sem adubação com N, e que a maioria dos rendimentos obtidos por meio da inoculação foi semelhante ao do controle que recebeu completa adubação nitrogenada. Do mesmo modo, Mostasso et al. (2001) também verificaram que, no feijoeiro, a inoculação de novas estirpes de rizóbio, isoladas no Distrito Federal, proporcionou rendimentos semelhantes aos da testemunha que recebeu adubação nitrogenada, e das estirpes de referência de *Rhizobium tropici* (CIAT 899 e PRF 81).

Utilizando os mesmos isolados obtidos por Mostasso et al. (2001), Hungria et al. (2000) obtiveram resposta com a inoculação de alguns isolados, os quais proporcionaram rendimentos médios de até 1.600 kg ha<sup>-1</sup>, igualando-se à inoculação com as estirpes de referência, CIAT 899 e PRF 81, e ao controle com N de fertilizantes.

Na Universidade Federal de Lavras, em Minas Gerais, estirpes de rizóbio obtidas de solos de Rondônia demonstraram alta eficiência em vasos de Leonard (PEREIRA, 2000). Ensaios posteriores realizados em campo com estas estirpes comprovaram alta eficiência agrônômica de algumas delas e de outras da Amazônia, em solos de Minas Gerais (ANDRADE, 2010; FERREIRA et al., 2009; NOGUEIRA, 2005; RUFINI et al., 2011; SOARES et al., 2006; SOARES, 2012). Nogueira (2005) avaliou as estirpes BR 322 (CIAT 899) de *R. tropici*, UFLA 02-100 de *R. etli*, UFLA 02-86 de *R. etli* bv. *Phaseoli*, UFLA 02-127 de *R. leguminosarum* bv. *Phaseoli* e mais duas testemunhas (sem N mineral e sem inoculação e outra com 80 kg ha<sup>-1</sup> de N) quando se plantou a cultivar Pérola em Formiga, Minas Gerais. Nesse estudo, a inoculação com as estirpes UFLA 02-100 e UFLA 02-127 promoveu economia do adubo nitrogenado e aumentou o rendimento de grãos no feijoeiro.

Avaliando o comportamento das mesmas estirpes mais a estirpe UFLA 02-68 de *R. etli* bv. *mimosae*, além das testemunhas absoluta e nitrogenada (70 kg ha<sup>-1</sup> de N), em Perdões, Minas Gerais, Soares et al. (2006), utilizando cv. Talismã, concluíram que a inoculação com as estirpes UFLA 02-86, UFLA 02-100 e UFLA 02-127 proporcionaram incremento na produtividade (877,61; 909,65 e 826,43 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente) e para o acúmulo de N nos grãos (31,58; 34,42 e 29,33 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente), mas não diferiram da estirpe CIAT 899 (974,64 kg ha e 37,04 kg ha<sup>-1</sup>).

Em Lavras, Ferreira et al. (2009), testando no campo as estirpes BR 322 (CIAT 899), UFLA 02-100, UFLA 02-86, UFLA 02-127 e UFLA 02-68 inoculadas em sementes da cv. Talismã, verificaram que a estirpe UFLA 02-68 superou as demais, inclusive a CIAT 899, e promoveu rendimento de grãos semelhante ao da testemunha com 80 kg ha<sup>-1</sup> de N, proporcionando incremento de 329 kg (28%) na produção de grãos, em relação à testemunha que não recebeu adubação e inoculação. Segundo Soares (2012), a inoculação com as estirpes UFLA 02-100 e UFLA 02-127 é uma alternativa que substitui o fertilizante nitrogenado e traz retornos financeiros maiores para médios e pequenos agricultores, que utilizam baixos níveis tecnológicos em suas lavouras.

Ainda em Lavras, em um trabalho realizado em casa de vegetação em vasos de Leonard, Ferreira (2008) verificou que a estirpe UFLA 02-127, assim como a estirpe CIAT 899 e mais outras cinco estirpes superaram a testemunha nitrogenada em relação ao teor de N na parte aérea, que situou-se acima da faixa de suficiência indicada por Ambrosano et al. (1997) para o feijoeiro-comum.

Em estudo com a cv. Madrepérola inoculada com as estirpes CIAT 899 e UFLA 02-100 em Pitangui e Patos de Minas (Centro-Oeste e Alto Paranaíba de Minas Gerais), Andrade (2010) verificou que a estirpe UFLA 02-100 elevou o número de vagens do feijoeiro-comum. Nas mesmas localidades, outro trabalho demonstrou que a população nativa de rizóbio proporcionou teor e

acúmulo de N nos grãos equivalentes aos obtidos com as estirpes introduzidas (FIGUEIREDO et al., 2012).

As estirpes UFLA 04-195, UFLA 04-173 e UFLA 04-202 de *R. miluonense*, estudadas por Ferreira et al. (2012), apresentaram eficiência simbiótica semelhante à da estirpe CIAT 899, em casa de vegetação, assim como a estirpe UFLA 04-173, em campo, estudadas por Fonseca (2011) em Lavras e Patos de Minas.

## **2.6 Disponibilidade de N x nodulação e fixação simbiótica no feijoeiro**

A necessidade de nitrogênio para a produção de alimentos é amplamente difundida, já que este nutriente é o mais requerido pelas culturas. A prática da adubação nitrogenada é essencial para elevar a produtividade de uma lavoura e maximizar as respostas econômicas do produtor. No entanto, é necessário que haja moderação no fornecimento de N ao solo, pois altas doses elevam os custos de produção do feijoeiro, além dos riscos ambientais envolvidos nesta prática. Entretanto, pesquisas revelam que a aplicação de nitrogênio mineral, juntamente com a inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio, é uma possibilidade ao alcance do produtor, podendo assim reduzir os custos de produção e os impactos ambientais relacionados a altas aplicações de N (SOARES, 2012).

A FBN é influenciada tanto pela presença ou ausência de N (PEREIRA, 1982). Quando se aplica pequenas quantidades de N ao solo há aumento no crescimento de nódulos e maior FBN, enquanto níveis muito baixos de nitrato no solo podem ser limitantes à atividade simbiótica (ROSOLEM, 1987).

Em alguns estudos com inoculantes (ARAÚJO; CARVALHO, 2006; BRITO; MURAOKA; SILVA, 2011; TSAI et al., 1993) foram recomendados a aplicação de pequenas doses de N, chamadas de “doses de arranque”, quando se realizou as adubações de semeadura. Todavia, estas doses devem ser baixas o

suficiente a ponto de não prejudicar a nodulação e, conseqüentemente, a FBN uma vez que o N, quando disponível no solo em quantidade igual ou superior à exigida pelo feijoeiro, prejudica o estabelecimento da simbiose (ARAÚJO et al., 2007; HUNGRIA; VARGAS; ARAÚJO, 1997).

Silva, Tsai e Bonetti (1993) observaram incremento na produtividade do feijoeiro sem interferência na nodulação, quando se aplicou 10 kg de N ha<sup>-1</sup>. Pelegrin et al. (2009) obtiveram rendimento semelhante à aplicação de 160 kg de N ha<sup>-1</sup>, com a adubação de apenas 20 kg de N ha<sup>-1</sup> acrescida de inoculação das sementes com a estirpe CIAT 899.

Moreira e Siqueira (2006) afirmam que o N residual proveniente de culturas anteriores já seria suficiente para suprir as plantas até que os benefícios da FBN fossem perceptíveis sem, no entanto, causar prejuízo à nodulação.

Altos teores de N afetam inicialmente o número e massa de nódulos, mas segundo Ruschel e Ruschel (1975) e Ruschel e Saito (1977), parece não inibir o desenvolvimento do nódulo e a FBN. Todavia, a presença de altas doses de N, sobretudo na semeadura, tem influência negativa sobre a nodulação e a FBN (ANDRADE et al., 1998; CASSINI; FRANCO, 2006; FERREIRA; ANDRADE; ARAÚJO, 2004; SOUZA; SORATTO; PAGANI, 2011).

Na literatura, há grande variabilidade de resultados quando se associa inoculação e adubação nitrogenada, provavelmente em função das diferentes condições experimentais e do grande número de fatores atuantes na resposta, ora com resultados positivos, ora sem efeito significativo.

Arf et al. (1991), estudando doses e modos de aplicação de N, associados ou não à inoculação de sementes com *R. leguminosarum* bv. *phaseoli*, verificaram efeito da inoculação sobre os componentes do rendimento do feijoeiro, mas não sobre a produtividade de grãos e qualidade de sementes. De acordo com Carvalho (1994), N e Mo, associados ou não com inoculação das sementes (*R. leguminosarum* bv. *phaseoli*) não afetaram a produção final.

Bassan et al. (2001), utilizando a cv. Pérola e a estirpe SEMIA 4077 de *R. tropici*, conduziram um fatorial 2x3x4 envolvendo inoculação (presença e ausência), molibdênio 75 g ha<sup>-1</sup> (ausência, via sulco e via foliar) e N cobertura (0, 30, 60 e 90 kg ha<sup>-1</sup>) e apenas encontraram efeitos significativos das doses de N. Andrade et al. (2001), com a cv. Carioca-MG, não observaram diferenças de rendimento de grãos entre a testemunha absoluta (1160 kg ha<sup>-1</sup>) e o tratamento apenas inoculado (1.282 kg ha<sup>-1</sup>); a inoculação + N cobertura foi intermediário (1.723 kg ha<sup>-1</sup>) e N semeadura + N cobertura foi o melhor tratamento (2.241 kg ha<sup>-1</sup>).

Ao contrário, Ruschel, Saito e Tulmann-Neto. (1979) observaram que, nos tratamentos com inoculação e adubação nitrogenada (100 kg ha<sup>-1</sup>), a produção de grãos do feijoeiro aumentou em 2 a 2,5 vezes, respectivamente, quando o parcelamento foi realizado aos 20 e 30 dias após a semeadura. Horizonte (1984) verificou que a adubação nitrogenada associada à inoculação das sementes foi capaz de promover aumentos no peso da matéria seca da planta e na produção do feijoeiro. Vargas et al. (1993) obtiveram resposta da cultura inoculada com *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* à suplementação com N, sendo que os aumentos de produção variaram em função da dose e cultivar utilizada. Vieira et al. (2005) verificaram que, dependendo da safra, inoculação + PK na semeadura podem ter o mesmo efeito que N + PK na semeadura. Brito, Muraoka e Silva (2011), em experimentos utilizando N<sub>15</sub>, mostraram que na dose de 15 mg de N por vaso, a FBN foi capaz de suprir as exigências nutricionais com este elemento.

Em experimentos de campo realizados em Minas Gerais, Soares (2012) testou o incremento de doses de N em cobertura (0-60 kg ha<sup>-1</sup> fonte ureia), associados ou não com N no plantio (20 kg ha<sup>-1</sup>) testando, ainda, a presença da estirpe CIAT 899 (SEMIA 4077) inoculada na cultivar BRSMG Majestoso, além de uma testemunha sem N (plantio e cobertura) e sem inoculação.

Verificou-se que altas doses de nitrogênio na forma de ureia influenciam negativamente a massa seca de nódulos. O autor concluiu ainda que a inoculação com mais 20 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura não interferiram na massa seca de nódulos e promoveu produtividade comparável ao tratamento inoculado com mais 80 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio fonte ureia e que, nem sempre, a máxima produção representa o maior retorno econômico.

No feijoeiro-comum de hábito determinado, um rápido declínio nas taxas de fixação tem sido observado na fase de enchimento de grãos (CASSINI; FRANCO, 2006). De acordo com Silva, Tsai e Bonetti (1993), é possível que a adubação nitrogenada em cobertura possa compensar o rápido declínio da atividade fotossintética e da fixação do N, garantindo, assim, ganhos significativos de produtividade de feijão em simbiose eficiente com estirpes de rizóbio em solos com baixa fertilidade.

## **2.7 Rizóbio do inoculante x microrganismos nativos**

A baixa competitividade do rizóbio do feijoeiro com microrganismos nativos do solo resulta em baixíssima eficiência da FBN na espécie (DENARDIN, 1991), mesmo em áreas nas quais a cultura nunca havia sido implantada (MERCANTE et al., 1992). Vários autores confirmam a presença de bactérias nativas no solo que nodulam o feijoeiro e competem com o rizóbio inoculado (KANEKO et al., 2010; PELEGRIN et al., 2009; SILVA et al., 2009; SOUZA, SORATTO, PAGANI, 2011) Assim, em determinadas situações, a vantagem de se inocular as sementes de feijoeiro-comum é nula, devido à ocorrência generalizada de rizóbios nos solos brasileiros (CASSINI; FRANCO, 2006).

Para que uma estirpe de rizóbio possa ser recomendada para inoculação, é preciso que possua, dentre outros atributos, eficiência na fixação de N<sub>2</sub> e

capacidade de se estabelecer no solo e competir com os microrganismos ali presentes (ARAÚJO et al., 2007). Existe dificuldade no estabelecimento de estirpes eficientes no solo devido à alta promiscuidade do feijoeiro em relação ao microssimbionte (BARBERI, 2007); neste sentido, em uma investigação realizada por Mercante et al. (1992) foi relatado que a falta de resposta do feijoeiro à inoculação é, muitas vezes, devido à presença de bactérias nativas no solo, que nodulam o feijoeiro mesmo em áreas nas quais a cultura nunca havia sido implantada. Ferreira et al. (2000) afirmam que estirpes de bactérias fixadoras de nitrogênio nativas do solo podem alterar de forma negativa o efeito da inoculação no feijoeiro. Pelegrin et al. (2009) não obtiveram resultado significativo da inoculação sobre o número e massa de nódulos e, de acordo com os autores, tal efeito se deu principalmente devido ao grande número de estirpes de bactérias naturais fixadoras de N presentes no solo. Ferreira et al. (2009) também não observaram efeito significativo da inoculação de rizóbios na nodulação da cultivar Talismã, assim como diversos outros autores, com diferentes cultivares e condições experimentais (BINOTTI, 2009; KANEKO et al., 2010; ROMANINI JUNIOR et al., 2007).

Fonseca (2011), testando sete cultivares, verificou que o tratamento não inoculado apresentou alto valor de número de nódulos e permaneceu no mesmo grupo dos tratamentos que receberam inoculação com as estirpes CIAT 899 e UFLA 04-173, indicando a presença de grande número de rizóbios nativos no solo.

Rufini et al. (2011) avaliaram a inoculação do feijoeiro com as estirpes UFLA 04-195 (*Rhizobium etli*), UFLA 04-202 (*R. etli*), UFLA 02-100 (*R. etli*) e UFLA 02-68 (*R. etli* bv. *mimosae*), as quais foram comparadas à estirpe controle de *R. tropici*, CIAT 899 e dois tratamentos adicionais (testemunhas sem inoculação, com ou sem N mineral). Os autores concluíram que as estirpes testadas e as populações nativas de bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas

são eficientes em fornecer nitrogênio para a cultura do feijoeiro-comum, pois todos os tratamentos apresentaram teores de nitrogênio na parte aérea acima do nível crítico que, segundo Ambrosano et al. (1997), é de 3% no período do florescimento. Ainda nesse trabalho, verificou-se que as estirpes selecionadas e a CIAT 899 proporcionaram rendimento de grãos que não diferiram significativamente da testemunha com N na dose total de 70 kg ha<sup>-1</sup> e da que não recebeu N mineral.

Em um estudo com a cv. Madrepérola inoculada com as estirpes CIAT 899 e UFLA 02-100 em Pitangui e Patos de Minas (Centro-Oeste e Alto Paranaíba de Minas Gerais), Figueiredo et al. (2012) demonstraram que a população nativa de rizóbio proporcionou teor e acúmulo de N nos grãos equivalentes aos obtidos com as estirpes introduzidas. Nesse trabalho, as estirpes nativas, nos dois solos, foram capazes de nodular tanto quanto as bactérias inoculadas, proporcionando médias equivalentes de número e massa seca de nódulos, resultado frequente em diversos ensaios (KANEKO et al., 2010; PELEGRIN et al., 2009; SILVA et al., 2009; SOUZA, SORATTO, PAGANI, 2011).

Para que sejam mantidas elevadas produções com as atuais cultivares de feijoeiro-comum, o inoculante deverá vencer a sua principal barreira, que é a competitividade com as estirpes nativas, que, naturalmente, têm baixo potencial de FBN (CASSINI; FRANCO, 2006) e grande adaptação aos solos onde habitam.

Além dos diversos fatores bióticos e abióticos que podem prejudicar a concentração de rizóbio introduzida pela inoculação, ainda é interessante avaliar a utilização de maiores concentrações de inoculante no caso da inoculação de sementes de feijoeiro-comum e realizar testes de doses de inoculantes.

Araújo et al. (2007) estudaram a utilização da dose recomendada de inoculante comercial (8 g kg<sup>-1</sup> de semente) com o emprego de duas doses (16 g



kg<sup>-1</sup> de semente), na presença e ausência de tratamento de sementes com fungicida, utilizando a cv. Carioca. Não houve diferenças entre doses quando se realizou o tratamento de sementes, mas, na ausência do tratamento, diferentemente do esperado, uma dose foi o tratamento que se destacou. Há ainda necessidade de pesquisas mais apuradas sobre este assunto.

## 2.8 Molibdênio

Existem indicativos de que o Mo pode aumentar a eficiência da FBN no feijoeiro através da adubação molíbdica (ALBUQUERQUE et al., 2012; AMANE et al., 1999) uma vez que o molibdênio, sendo componente das enzimas nitrogenase e redutase do nitrato, está envolvido de forma direta no metabolismo do nitrogênio, favorecendo seu aproveitamento seja na forma nítrica (nitrato redutase) ou atmosférica (nitrogenase) (TAIZ; ZEIGER, 2009). O principal questionamento, portanto, é saber quais as fontes e quantidades de Mo capazes de favorecer melhor simbiose das populações de rizóbios nativas do solo e/ou introduzidas pela inoculação de sementes. Pesquisas deste cunho se justificam pela possibilidade de ganhos econômicos e ambientais advindos de obtenção de desempenho superior da simbiose através do uso de tecnologia acessível como o uso de inoculantes e a aplicação de molibdênio via foliar.

Em plantas eficientes na fixação simbiótica de nitrogênio, como a soja e o caupi, há necessidade de mais molibdênio para a atividade da nitrogenase. No caso do feijão, cujo sistema de fixação é de baixa eficiência, a necessidade do nutriente está mais relacionada com a atividade da redutase do nitrato (SANTOS, 1991).

O molibdênio está presente em solução aquosa, principalmente como óxido molibdato (MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), em sua mais alta forma oxidada. É um elemento prontamente móvel no xilema e floema (KANNAN; RAMANI, 1978), sendo sua

forma de translocação ainda desconhecida. Entretanto, observando suas propriedades químicas, é bem provável que o Mo se transporte como  $\text{MoO}_4^{2-}$  ao invés da forma complexada (MARSCHNER, 1995).

Em plantas superiores, apenas algumas enzimas têm sido encontradas por conter molibdênio como um cofator. Essas enzimas possuem funções estruturais e catalíticas e estão diretamente envolvidas nas reações redox. As enzimas que contêm molibdênio são a nitrato redutase, nitrogenase, xantina oxidase/desidrogenase e, presumivelmente, sulfito redutase.

A demanda de Mo é bastante expressiva nas plantas dependentes da fixação de nitrogênio atmosférico, principalmente em nódulos radiculares. Se a fonte externa é baixa, o teor do micronutriente por unidade de peso seco de nódulos é geralmente maior do que o nas folhas, enquanto que, se a disponibilidade externa é muito alta, o conteúdo nas folhas, frequentemente é maior do que nos nódulos (BRODRICK; GILLER, 1991b). Se a quantidade de Mo é limitada, a acumulação, preferencialmente em nódulos de raiz, pode levar a um conteúdo do micronutriente menor nas folhas e sementes de leguminosas noduladas (ISHIZUKA, 1982). Contudo, de acordo com Brodrick e Giller (1991a), a distribuição de molibdênio nos órgãos da planta varia bastante, não só entre espécies de plantas, mas como entre os genótipos dentro de uma espécie.

## **2.9 Fixação biológica de nitrogênio e aplicação foliar de molibdênio**

O molibdênio confere total importância nos sistemas enzimáticos de fixação do nitrogênio, uma vez que plantas dependentes de simbiose, quando deficientes desse nutriente, ficam carentes de nitrogênio. A adubação molíbdica via foliar aumenta o conteúdo de N na parte aérea do feijoeiro e, frequentemente, aumenta o tamanho dos grãos, o número de vagens por planta e,

consequentemente, a produtividade (AMANE et al., 1994; ANDRADE et al., 2001; DINIZ et al., 1998).

O pH, os teores de argila e de óxido de ferro e de alumínio, a matéria orgânica e a adubação com fósforo e enxofre são os fatores que mais influenciam a disponibilidade de Mo no solo, bem como na absorção pelas plantas. O uso de sementes produzidas em solos ricos em molibdênio constitui uma forma de garantir níveis satisfatórios do nutriente para uma cultura (SANTOS, 1991).

Vários trabalhos demonstram resultados positivos em resposta à adubação com molibdênio (ALBUQUERQUE et al., 2012; ANDRADE et al., 2001; BISCARO et al., 2009; ROCHA et al., 2011).

Em um trabalho de Berger, Vieira e Araújo (1996), na qual se avaliou o efeito de doses e épocas de aplicação de Mo sobre a cultura do feijão, a dose de molibdênio, aplicada via foliar, promoveu maior produtividade de feijão, que variou de 80 a 90 g ha<sup>-1</sup>. Rodrigues, Andrade e Carvalho (1996), por sua vez, observou comportamento quadrático das doses de Mo sobre o rendimento de grãos, com valores máximos entre 76 e 80,7 g ha<sup>-1</sup>.

Estudando a resposta do feijoeiro à adubação molíbdica foliar juntamente com a aplicação de outros micronutrientes, Lima, Andrade e Carvalho (1999) observaram que a aplicação de 75g ha<sup>-1</sup> de Mo aumentou o rendimento de grãos e seus componentes primários (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso médio de cem grãos).

Fernandes et al. (2005) obtiveram respostas para rendimento de grãos da cv. Pérola, em sistema de plantio direto, quando aplicou Mo foliar (120 g ha<sup>-1</sup>) e N na semeadura e em cobertura (20 e 70 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente).

Em seu estudo, Leite et al. (2007) analisaram a interferência da aplicação de Mo via foliar sobre os componentes de produção e rendimentos de grãos de feijoeiro e observaram que a aplicação de 80 g ha<sup>-1</sup> de Mo aumentou a

produção de vagens na ordem de 63% em relação aos tratamentos sem o micronutriente. Utilizando essa mesma dose, Pires et al. (2004) também obtiveram incrementos na ordem de 62%, quando utilizaram o feijão Meia Noite.

Calonego et al. (2010) afirmam que a ausência de Mo aplicado via foliar promove acúmulo de nitrato na folha à medida que se aumenta a quantidade de N fornecida, o que permite afirmar que a planta reduz bastante a assimilação de N na ausência de molibdênio.

Diversos trabalhos evidenciam o efeito positivo da adubação molíbdica sobre a nodulação do feijoeiro e de outras leguminosas (ALBUQUERQUE et al., 2012; ALVARENGA, 1995; LEITE et al., 2009; TOLEDO et al., 2010).

Em um trabalho realizado em Lavras, Minas Gerais, avaliou-se a resposta do feijoeiro às adubações nitrogenada e molíbdica e à inoculação com *Rhizobium tropici*. Verificou-se que o molibdênio proporcionou a obtenção de plantas mais altas e com maior número de vagens, resultando em acréscimo de produtividade da ordem de 91% em relação à testemunha (ANDRADE et al., 2001).

Silva et al. (2003), avaliando os efeitos da aplicação foliar exclusiva de molibdênio ou associada a defensivos agrícolas na cultura do feijoeiro, verificaram que essa associação não reduz os benefícios da aplicação isolada do micronutriente, garantindo assim, a diminuição de custos e racionalizando o uso de equipamentos.

Amane et al. (1996), procurando contribuir para a elucidação de qual é a combinação mais adequada de doses de Mo e N para o feijoeiro, concluíram que a aplicação de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N no sulco de semeadura aumentou o rendimento em 97%, enquanto a aplicação de apenas Mo aumentou o rendimento em 107%. O maior rendimento (2.199 kg ha<sup>-1</sup>) foi obtido com o uso de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N e 70 g ha<sup>-1</sup> de Mo. A aplicação de doses elevadas de N na ausência de Mo não se

traduziu em elevados teores de N total na planta devido, provavelmente, ao acúmulo de nitrato ocorrido em razão da falta de síntese da redutase do nitrato na ausência de Mo.

Em um trabalho desenvolvido em Coimbra - MG, objetivando-se avaliar os efeitos da aplicação foliar de Mo na atividade das enzimas nitrogenase e redutase do nitrato e na produtividade do feijoeiro, foi verificado que a aplicação foliar de Mo aumentou as atividades dessas enzimas, mantendo-as em patamares mais altos durante o ciclo da cultura, proporcionando maiores teores de N nas folhas e maior produtividade. A eficiência máxima foi alcançada com 80 g ha<sup>-1</sup> de Mo, com produtividade de 1.893 kg ha<sup>-1</sup> de grãos, 3,23 vezes maior que a da testemunha (sem Mo). Concluíram, também, que nos tratamentos que receberam Mo, os nódulos apresentavam-se, no período de enchimento de grãos, com maior tamanho e com coloração interna avermelhada, indicando serem ainda funcionais, fato comprovado pela maior atividade da nitrogenase, em relação ao tratamento que não recebeu Mo (PESSOA et al., 2001).

Conforme Vieira (1994), a aplicação de Mo aos 25 dias não elimina o problema da depleção de nitrogênio no início do ciclo do feijoeiro, mas faz com que a atividade da nitrogenase aumente e se mantenha após a aplicação desse nutriente, em alguns casos, por até 60 dias após a emergência.

Vieira et al. (1998) observaram que a aplicação foliar de Mo em feijoeiro resultou na diminuição do número de nódulos tanto em solos de alta como de baixa fertilidade, mas aumentou-lhes o tamanho e peso, além de aumentar também a atividade da nitrogenase. Com relação à redutase do nitrato, esses autores verificaram maiores atividade e longevidade dessa enzima com a aplicação de Mo, propiciando aumento do teor de N na planta.

Figueiredo (2012), em ensaios realizados em Pitangui e Patos de Minas, avaliou a inoculação com as estirpes CIAT 899 (*Rhizobium tropici*) e UFLA 02-100 (*Rhizobium etli*) na cultivar BRSMG Madrepérola e a aplicação de duas

doses de molibdênio via foliar (0 e 80 g ha<sup>-1</sup>). A aplicação de 80 g ha<sup>-1</sup> de Mo mostrou resultados diferentes conforme cada localidade: causou um efeito negativo no número e massa seca de nódulos em Patos de Minas, mas não se observou este efeito em Pitangui. Gelain et al. (2011), contradizendo a literatura, também verificaram redução de 23% da nodulação quando se aplicou 60 g ha<sup>-1</sup> de molibdato de sódio em sementes de soja, efeito resultante de uma possível fitotoxidez de Mo.

Verifica-se, portanto, que na maioria dos trabalhos citados, a dose recomendada de molibdênio, aplicada via foliar, varia de 75 a 90 g ha<sup>-1</sup>. De acordo com a 5ª Aproximação (Minas Gerais), deve-se efetuar a aplicação foliar de 60g ha<sup>-1</sup> de Mo (154 g ha<sup>-1</sup> de molibdato de sódio ou 111 g ha<sup>-1</sup> de molibdato de amônio) na cultura do feijoeiro entre 15 e 25 DAE.

Assim, a literatura revela diferentes resultados, sendo poucos os trabalhos como os de Albuquerque et al. (2012) e de Guareschi e Perin (2009) que envolvem a aplicação foliar de Mo e inoculação, com posterior avaliação do número e massa seca de nódulos. Faz-se necessário, portanto, a realização de novos estudos referentes a esses dois fatores.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, H. C. et al. Capacidade nodulatória e características agronômicas de feijoeiros comuns submetidos à adubação molíbdica parcelada e nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 2, p. 214-221, abr./jun. 2012.

ALVARENGA, P. E. **Resposta do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) às adubações nitrogenada e molíbdica e à inoculação com *Rhizobium leguminosarum* bv. *Phaeoli***. 1995. 67 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 1995.

AMANE, M. I. V. Resposta da cultura do feijão a doses de nitrogênio e de molibdênio. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., 1996, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa, CNPAF, 1996. p. 91-92. v. 1.

AMANE, M. I. V. et al. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) às adubações nitrogenada e molíbdica. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 41, n. 234, p. 202-216, mar./abr. 1994.

AMANE, M. I. V. et al. Adubação nitrogenada e molíbdica da cultura do feijão na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, n. 4, p. 643-650, 1999.

AMARGER, N.; MACHERET, V.; LAGUERRE, G. *Rhizobium gallicum* sp. nov. and *Rhizobium giardinii* sp. nov. from *Phaseolus vulgaris* nodules. **International Journal Systematic Bacteriology**, Ames, Iowa, v. 47, n. 4, p. 996-1006, Oct. 1997.

AMBROSANO, E. J. et al. Leguminosas e oleaginosas. In: RAIJ, B. van et al. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1997. cap. 19, p. 187-199.

ANDRADE, D. S.; MURPHY, P. J.; GILLER, K. E. The diversity of *Phaseolus*-nodulating rhizobial populations is altered by liming of acid soils planted with *Phaseolus vulgaris* L. in Brazil. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 68, n. 8, p. 4025-4034, Aug. 2002.

ANDRADE, M. J. B. **Aprimoramento da inoculação de sementes de feijoeiro-comum visando maior eficiência da fixação biológica de nitrogênio**. 2010. 37 p. Projeto submetido ao Edital 001/2010 e financiado pela FAPEMIG.

ANDRADE, M. J. B. **Difusão do uso de inoculantes microbiológicos para leguminosas e testes de eficiência agrônômica sob diferentes condições na cultura do feijoeiro-comum nas regiões do sul e centro oeste mineiro**. 2011. Projeto submetido ao Edital do Programa Institucional de Bolsas de Pós-doutorado – PNPd/CAPES 2011. (Proc. PNPd 2558/2001, N. 2303.007043/2011-55).

ANDRADE, M. J. B. **Fixação biológica de nitrogênio no feijoeiro-comum mediante aplicação de inoculante líquido via sulco de semeadura**. Lavras, MG, maio, 2013. Projeto submetido ao CNPq - 2ª chamada pós-doutoramento júnior – 2013.

ANDRADE, M. J. B.; CARVALHO, A. J.; VIEIRA, N. M. B. Exigências edafoclimáticas. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão**. 2. ed., atual. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 2008. p. 67-86.

ANDRADE, M. J. B. et al. Influência do nitrogênio, rizóbio e molibdênio sobre o crescimento, nodulação radicular e teores de nutrientes no feijoeiro. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 45, n. 257, p. 65-79, 1998.

ANDRADE, M. J. B. et al. Resposta do feijoeiro às adubações nitrogenada e molíbdica e à inoculação com *Rhizobium tropici*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 25, n. 4, p. 934-940, jul./ago. 2001.



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

ARAÚJO, A. S. F.; ARAÚJO, R. S. Sobrevivência e nodulação do *Rhizobium tropici* em sementes de feijão tratadas com fungicidas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 973-976, maio/jun. 2006.

ARAÚJO, A. S. F.; CARVALHO, E. M. S. **Fixação biológica de nitrogênio em leguminosas**. Teresina: UFPI, 2006. (Comunicado técnico, 11).

ARAÚJO, F. F. et al. Fixação biológica de N<sub>2</sub> no feijoeiro submetido a dosagens de inoculante e tratamento químico na semente comparado à adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 4, p. 535-540, 2007.

ARAÚJO, J. L. S.; STRALIOTTO, R.; FRANCO, A. A. Seleção de cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) para fixação biológica de nitrogênio em condições de temperaturas elevadas. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 4., 1993, Londrina. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1993. p. 136.

ARF, O. et al. Efeito da inoculação e adubação nitrogenada em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Carioca 80. I. **Científica**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 29-38, 1991.

BARRADAS, C. A.; HUNGRIA, M. Seleção de estirpes de *Rhizobium* para o feijoeiro (I): precocidade para nodulação e fixação do nitrogênio. **Turrialba**, San José, v. 39, n. 2, p. 236-242, 1989.

BARBERI, A. **Diversidade e eficiência de bactérias que nodulam feijoeiro de diferentes sistemas de uso da terra na Amazônia Ocidental**. 121 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2007.

BARBOSA, F. R.; GONZAGA, A. C. O. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira: 2012-2014**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. 247 p. (Documentos, 272).

BASSAN, D. A. Z. et al. Inoculação de sementes e aplicação de nitrogênio e molibdênio na cultura do feijão de inverno: produção e qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 23, n. 1, p. 76-83, 2001.

BERGER, P. G.; VIEIRA, C.; ARAÚJO, G. A. de A. Efeitos de doses e épocas de aplicação do molibdênio sobre a cultura do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 31, n. 7, p. 473-480, jul. 1996.

BINOTTI, F. F. S. **Manejo do nitrogênio no feijoeiro de inverno em sucessão a milho e *Brachiaria* em sistema de plantio direto**. 2009. 178 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Sistemas de Produção)–Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2009.

BISCARO, G. A. et al. Molibdênio via semente e nitrogênio em cobertura no feijoeiro irrigado em solo de cerrado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 33, n. 5, p. 1280-1287, set./out. 2009.

BOTTOMLEY, P. Ecology of *Rhizobium* and *Bradyrhizobium*, In: STACEY, G.; BURRIS, R. H. (Ed.). **Biological nitrogen fixation**. New York: Chapman & Hall, 1991. p. 292-347.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Câmaras setoriais**. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/camaras\\_setoriais/Feijao/15\\_reuniaio/Consumo.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Feijao/15_reuniaio/Consumo.pdf)> Acesso em: 18 mar. 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 30, de 12 de nov. 2010. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, 17 nov. 2010. Disponível em: <[http://www.fiscolex.com.br/doc\\_13261309\\_INSTRUCAO\\_NORMATIVA\\_N\\_30\\_DE\\_12\\_DE\\_NOVEMBRO\\_DE\\_2010.aspx](http://www.fiscolex.com.br/doc_13261309_INSTRUCAO_NORMATIVA_N_30_DE_12_DE_NOVEMBRO_DE_2010.aspx)>. Acesso em: 25 mar. 2011.

BRITO, M. M. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e caupi. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p. 206-215, 2011.

BRODRICK, S. J.; GILLER, K. E. Genotypic difference in molybdenum accumulation affects N<sub>2</sub>-fixation in tropical *Phaseolus vulgaris*. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 42, n. 10, p. 1339-1343, 1991a.

BRODRICK, S. J.; GILLER, K. E. Root nodules of *Phaseolus*: efficient scavengers of molybdenum for N<sub>2</sub>-fixation. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 42, n. 5, p. 679-686, 1991b.

CABRIALES, J. J.; CASTELLANOS, J. Z. Effects of water stress on N fixation and grain yield of *Phaseolus vulgaris* L. **Plant and Soil**, The Hague, v. 152, n. 1, p. 151-155, 1993.

CALONEGO, J. C. et al. Adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro com suplementação de molibdênio via foliar. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 334-340, 2010.

CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M. Importância dos micronutrientes na fixação biológica do N<sub>2</sub>. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 98, p. 6-9, jul. 2002.

CARVALHO, E. G. **Efeito do nitrogênio, molibdênio e inoculação das sementes em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) na região de Selvíria-MS**. 1994. 51 p. Monografia (Graduação)-Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, 1994.

CASSINI, S. T. A.; FRANCO, M. C. Fixação biológica de nitrogênio: microbiologia, fatores ambientais e genéticos. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão**. 2. ed., atual. Viçosa, MG: Ed. Da UFV, 2006. p. 143-170.

CECCATTO, V. M. et al. Effects of host plant origin on noduling activities and nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris* L. **Plant and Soil**, The Hague, v. 204, n. 1, p. 79-87, 1998.

CHAGAS, J. M. et al. Feijão. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5<sup>a</sup> aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 306-307.

CHAGAS JÚNIOR, A. F. **Características agronômicas e ecológicas de rizóbios isolados de solos ácidos e de baixa fertilidade da Amazônia**. 2007. 158 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade federal do Amazonas, Manaus, 2007.

CHUEIRE, L. M. O. et al. Classificação taxonômica das estirpes de rizóbio recomendadas para as culturas da soja e do feijoeiro baseada no sequenciamento do gene 16S rRNA. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 5, p. 833-840, set./out. 2003.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, oitavo levantamento, maio 2013**. Brasília, DF, 2013. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/3graos\\_09.12.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/3graos_09.12.pdf)>. Acesso em: 25 maio 2013.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, sexto levantamento, Safra 2012/2013**. Brasília, DF, 2013. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_03\\_07\\_10\\_39\\_19\\_levantamento\\_safra\\_graos\\_6.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_03_07_10_39_19_levantamento_safra_graos_6.pdf)>. Acesso em: 15 mar. 2013.

CORSI, M. Adubação nitrogenada das pastagens. In: PIEXOTO, A. M.; MOURA, J. C. de; FARIA, V. P. de. **Pastagens: fundamentos da exploração racional**. Piracicaba: FALQ, 1986. p. 109-132.

DE-POLLI, H.; SOUTO, S. M.; FRANCO, A. A. **Compatibilidade de agrotóxicos com *Rhizobium spp* e a simbiose das leguminosas**. Seropédica: Embrapa, 1986, 75 p. (Documentos, 3).

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. M. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. cap. 8, p. 327-354.

DENARDIN, N. D. **Seleção de estirpes de *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* tolerantes a fatores de acidez e resistentes a antibióticos**. 1991. 89 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de plantas)–Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

DIDONET, A. D. et al. Efeitos da alta temperatura do ar. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. (Ed.) **Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. cap. 3, p. 53-66.

DINIZ, A. R. et al. Avaliação preliminar da resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à aplicação foliar de molibdênio e adubação nitrogenada em cobertura. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 22, n. 2, p. 226-231, abr./jun. 1998.

DUQUE, F. F. et al. The response of field grown *Phaseolus vulgaris* to *Rhizobium* inoculation and the quantification of the N<sub>2</sub> fixation using 15N. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 88, n. 3, p. 333-43, 1985.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo de feijão-caupi**. Brasília, DF, 2003. Disponível em: <<http://sistemaproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoCaupi/referencias.htm>>. Acesso em: 25 jan. 2011.

FERNANDES, F. A. et al. Molibdênio foliar e nitrogênio em feijoeiro cultivado no sistema plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 7-15, jan./mar. 2005.

FERNANDES, M. F.; FERNANDES, R. P. M. Seleção inicial e caracterização parcial de rizóbios de tabuleiros costeiros quando associados ao guandu. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 2, p. 321-327, 2000.

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

FERREIRA, A. N. et al. Estirpes de *Rhizobium tropici* na inoculação do feijoeiro. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 507-512, jul./set. 2000.

FERREIRA, C. M. et al. Aspectos econômicos. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Coord.). **Feijão**. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 2006. p. 19-40.

FERREIRA, P. A. A. **Eficiência simbiótica de estirpes de bactérias fixadoras de nitrogênio em feijoeiro e sua tolerância a acidez e alumínio “in vitro”**. 2008. 50 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2008.

FERREIRA, P. A. A. et al. Efficient nitrogen-fixing *Rhizobium* strains isolated from amazonian soils are highly tolerant to acidity and aluminium. **World Journal Microbiology Biotechnology**, Heidelberg, v. 28, n. 5, p. 1947-1959, May 2012.

FERREIRA, P. A. A. et al. Inoculação com cepas de rizóbio na cultura do feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 7, p. 2210-2212, out. 2009.

FIGUEIREDO, M. A. **Inoculação com *Rhizobium* ssp. E adubações nitrogenada e molíbdica no feijoeiro-comum**. 2012. 99 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2012.

FIGUEIREDO, M. A. et al. Teor e acúmulo de nitrogênio nos grãos de feijão em função das adubações nitrogenada e molíbdica e inoculação com *Rhizobium* spp. In: CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA, 21., 2012, Lavras, MG. **Anais...** Lavras, MG: UFLA, 2012. Cd-rom.

FLORES, M. et al. Genomic instability in *Rhizobium phaseoli*. **Journal of Bacteriology**, Washington, v. 170, n. 3, p. 1191-1196, Mar. 1988.

FONSECA, G. G. **Resposta de cultivares de feijoeiro-comum à inoculação das sementes com estirpes de rizóbio em Minas Gerais**. 2011. 166 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2011.

FONSECA, G. G. et al. Inoculation of bean plants cultivars with *Rhizobium* strains. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 54, p. 170-171, 2011.

FRANCO, A. A. Nutritional restrains for tropical grain legume symbiosis. In: VINCENT, J. M. et al. (Ed.). **Exploiting the legume-*Rhizobium* in tropical agriculture**. Hawaii: University of Hawaii, 1977. p. 75-96.

FRANCO, A. A.; DAY, J. M. Effects of lime and molybdenum on nodulation and nitrogen fixation of *Phaseolus vulgaris* L. in acid soil of Brazil. **Turrialba**, San José, v. 30, n. 1, p. 99-105, 1980.

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

FRANCO, M. C. et al. 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. **Programa and Abstracts...** Viçosa, MG: JARD, 1995. p. 147.

FRED, E. B.; BALDWIN, I. L.; MCCOY, E. **Root nodule bacteria of leguminous plants**. Madison: The University of Wisconsin Press, 1932. 343 p.

GELAIN, E. et al. Fixação biológica de nitrogênio e teores foliares de nutrientes na soja em função de doses de molibdênio e gesso agrícola. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 35, n. 2, p. 259-269, mar./abr. 2011.

GOULART, L. S.; BALDANI, J. I. Efeito do choque térmico na expressão de estirpes de *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* e *Rhizobium tropici*. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 4., 1993, Londrina. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1993. p. 133.

GRAHAM, P. H. Stress tolerance in *Rhizobium* and *Bradyrhizobium* and nodulation under adverse soil conditions. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 38, n. 6, p. 475-484, June 1992.

GRANGE, L.; HUNGRIA, M. Genetic diversity of indigenous common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobia in two Brazilian ecosystem. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 36, n. 9, p. 1389-1398, Sept. 2004.

GUARESCHI, R. F.; PERIN, A. Efeito do molibdênio nas culturas da soja e do feijão via adubação foliar. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 2, n. 3, p. 8-15, set./dez. 2009.

HARPER, J. E. Nitrogen metabolism. In: BOOTE, K. J.; BENNETT, J. M.; SINCLAIR, T. R. et al. **Physiology and determination of crop yield**. Madison: ASA; CSSA; SSSA, 1994. chapt. 11A, p. 285-302.

HASSAN, M.; WAFAA, M. A.; DESSOUKY, A. Performance of *Phaseolus* bean *rhizobia* in soils from the major production sites in the Nile Delta. **Comptes Rendus Biologies**, Paris, v. 327, n. 5, p. 445-453, May 2004.



HERRIDGE, D. F.; DANSO, S. K. A. Enhancing crop legume N<sub>2</sub> fixation through selection and breeding. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 174, n. 1/2, p. 51-82, July 1995.

HORIENTE, E. C. **Efeitos da aplicação de micronutrientes e nitrogênio mineral sobre a fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1984. 39 p. Monografia (Graduação)-Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 1984.

HUNGATE, B. A. et al. CO<sub>2</sub> elicits long-term decline in nitrogen fixation. **Science**, Washington, v. 304, n. 5675, p. 1291, May 2004.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T. Environmental factors affecting N<sub>2</sub> fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 65, n. 2/3, p. 151-164, Mar. 2000.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T.; ARAUJO, R. S. Fixação biológica do nitrogênio em feijoeiro. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos solos de cerrados**. Planaltina: Embrapa, 1997. p. 187-294.

HUNGRIA, M. et al. Isolation and characterization of new efficient and competitive bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobia from Brazil. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 32, n. 11/12, p. 1515-1528, Oct. 2000.

ISHIZUKA, J. Characterization of molybdenum absorption and translocation in soybean plants. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 28, n. 1, p. 63-78, 1982.

JORDAN, D. C. *Rhizobiaceae* Conn 1938. In: KRIEG, N. R.; HOLT, J. D. (Ed.). **Bergey's manual of systematic bacteriology**. London: Williams and Wilkins, 1984. p. 234-244. v. 1.

KAMMEN, A. van. Suggested nomenclature for plant genes involved in nodulation and symbiosis. **Plant Molecular Biology Reporter**, Athens, v. 2, n. 2, p. 43-45, 1984.

KANEKO, F. H. et al. Mecanismos de abertura de sulcos, inoculação e adubação nitrogenada em feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 125-133, 2010.

KANNAN, S.; RAMANI, S. Studies on molybdenum absorption and transport in bean and rice. **Plant Physiology**, Washington, v. 62, n. 2, p. 179-181, Aug. 1978.

LEITE, L. F. C. et al. Nodulação e produtividade de grãos de feijão-caupi em resposta ao molibdênio. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 4, p. 492-497, 2009.

LEITE, U. T. et al. Rendimento de grãos e componentes de rendimento do feijoeiro em função da aplicação foliar de doses crescentes de molibdênio. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 1, p. 113-120, 2007.

LEUNG, K.; BOTTOMLEY, P. J. Growth and nodulation characteristics of subclover (*Trifolium subterraneum* L.) and *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* at different soil water potentials. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 26, n. 7, p. 805-812, July 1994.

LIMA, S. F.; ANDRADE, M. J. B. de; CARVALHO, J. G. de. Resposta do feijoeiro à adubação foliar de boro, molibdênio e zinco. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 23, n. 2, p. 462-467, abr./jun. 1999.

LOVATO, P. E.; PEREIRA, J. C.; VIDOR, C. Flutuação populacional de *Rhizobium phaseoli* em solos com e sem calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 9, n. 1, p. 9-12, jan. 1985.

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

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTINEZ-ROMERO, E. et al. *Rhizobium tropici*, a novel species nodulating *Phaseolus vulgaris* L. beans and *Leucaena* sp. trees. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Ames, Iowa, v. 41, n. 3, p. 417-426, July 1991.

MARY, P. et al. Differences among *Rhizobium meliloti* and *Bradyrhizobium japonicum* strains in tolerance to desiccation and storage at different relative humidities. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 26, n. 9, p. 1125-1132, Sept. 1994.

MEDEIROS, E. V. et al. Tolerância de bactérias fixadoras de nitrogênio provenientes de municípios do Rio Grande do Norte à temperatura e salinidade. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, João Pessoa, v. 7, n. 2, p. 59-65, jan./dez. 2007.

MELLONI, R. et al. Eficiência e diversidade fenotípica de bactérias diazotróficas que nodulam caupí [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] e feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em solos de mineração de bauxita em reabilitação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 2, p. 235-246, 2006.

MENDES, I. C. et al. Efeito da inoculação com rizóbio e da adubação nitrogenada em sete cultivares de feijão em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 18, p. 421-425, 1995.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 4th ed. Bern: International Potash Institute, 1987. 687 p.

MERCANTE, F. M.; FRANCO, A. A. Expressão dos genes *nod* de *Rhizobium tropici*, *R. etli*, e *R. leguminosarum* bv. *Phaseoli* e estabelecimento da nodução do feijoeiro na presença de exsudatos de sementes de *Mimosa flocculosa* e *Leucaena leucocephala*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 2, p. 301-310, mar. 2000.

MERCANTE, F. M. et al. Avanços biotecnológicos na cultura do feijoeiro sob condições simbióticas. **Revista Ciências da Vida**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 1/2, p. 127-146, 1999.

MERCANTE, F. M. et al. **A inoculação do feijoeiro-comum com rizóbio**. Seropédica: Embrapa, 1992. 8 p. (Comunicado técnico, 10).

MIFLIN, B. J.; LEA, P. J. The pathway of nitrogen assimilation in plants. **Phytochemistry**, New York, v. 15, p. 873-885, 1976.

MONTEIRO, R. T. R.; BARAIBAR, A.; TSAI, S. M. Sobrevivência de *Rhizobium leguminosarum* bv *phaseoli* em sementes tratadas com fungicidas. **Revista de Microbiologia**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 55-59, jan./mar. 1990.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras, MG: Ed. UFLA, 2002. 626 p.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras, MG: Ed. UFLA, 2006. 729 p.

MOSTASSO, L. et al. Selection of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobial strains for the Brazilian Cerrados. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 73, n. 2/3, p. 121-132, Jan. 2002.

NOGUEIRA, C. O. G. **Eficiência agronômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas que nodulam o feijoeiro-comum em Formiga-MG**. 2005. 73 p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola)– Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2005.

NUTMAN, P. S. Varietal differences in the nodulation subterranean clover. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 18, n. 2, p. 381-425, 1967.

OLIVEIRA, C. A. et al. Efeito da temperatura sobre a fixação de N<sub>2</sub> do feijoeiro. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., 1998, Caxambu. **Resumos...** Caxambu: UFLA, 1998. p. 181.

OLIVEIRA, L. A.; GRAHAM, P. H. Evaluation of strain competitiveness in + - *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* using a nod fix natural mutant. **Archives in Microbiology**, Berlin, v. 153, n. 4, p. 305-310, Mar. 1990.

OLIVEIRA, P. P. A. et al. Interação entre cultivares, estirpes comerciais de *Rhizobium meliloti* e fungicidas no incremento da produção de alfafa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 3, p.425-431, mar. 1999.

PADMANABHAN, S.; HIRTZ, R. D.; BROUGHTON, W. J. Rhizobia in tropical legumes: Cultural characteristics of *Bradyrhizobium* and *Rhizobium* sp. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 22, n. 1, p. 23-28, 1990.

PAULA JÚNIOR., T. J. (Coord.). **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na região central brasileira: 2007-2009**. Viçosa, MG: EPAMIG-CTZM, 2008. 180 p. (Documentos, 42).

PELEGRIN, R. et al. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, p. 219-226, 2009.

PEREIRA, E. G. **Diversidade de rizóbio em diferentes sistemas de uso da terra da Amazônia**. 2000. 93 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2000.

PEREIRA, P. A. A. Fixação biológica de nitrogênio no feijoeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 8, n. 90, p. 41-46, jun. 1982.

PEREIRA, P. A. A.; BLISS, F. A. Nitrogen fixation and plant growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) at different level of phosphorus availability. **Plant and Soil**, The Hague, v. 104, n. 1, p. 79-84, 1987.

PESSOA, A. C. S. et al. Atividades de nitrogenase e redutase de nitrato e produtividade do feijoeiro “Ouro negro” em resposta à adubação foliar com molibdênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, p. 217-224, 2001.

PIRES, A. A. et al. Rendimento de grãos, componentes do rendimento e índice spad do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em função de época de aplicação e do parcelamento da aplicação foliar de molibdênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 28, n. 5, p. 1092-1098, set./out. 2004.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ceres, 1991. 343 p.

RAMOS, M. L. G.; RIBEIRO JUNIOR, W. Q. Effect of fungicides on survival of *Rhizobium* on seeds and the nodulation of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Plant and Soil**, The Hague, v. 152, n. 1, p. 145-150, 1993.

RAMOS, M. L. G. et al. Effect of water stress on nitrogen fixation and nodule structure of common bean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 3, p. 339-347, mar. 2003.

RAMOS, M. L. G. et al. Water stress on nitrogen-fixation of two cultivars of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In: TIKONOVICH, I. A.; PROVOROV, N. A.; NEWTON, W. E. (Ed.). **Nitrogen fixation: fundamentals and applications**. Dordrecht: Kluwer, 1995. p. 728.

RAPOSEIRAS, R. et al. *Rhizobium* strains, competitiveness on bean nodulation in Cerrado soils. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 3, p. 439-447, mar. 2006.

RAPOSEIRAS, R. et al. Variabilidade de colônias isoladas de estirpes de *Rhizobium* efetivas na nodulação do feijoeiro, antes e após exposição a temperaturas elevada. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., Caxambu, 1998. **Resumos...** Caxambu: UFLA, 1998. p. 208.

RAPOSEIRAS, R. et al. Variability of isolated colonies in bean nodulating *Rhizobium* strains before and after exposure to high temperature. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 149-154, abr. 2002.

RENNIE, R. J. Comparison of N balance and <sup>15</sup>N isotope dilution to quantify N<sub>2</sub> fixation in field grown legumes. **Agronomy Journal**, Madison, v. 76, n. 5, p. 785-790, Sept. 1984.

ROCHA, P. R. R. et al. Adubação molíbdica na cultura do feijão nos sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 2, p. 9-17, 2011.

RODRIGUES, J. R. M.; ANDRADE, M. J. B.; CARVALHO, J. G. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) a doses de molibdênio aplicado via foliar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 20, n. 3, p. 323-333, jul./set. 1996.

ROMANINI JUNIOR, A. et al. Avaliação da inoculação de rizóbio e adubação nitrogenada no desenvolvimento do feijoeiro, sob sistema plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 4, p. 74-82, out/dez. 2007.

ROSOLEM, C. A. **Nutrição e adubação do feijoeiro**. Piracicaba: Potafós, 1987. 91 p. (Boletim técnico, 8).

RUFINI, M. et al. Simbiose de bactérias fixadoras de nitrogênio com feijoeiro-comum em diferentes valores de pH. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 1, p. 81-88, jan. 2011.

RUSCHEL, A. P.; RUSCHEL, R. Avaliação da fixação simbiótica de nitrogênio em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 10, n. 11, p. 11-17, 1975.

RUSCHEL, A. P.; SAITO, S. M. T. Efeito da inoculação de *Rhizobium*, nitrogênio e matéria orgânica na fixação simbiótica de nitrogênio em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 1, n. 1, p. 21-24, 1977.

RUSCHEL, A. P.; SAITO, S. M. T.; TULMANN-NETO, A. Eficiência da inoculação de *Rhizobium* em *Phaseolus vulgaris* L.: I. Efeitos de fontes de nitrogênio e cultivares. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 3, n. 1, p. 13-17, 1979.

SAITO, S. M. T. Avaliação em campo da capacidade de fixação simbiótica de estirpes de *Rhizobium phaseoli*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 17, n. 7, p. 999-1006, jul. 1982.

SANTOS, O. S. Molibdênio. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Potafos, 1991. p. 191-217.

SAXENA, A. K.; REWARI, R. B. Differential responses of chickpea (*Cicer arietinum* L.) *Rhizobium* combinations to saline soil conditions. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 13, n. 1, p. 31-34, Mar. 1992.

SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO – SEAB. Departamento de Economia Rural. **Feijão**: análise da conjuntura agropecuária Outubro de 2012. Disponível em: <[http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/feijao\\_2012\\_13.pdf](http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/feijao_2012_13.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2013.



SEGOVIA, L.; YOUNG, J. P. W.; MARTINEZ-ROMERO, E. Reclassification of American *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* type I strains as *Rhizobium etli* sp. nov. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Ames, Iowa, v. 43, n. 2, p. 374-377, Apr. 1993.

SILVA, E. F. et al. Inoculação do feijoeiro com *Rhizobium tropici* associada a exsudato de *Mimosa flocculosa* com diferentes doses de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 2, p. 443-451, 2009.

SILVA, M. V. da et al. Aplicação foliar simultânea de molibdênio e alguns defensivos agrícolas na cultura do feijoeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 27, n. 5, p. 1160-1164, set./out. 2003.

SILVA, P. M.; TSAI, S. M.; BONETTI, R. Response to inoculation and N fertilization for increased yield and biological nitrogen fixation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Plant and Soil**, The Hague, v. 152, n. 1, p. 123-130, 1993.

SILVA, T. R. B.; LEMOS, L. B.; TAVARES, C. A. Produtividade e característica tecnológica de grãos de feijoeiro adubados com nitrogênio e molibdênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 5, p. 739-745, maio 2006.

SILVA, V. N.; SILVA, L. E. S. F.; FIGUEIREDO, M. V. B. Atuação de rizóbios com rizobactéria promotora de crescimento em plantas na cultura do caupi (*Vigna Unguiculata* L.). **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 3, p. 10-16, jul. 2002.

SIQUEIRA, J. O. et al. **Microorganismos e processos biológicos do solo:** perspectiva ambiental. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz, Feijão; Londrina: Embrapa Soja; Brasília, DF: Embrapa-SPI, 1994. (Documentos, 45).

SOARES, A. L. L. et al. Eficiência agronômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões (MG). II- Feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 5, p. 803-811, set./out. 2006.

SOARES, B. L. **Avaliação técnico-econômica do feijoeiro-comum inoculado com rizóbio em diferentes ambientes**. 2011. 150 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2012.

SOBERÓN-CHAVES, G. et al. Genetic rearrangements of a *Rhizobium phaseoli* symbiotic plasmid. **Journal of Bacteriology**, Oxford, v.167, n. 2, p. 487-491, Aug. 1986.

SOUZA, E. F. C.; SORATTO, R. P.; PAGANI, F. A. Aplicação de nitrogênio e inoculação com rizóbio em feijoeiro cultivado após milho consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 4, p. 370-377, abr. 2011.

STOCCO, P. et al. Avaliação da biodiversidade de rizóbios simbiotes do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 3, p. 1107-1120, maio/jun. 2008.

STRALIOTTO, R. **A importância da inoculação com rizóbio na cultura do feijoeiro**. Embrapa Agrobiologia, 2002. Disponível em: <[http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/artigos/fbml\\_inocula\\_feijoeiro.html](http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/artigos/fbml_inocula_feijoeiro.html)>. Acesso em: 30 ago. 2011.

STRALIOTTO, R.; RUMJANEK, N. G. **Biodiversidade do rizóbio que nodula o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e os principais fatores que afetam a simbiose**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1999. 51 p. (Documentos, 94).

STRALIOTTO, R.; TEIXEIRA, M. G.; MERCANTE, F. M. Fixação simbiótica de nitrogênio. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. **Produção de feijoeiro-comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz, Feijão, 2002. p. 122-153.

STREIT, W. et al. Competition for nodule occupancy on *Phaseolus vulgaris* by *Rhizobium etli* and *Rhizobium tropici* strains can be efficiently monitored in a ultisol during early stages of growth using a constitutive GUS gene fusion. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 27, n. 8, p. 1075-1081, Aug. 1995.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

THIES, J. E.; BOHLOOL, B. B.; SINGLETON, P. W. Environmental effects on competition for nodule occupancy between introduced and indigenous rhizobia and among introduced strains. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 38, n. 6, p. 493-500, Jun. 1992.

THIES, J. E.; SINGLETON, P. W.; BOHLOOL, B. B. Influence of the size of indigenous rhizobial populations on establishment and symbiotic performance of introduced rhizobia on field-grown legumes. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 57, n. 1, p. 19-28, Jan. 1991.

TOLEDO, M. Z. et al. Nodulação e atividade da nitrato redutase em função da aplicação de molibdênio em soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 6, p. 858-864, nov./dez. 2010.

TORO, N. Nodulation competitiveness in *Rhizobium*-legume symbiosis. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, Oxford, v. 12, n. 2, p. 157-162, Mar. 1996.

TSAI, S. M. et al. Host variability in nitrogen fixation on common bean (*Phaseolus vulgaris*) intercropped with maize. **Plant and Soil**, The Hague, v. 52, p. 93-102, 1993.

VARGAS, A. A. T.; GRAHAM, P. H. Cultivar and pH effects on competition for nodule sites between isolates of *Rhizobium* in beans. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 117, n. 2, p. 195-200, July 1989.

VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos cerrado**. Planaltina: Embrapa CPAC, 1997. 524 p.

VARGAS, M. A. T. et al. Resposta do feijoeiro à inoculação com *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli*, em condições de cerrado. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 4., Londrina, 1993. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1993. p. 126.

VERMA, D. P. S.; LEGOCKI, R. P.; AUGER, S. Expression of nodule-specific host genes in soybean. In: GIBSON, A. H.; NEWTON, W. E. (Ed.). **Current perspectives in nitrogen fixation**. Canberra: Australian Academy of Science, 1981. p. 205-209.

VIEIRA, C. Adubação mineral e calagem. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão**. 2. ed., atual. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 2006. p. 115-142.

VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Coord.). **Feijão: aspectos e cultura no Estado de Minas**. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 1998.

VIEIRA, C.; VIEIRA, R. F. Épocas de plantio do feijão e proposta de nomenclatura para designá-las. **Revista Ceres**, v. 42, n. 244, p. 685-688, 1995.

VIEIRA, N. M. B. et al. Comportamento dos genótipos de feijoeiro em relação à adubação com nitrogênio mineral e inoculação com rizóbio. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 18, n. 1, p. 57-61, mar. 2005.

VIEIRA, R. F. **Aplicação foliar de molibdênio e seu efeito nas atividades da nitrogenase e redutase do nitrato no feijoeiro em campo**. 1994. 188 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de plantas)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

VIEIRA, R. F. et al. Foliar application of molybdenum in common beans: I. nitrogenase and reductase activities in a soil of high fertility. **Journal Plant Nutrition**, Monticello, v. 21, n. 1, p. 169-180, 1998.

VLASSAK, K.; VANDERLEYDEN, J.; FRANCO, A. A. Competition and persistence of *Rhizobium tropici* and *Rhizobium etli* in a tropical soil during successive bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultures. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 21, n. 1/2, p. 61-68, 1996.

VLASSAK, K. et al. Evaluation of the intrinsic competitiveness and saprophytic competence of *Rhizobium tropici* IIB strains. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 24, n. 3, p. 274-282, Mar. 1997.

ZAHARAN, N. *Rhizobium*-legume symbiosis and nitrogen fixation under severe conditions and in an arid climate. **Microbiology and Molecular Reviews**, Reading, v. 63, n. 4, p. 968-989, Dec. 1999.

WATKIN, E. L. J.; O'HARA, G. W.; GLENN, A. R. Physiological responses to acid stress of an acid-soil tolerant and an acid-soil sensitive strain of *Rhizobium leguminosarum* biovar trifolii. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 35, n. 4, p. 621-624, Apr. 2003.

WOLFF, A. B. et al. Competitiveness of *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* strains in relation to environmental stress and plant defense mechanisms. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 12, n. 3, p. 170-176, 1991.

YUEH, L. Y.; HENSLEY, D. L. Pesticide effect on acetylene reduction and nodulation by soybean and lima bean. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 118, n. 1, p. 73-76, 1993.

## CAPÍTULO 2

### “DOSES DE MOLIBDÊNIO FOLIAR, NITROGÊNIO E INOCULAÇÃO COM *Rhizobium spp.* NO FEIJOEIRO-COMUM cv. BRS MG Madrepérola EM PATOS DE MINAS - MG”

#### RESUMO

Com o objetivo de verificar a resposta do feijoeiro-comum cv. BRS-MG Madrepérola ao fornecimento crescente de molibdênio e à inoculação das sementes com duas estirpes de rizóbio, foi conduzido um experimento de campo na safra primavera-verão 2011/2012 em Patos de Minas, região do Alto Paranaíba do Estado de Minas Gerais. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com três repetições e esquema fatorial  $(5 \times 2) + 3$ , envolvendo cinco doses de molibdênio (0, 40, 80, 120 e 160 g ha<sup>-1</sup>), duas inoculações (sementes inoculadas com as estirpes CIAT 899<sup>T</sup> de *Rhizobium tropici* ou UFLA 02-100 de *Rhizobium etli*), mais três tratamentos adicionais isentos de inoculação e de Mo (ausência de nitrogênio - N; 20 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura e 40 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura + 40 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura). Cada parcela experimental foi composta por seis linhas de 4 m de comprimento e espaçamento de 0,5 m entre linhas. Os inoculantes foram preparados no Laboratório de Microbiologia do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA. As estirpes foram inoculadas em um *erlenmeyer* contendo meio semissólido YM esterilizado. Após 4 dias de crescimento, na fase log, o material foi transferido para outro *erlenmeyer* contendo turfa esterilizada em autoclave por 20 minutos. A mistura resultante (inoculante), na proporção 3:2 turfa:cultura, foi empregada na base de 10 g por kg de semente. A qualidade do inoculante foi monitorada por meio de contagem, sendo que o número mínimo legal de células viáveis (em torno de 10<sup>9</sup> células de *Rhizobium* por grama de inoculante na semeadura) foi observado. Na floração (estádio R<sub>6</sub> do ciclo do feijoeiro) foram amostradas 10 plantas para avaliação do número de nódulos, massa seca de nódulos, massa seca de parte aérea e teor e acúmulo de nitrogênio (N) na parte aérea. Na colheita (estádio R<sub>9</sub>), em duas linhas da parcela foram avaliados o estande final, rendimento de grãos e seus componentes primários (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso de 100 grãos). A aplicação de doses crescentes de N até 80 kg ha<sup>-1</sup> (40 kg ha<sup>-1</sup> na semeadura e 40 kg ha<sup>-1</sup> em cobertura) proporciona maior crescimento do feijoeiro e incremento do número de vagens na cultivar Madrepérola. A inoculação com a estirpe UFLA 02-100 eleva o número de vagens por planta de feijoeiro-comum.

A massa seca de parte aérea e o rendimento do feijoeiro são influenciados pelas doses de molibdênio aplicadas via foliar. Doses de até 88 g ha<sup>-1</sup> de Mo elevam a massa seca de parte aérea do feijoeiro. O rendimento de grãos aumenta linearmente com o fornecimento de molibdênio.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*. Adubação molíbdica. FBN. *Rhizobium*.

## ABSTRACT

In order to verify the response of common bean cv. BRS - MG Madrepérola face to the increasing supply of molybdenum and to the seed inoculation with two *Rhizobium* strains, a field experiment was conducted during the spring-summer crop of 2011/2012, in Patos de Minas, Alto Paranaíba region of Minas Gerais State. The experimental design was a randomized block design with three replications and a factorial scheme  $(5 \times 2) + 3$ , involving five doses of molybdenum (0, 40, 80, 120 and 160 g ha<sup>-1</sup>) and two inoculants (inoculation with *Rhizobium tropici* strain (CIAT 899<sup>T</sup>) and *Rhizobium etli* strain (UFLA 02-100), three additional treatments (absence of N, 20 kg ha<sup>-1</sup> of N at topdressing and 40 kg ha<sup>-1</sup> of N at sowing + 40 kg ha<sup>-1</sup> of N at topdressing), applied without inoculation and molybdenum. Each experimental plot consisted of 6 rows of 4 m length and 0,5 m spacing between rows, using as floor area four central lines, for a total of 8 m<sup>2</sup>. The inoculants were prepared at the Laboratory of Soil Microbiology of the Department of Soil Science in UFLA. The strains were inoculated into an Erlenmeyer flask containing sterilized YM medium semisolid. After 4 days of growth log phase, the material was transferred to another erlemmeyer containing peat autoclaved for 20 minutes. The resulting mixture (inoculant) in the proportion 3:2 peat:culture was used on the basis of 10 g per kg of seed. The inoculant quality was monitored by counting, with the legal minimum number of viable cells (about 10<sup>9</sup> cells per gram of *Rhizobium* inoculant on the seed ) was observed. At flowering (R<sub>6</sub> stage of the bean cycle) 10 plants were sampled to evaluate the number of nodules, nodules dry mass, shoots dry mass and content and accumulation of nitrogen (N) in shoots. At harvest (stage R<sub>9</sub>), at 2 rows of the plot, the final stand, grain yield and its primary components (number of pods per plant, number of seeds per pod and weight of 100 grains) were evaluated. The application of increasing doses of N up to 80 kg ha<sup>-1</sup> (40 kg ha<sup>-1</sup> at sowing and 40 kg ha<sup>-1</sup> in topdressing) provides the bean growth and the increase in the number of pods in Madrepérola cultivar. Inoculation with UFLA 02-100 strain increases the number of pods per common bean plant. The shoots dry mass and grain yield of common bean are influenced by the foliar doses of molybdenum applied. Doses up to 88 g ha<sup>-1</sup> of molybdenum increase shoots dry mass of the common bean. Grain yield increases linearly with molybdenum supply.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*. Molybdenum fertilization. FBN. *Rhizobium*.



## 1 INTRODUÇÃO

A cultura do feijoeiro-comum é bastante exigente em nutrientes, por possuir ciclo curto e apresentar sistema radicular pouco profundo, sendo o nitrogênio (N), o nutriente absorvido em maior quantidade, e o molibdênio (Mo), um micronutriente importante no metabolismo do N, bem como na fixação simbiótica desse nutriente. As principais funções do molibdênio estão ligadas à ação ou ativação enzimática, mais precisamente, no que diz respeito às enzimas nitrogenase e redutase do nitrato (MALAVOLTA, 1980; VIEIRA, 1994).

São vários os benefícios da aplicação de Mo, tais como maior desenvolvimento, número de vagens, teor de nitrogênio nas folhas e produção de grãos do feijoeiro-comum (OLIVEIRA; THUNG, 1988). Dessa forma, o Mo tem despertado a atenção dos produtores e pesquisadores em relação à cultura do feijão, principalmente, devido aos resultados positivos que vêm sendo obtidos com a adubação molíbdica foliar.

O número de pesquisas com resultados favoráveis da inoculação de sementes na cultura em condições de campo tem aumentado consideravelmente. Na Universidade Federal de Lavras, em Minas Gerais, estirpes apresentaram alta eficiência em vasos de Leonard (PEREIRA, 2000) e, mais tarde, mostraram alta eficiência agrônômica de algumas destas estirpes, em ensaios de campo em Minas Gerais. (FERREIRA et al., 2009; NOGUEIRA, 2005; SOARES et al., 2006).

Nogueira (2005), com a cv. Pérola, testou as estirpes BR 322 (CIAT 899) de *R. tropici*, UFLA 02-100 de *R. etli*, UFLA 02-86 de *R. etli* bv. *phaseoli* e UFLA 02-127 de *R. leguminosarum* bv. *phaseoli*, mais duas testemunhas (sem N mineral e sem inoculação e outra com 80 kg ha<sup>-1</sup> de N) em Formiga, Minas

Gerais. Observou que a inoculação com as estirpes UFLA 02-100 e UFLA 02-127 contribuiu de forma significativa para o aumento de rendimento de grãos no feijoeiro, com economia do fertilizante nitrogenado.

Por sua vez, Soares et al. (2006) estudaram o comportamento das mesmas estirpes mais a estirpe UFLA 02-68 de *R. etli* bv. *mimosae*, além das testemunhas absoluta e nitrogenada (70 kg ha<sup>-1</sup> de N), na cidade de Perdões, Minas Gerais, quando concluíram que a inoculação com as estirpes UFLA 02-86, UFLA 02-100 e UFLA 02-127 aumentou a produtividade e o acúmulo de N nos grãos da cv. Talismã, mas os tratamentos foram estatisticamente semelhantes quando se inoculou com a CIAT 899.

Diversos sistemas de manejo de solo foram utilizados, com o objetivo de se estudar o desempenho produtivo do feijoeiro quanto à adubação nitrogenada, e alguns resultados mostraram resposta da cultura a doses de N acima de 100 kg ha<sup>-1</sup> (CARVALHO et al., 2003; SILVA et al., 2003; STONE; MOREIRA, 2001). No entanto, autores como Bordin et al. (2003) e Chidi et al. (2002) verificaram resposta da produtividade do feijoeiro com aplicação de 50 a 75 kg ha<sup>-1</sup> de N.

A aplicação de baixas doses de N na semeadura, associada com a inoculação com rizóbio e adubação com Mo via foliar, tem se tornado importante instrumento para que se obtenham acréscimos na produtividade do feijoeiro e garantam maior rentabilidade aos agricultores (AMANE et al., 1999; FIGUEIREDO, 2012; PELEGRIN et al., 2009).

Araújo et al. (2009) avaliaram diferentes combinações de doses de N e Mo na adubação da cultura do feijoeiro-comum e concluíram que, na ausência ou presença do N na semeadura ou cobertura, o incremento da dose de Mo até 80 g ha<sup>-1</sup> elevou o número de vagens por planta e a produtividade de grãos do feijoeiro. Fernandes et al. (2005), no sistema de plantio direto, verificaram aumento da produtividade da cv. Pérola, quando aplicou 120 g ha<sup>-1</sup> de Mo via foliar e 20 e 70 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura e em cobertura, respectivamente.

Devido ainda a falta de melhores informações desses fatores sobre o feijoeiro, objetivou-se com este trabalho verificar o efeito da aplicação foliar de Mo, na presença de inoculação de sementes com diferentes estirpes de rizóbio e da adubação nitrogenada aplicada na semeadura, a fim de aumentar a eficiência da inoculação e, assim, reduzir a utilização de adubos nitrogenados, os custos de produção do feijoeiro e os problemas de cunho ambiental advindos das perdas com fertilizantes nitrogenados.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Localização, clima e solo**

O experimento foi conduzido a campo em Patos de Minas, região do Alto Paranaíba, em um Latossolo Vermelho Distroférico de textura franca (Tabela 1) em área da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), durante a primavera-verão 2011/2012. Patos de Minas situa-se a uma altitude de 833 metros, latitude 18° 40' 18" S e longitude 46° 29' 27" W e, segundo a classificação de Köppen e Geiger (1928), o clima da região é Cwa (tropical em altitudes elevadas, úmido com verão quente e seco e inverno frio).

O ensaio foi conduzido em sistema de plantio convencional, com uma aração e duas gradagens. Na área experimental, não havia registros sobre a ocorrência de inoculação anterior na cultura do feijoeiro.

Um resumo das principais ocorrências climáticas durante a condução do ensaio é apresentado nas Figuras 1 a 3, e as informações foram obtidas na estação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em Patos de Minas.

Tabela 1 Características químicas de amostra de material do solo, coletada na profundidade de 0 a 20 cm. Patos de Minas, 2011

Local	Características											
	pH	P disp.	K	Ca	Mg	Al	SB	t	T	m	V	MO
	(H <sub>2</sub> O)	mg dm <sup>-3</sup>					cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				%	dag kg <sup>-1</sup>
Patos de Minas	5,0	73,79	51,48	0,9	0,3	0,3	1,33	1,36	8,37	18,4	15,91	3,14
	Ac.E	MB	MB	Ba	Ba	B	Ba	M	M	B	MBa	M

\*Análises realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA. SB: Soma de bases trocáveis; t: Capacidade efetiva de trocas de cátions; T: Capacidade de troca de cátions a pH 7; m: Índice de saturação por alumínio trocável; V: Índice de saturação por bases; MO: Matéria Orgânica. Interpretação de acordo com Ribeiro et al. (1999): Ac.E= Acidez elevada, MB=teor muito bom, B= bom, M=médio, Ba=baixo, MBa=muito baixo

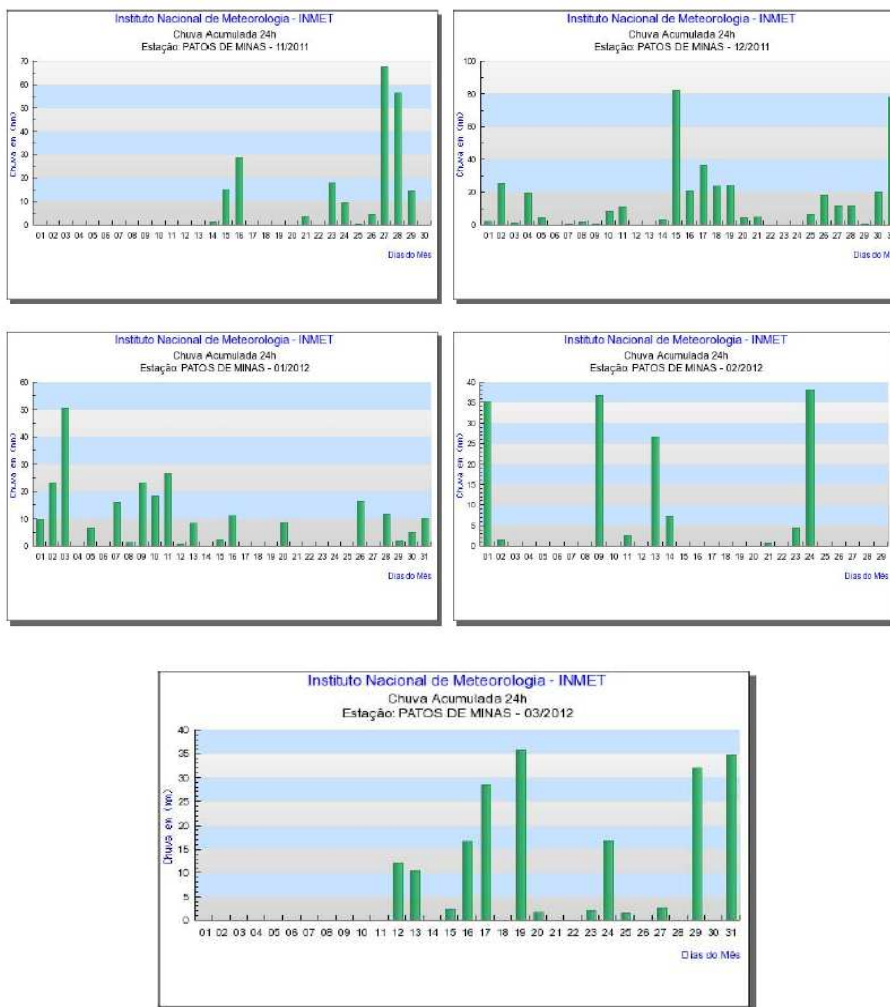


Figura 1 Variações diárias de precipitação pluvial no período de novembro/2011 a março/2012 no experimento conduzido em Patos de Minas, MG  
Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

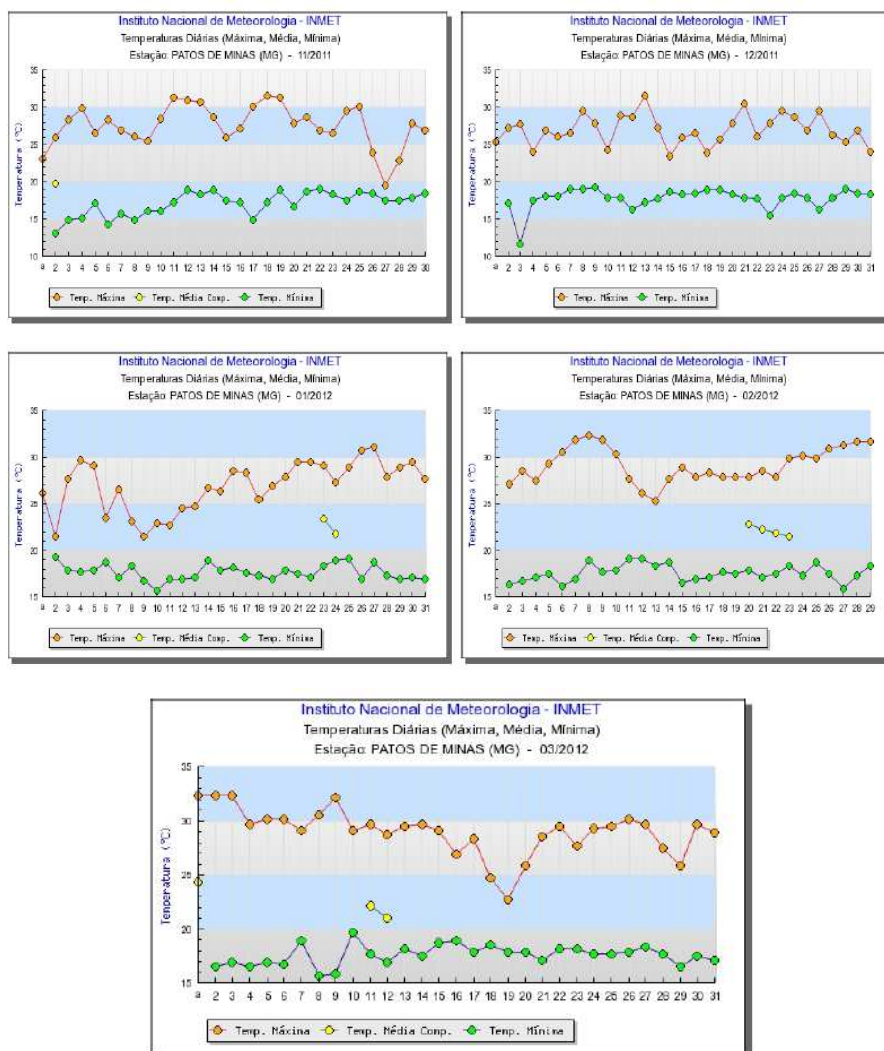


Figura 2 Variações diárias de temperatura no período de novembro/2011 a março/2012 no experimento conduzido em Patos de Minas, MG  
 Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

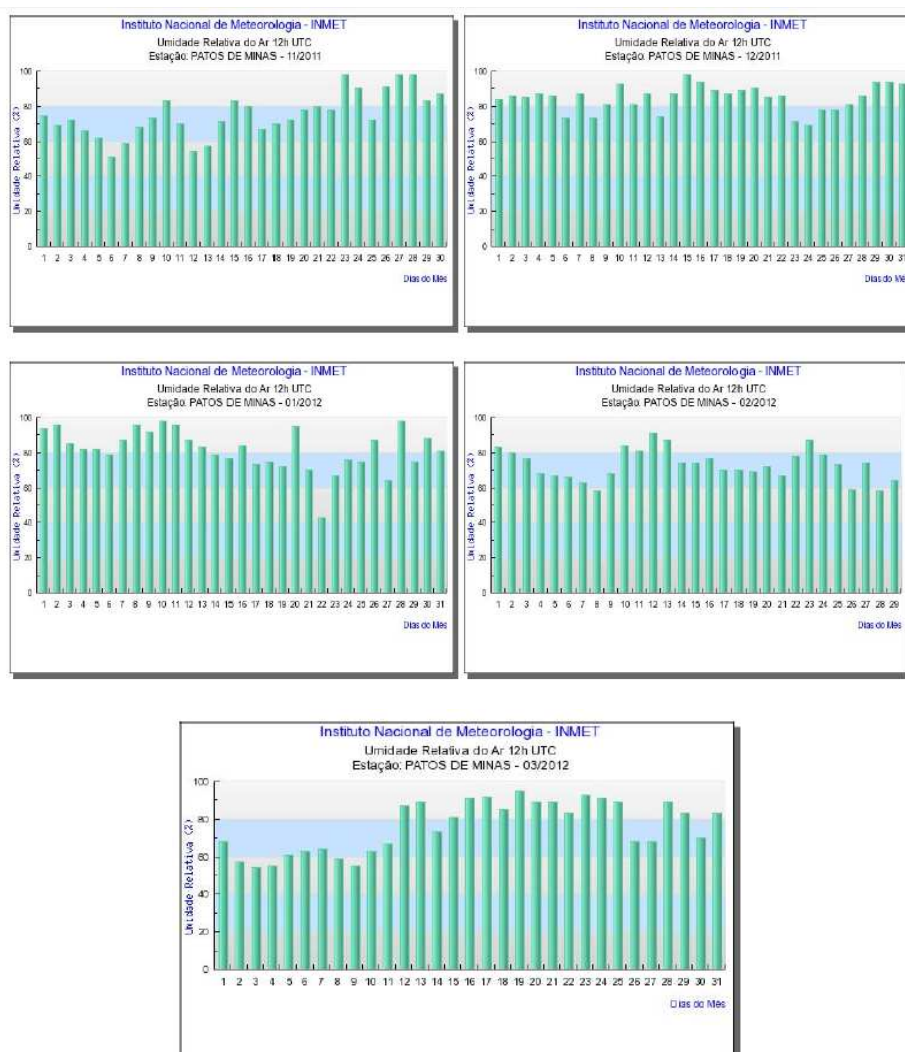


Figura 3 Variações diárias de umidade relativa do ar no período de novembro/2011 a março/2012 no experimento conduzido em Patos de Minas, MG

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)



## 2.2 Delineamento estatístico e tratamentos

O delineamento estatístico foi blocos ao acaso, com três repetições, sendo os tratamentos dispostos em esquema fatorial  $(5 \times 2) + 3$ , envolvendo cinco doses de molibdênio via foliar (0, 40, 80, 120 e 160 g ha<sup>-1</sup>) e dois inoculantes (inoculação com a estirpe CIAT 899<sup>T</sup> de *Rhizobium tropici* e UFLA 02-100 de *Rhizobium etli*), mais três tratamentos adicionais (ausência de N; 20 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura e 40 kg ha<sup>-1</sup> de N em semeadura + 40 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura), aplicados sem inoculação e molibdênio. O último tratamento adicional é a dose de nitrogênio estabelecida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), através da Instrução Normativa número 30 (BRASIL, 2010), como testemunha em experimentos que envolvem inoculação microbiana. Todos os tratamentos do fatorial receberam 20 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura, sendo a fonte de N a ureia.

## 2.3 Detalhamento dos tratamentos e das parcelas dos ensaios

A estirpe CIAT 899 (= SEMIA 4077 = BR 322) é uma das estirpes recomendadas pelo MAPA para uso em inoculantes comerciais para sementes de feijão (BARBOSA; GONZAGA, 2012; CHUEIRE et al., 2003; GRAHAM; HALLIDAY, 1976; HUNGRIA et al., 2000; MARTINEZ-ROMERO et al., 1991; TOLEDO, MARCONDES, LEMOS, 2009). A estirpe UFLA 02-100 de *Rhizobium etli* foi obtida em diferentes sistemas de uso de terra (SUT), no estado de Rondônia, pela Universidade Federal de Lavras e demonstrou alta eficiência em vasos de Leonard (PEREIRA, 2000) e, posteriormente, experimentos de campo comprovaram alta eficiência agronômica dessa estirpe em solos da região de Formiga (NOGUEIRA, 2005), Perdões (SOARES et al., 2006) e Lavras

(FERREIRA et al., 2009) no estado de Minas Gerais. Algumas características dessas duas estirpes são apresentadas na Tabela 2:

Tabela 2 Principais características das estirpes utilizadas (NOGUEIRA, 2005)

Estirpe*	Diâmetro colônia	pH no meio YMA	Cromogênese em meio YMA	Absorção de indicador/corante
UFLA 02-100	2mm	neutro	Branca	não
CIAT 899 <sup>t</sup>	3mm	ácido	Amarela	sim

\*As estirpes apresentam 3 dias para aparecimento de colônias isoladas, colônia circular e lisa, produção de muco abundante e consistência gomosa

Os inoculantes foram preparados no Laboratório de Microbiologia do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA. As estirpes foram inoculadas em um *erlenmeyer* contendo meio semissólido YM (VINCENT, 1970) esterilizado, adotando-se procedimentos semelhantes aos descritos por Soares et al. (2006). Após 4 dias de crescimento, na fase log, o material foi transferido para outro *erlemmeyer* contendo turfa esterilizada em autoclave por 20 minutos. A mistura resultante (inoculante), na proporção 3:2 turfa:cultura, foi empregada na base de 10 g por kg de semente. A qualidade do inoculante foi monitorada por meio de contagem, sendo que o número mínimo legal de células viáveis (em torno de  $10^9$  células de *Rhizobium* por grama de inoculante na semeadura) foi observado (BRASIL, 2010).

O Mo, fonte molibdato de sódio p.a., foi aplicado por via foliar. A aplicação de molibdênio e a cobertura nitrogenada ocorreram aos 20 dias após a emergência de plântulas (DAE). A distribuição da calda molíbdica foi feita com pulverizador costal manual equipado com um bico, trabalhando a uma altura de 0,5 m do nível do solo e o volume de calda foi equivalente a  $400 \text{ L ha}^{-1}$ . Para se evitar a deriva da solução durante a aplicação, foi utilizada uma lona plástica de

1m de altura estendida entre as parcelas. Nos tratamentos adicionais, a adubação nitrogenada em cobertura foi realizada manualmente, com distribuição da ureia em filete lateral às linhas das plantas.

Cada parcela experimental foi composta por seis linhas de 4 m de comprimento e espaçamento de 0,5 m entre linhas. A semeadura foi realizada no dia 23 de novembro de 2011, imediatamente após a inoculação das sementes, em uma densidade de 17 sementes por metro, a uma profundidade de 3 a 4 cm.

A cultivar utilizada foi a BRS MG Madrepérola, cuja coloração clara dos grãos se mantém por maior período de tempo em relação às demais cultivares do tipo carioca existentes no mercado. Apresenta alto potencial produtivo e bom nível de resistência às principais pragas e doenças que ocorrem em Minas Gerais. As plantas são de porte prostrado, hábito de crescimento indeterminado tipo III, com baixa tolerância ao acamamento. Os grãos tipo carioca são bege claro com rajas marrom claro, atendendo às exigências dos consumidores, e a massa média de 100 grãos é de 24,5 g (ABREU et al., 2011).

## **2.4 Condução dos experimentos**

Todas as parcelas receberam adubação de base equivalente a 70 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Superfosfato Triplo) e 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Cloreto de Potássio), conforme recomendação da 5ª aproximação (RIBEIRO et al., 1999) e recomendações de Chagas et al. (1999). Os fertilizantes foram aplicados mecanicamente durante o sulcamento. Os tratos culturais foram os normalmente dispensados à cultura na região e o controle de plantas daninhas foi efetuado por meio de capinas manuais, sempre que necessário. Não houve necessidade do controle de pragas e doenças, assim como não se utilizou irrigação durante o período experimental.

## 2.5 Características avaliadas

Por ocasião da plena floração, no estágio R<sub>6</sub> do ciclo do feijoeiro (50% das plantas com pelo menos uma flor aberta) (FERNANDEZ; GEPTS; LÓPEZ, 1985), aos 49 dias após emergência - DAE (18/01/2012), foram coletadas 10 plantas de cada parcela (linhas 2 e 3), com o auxílio de enxadão e tesoura de poda para separar o sistema radicular da parte aérea da planta, para determinação do número e massa seca de nódulos, bem como da massa seca da parte aérea e teor e acúmulo de N na parte aérea. As amostras de parte aérea foram acondicionadas em sacos de papel, após a coleta no campo e, depois de devidamente identificadas, foram colocadas para secar em casa de vegetação e, posteriormente, em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 60 - 70 °C, até peso constante. Já as amostras do sistema radicular, foram acondicionadas em sacos plásticos, também devidamente identificados, e armazenadas em câmara fria à temperatura de 6 °C. Momentos antes da contagem de nódulos, as raízes foram devidamente lavadas em água corrente para se retirar o excesso de solo, sobre uma peneira, para se evitar qualquer perda de nódulos acidentalmente destacados pelo fluxo de água. Imediatamente após a contagem, os nódulos foram armazenados em pequenos frascos e colocados para secar em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 60 - 70 °C, por 48 horas. Após a secagem dos nódulos, estes foram submetidos à pesagem em balança de precisão sendo que, em cada amostra, foi determinada a respectiva massa seca de nódulos, com os valores sendo expressos em gramas por 10 plantas.

A colheita dos grãos foi realizada no estágio R<sub>9</sub> (FERNANDEZ; GEPTS; LÓPEZ, 1985), aos 96 DAE (05/03/2012). Foram determinados (linhas 4 e 5) o estande final, o rendimento de grãos e seus componentes primários (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso de 100 grãos em gramas). O estande final foi obtido por contagem e expresso em número de plantas por hectare. Os componentes do

rendimento foram determinados em amostra de 10 plantas, enquanto o rendimento de grãos foi obtido a partir do peso total de grãos produzidos na área útil (linhas 4 e 5), incluindo a citada amostra de 10 plantas. O teor de umidade inicial nos grãos foi determinado em Medidor de Umidade Gehaka G600, no Laboratório de Sementes do Departamento de Agricultura da UFLA e o rendimento foi corrigido em função da umidade dos grãos para 13%. Para tanto, amostras de parte aérea foram submetidas à moagem (Triturador Oster, da Gehaka, velocidade de 24.000 rpm), no Laboratório de Sementes do Departamento de Agricultura da UFLA e foi expresso em porcentagem (%). O N acumulado na parte aérea foi calculado multiplicando-se a massa seca pela porcentagem de N, e dividindo-se por 100.

## **2.6 Análise estatística**

Os dados foram submetidos à análise de variância individual (PIMENTEL-GOMES, 2009) com o emprego do *software* Sisvar versão 4.0 (FERREIRA, 2011). Nos casos de significância de doses de Mo, recorreu-se à análise de regressão. As variáveis número e massa seca de nódulos foram previamente transformadas em  $(x+1)^{0,5}$ , de acordo com Alvarenga (1995) e Andrade et al. (1998). Nos casos de efeito significativo dos demais tratamentos, a comparação das médias foi feita pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Características avaliadas por ocasião da floração

A análise de variância (Tabela 3) revelou que os efeitos de tratamentos, doses de molibdênio e adicionais e do contraste fatorial versus adicional influenciaram significativamente a matéria seca de parte aérea, sendo que o contraste também influenciou o acúmulo de nitrogênio na parte aérea. Não houve efeito significativo isolado dos tratamentos de inoculação nem da interação deste com molibdênio. A julgar pelo coeficiente de variação (CV%), a precisão experimental foi boa, adequada às características, exceto para acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA), estimada com menor precisão (Tabela 3).

FV	GL	Características				
		<sup>1</sup> NN	<sup>1</sup> MSN	MSPA	TNPA	ANPA
<b>Blocos</b>	2	93,397	0,6334	122,5622	0,5008	0,5523
<b>Tratamentos</b>	(12)	35,387	0,2127	868,8783***	0,5797	1,83768
<b>Inoculação (I)</b>	1	39,336	0,2154	155,2688	0,867	1,2772
<b>Dose Molibdênio (Mo)</b>	4	66,27	0,228	1104,485***	0,4913	1,7691
<b>I x Mo</b>	4	20,395	0,1109	173,485	0,462	0,8293
<b>Adicionais</b>	2	2,9672	0,4906	1593,9955***	0,1078	1,4837
<b>Fatorial vs Adicional</b>	1	33,706	0,0003	1972,8045***	2,0605	7,6832***
<b>Erro</b>	24	70,729	0,2697	229,9051	0,7852	0,8835
<b>CV (%)</b>	-	33,95	28,67	16,25	29,24	32,92

Tabela 3 Resumo da análise de variância conjunta com fontes de variação, número de graus de liberdade e quadrados médios dos dados referentes às características número (NN) e massa seca de nódulos (MSN), massa seca da parte aérea (MSPA), teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola. Patos de Minas-MG, 2012

\*\*\*: Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F

<sup>1</sup>Dados transformados em  $(x+0,5)^{0,5}$

O NN e a MSN apresentaram pequena variação (Tabela 4), evidenciando que todos os tratamentos empregados mostraram-se equivalentes e não diferiram dos adicionais nitrogenados. Ressalta-se que os tratamentos se assemelharam também ao adicional isento de inoculação, molibdênio e adubação nitrogenada, o que certamente está relacionado à boa nodulação apresentada pelos rizóbios nativos no solo. Esse resultado tem sido frequente em muitas situações (FONSECA et al., 2013; KANEKO et al., 2010; PELEGRIN et al., 2009; SILVA et al., 2009; SOUZA; SORATTO; PAGANI, 2011). Deve ser mencionado ainda que, ao contrário de alguns resultados na literatura (FERREIRA et al., 2009; SOARES et al., 2006), a testemunha com N mineral, mesmo adicionando 40 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura, não apresentou redução significativa no NN e MSN. Esses resultados se afastam das considerações de Moreira e Siqueira (2006), que associam baixa nodulação das plantas ao excesso de N-mineral no solo. Outros autores, como Souza, Soratto, Pagani, (2011) e Valadão et al. (2009) verificaram que o N fornecido via adubação, em doses que variaram de 60 a 350 kg ha<sup>-1</sup>, reduziu o estabelecimento das bactérias simbiotes e, conseqüentemente, o número e a massa seca dos nódulos. Soares (2012), avaliando a inoculação e doses de nitrogênio na semeadura e em cobertura, verificou que altas doses de N fornecidas aos tratamentos na forma de ureia apresentaram menores médias de massa seca de nódulos, caracterizando efeito inibitório inicial desta variável, quando as doses de nitrogênio inicial foram superiores a 40 kg ha<sup>-1</sup>.

Tabela 4 Valores médios de número (NN) e massa seca de nódulos (MSN), massa seca da parte aérea (MSPA) e teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea do feijoeiro (ANPA). Patos de Minas, MG - 2012

Tratamentos	NN (unidade/ 10plantas)	MSN ------(g)-----	MSPA	TNPA (%)	ANPA (g/10plantas)
<b>Inoculação</b>					
CIAT 899 <sup>I</sup>	629	2,65	94,93	3,0	2,89
UFLA 02-100	766	3,23	99,48	3,3	3,30
<b>Doses de Mo (g ha<sup>-1</sup>)</b>					
0	760	3,03	83,63	2,8	2,41
40	648	2,57	91,97	3,6	3,28
80	923	4,07	119,28	3,2	3,89
120	678	2,98	99,57	3,0	2,99
160	485	2,07	91,58	3,2	2,91
<b>N mineral Adicional (kg ha<sup>-1</sup>) (semeadura- cobertura)</b>					
0-0	491	1,99	57,18 C	2,7	1,54
0-20	727	2,36	80,52 B	2,4	1,77
40-40	545	5,82	103,28 A	2,8	2,86
<b>Adicionais</b>	588	3,39	80,33 B	2,6	2,06 B
<b>Fatorial</b>	698	2,94	97,21 A	3,2	3,10 A
<b>Média</b>	672	3,05	93,31	3,0	2,85

Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Diversos autores mencionam efeito positivo da aplicação de molibdênio via foliar na nodulação do feijoeiro e de outras leguminosas (ALBUQUERQUE et al., 2012; ALVARENGA, 1995; LEITE et al., 2009; TOLEDO et al., 2010). A explicação para tal resultado advém da importância deste micronutriente na



fixação biológica de nitrogênio, por se tratar de um componente das enzimas nitrogenase e redutase do nitrato, ambas participantes cruciais no metabolismo do nitrogênio (MALAVOLTA, 1980; MARSCHNER, 1995). A enzima nitrogenase está envolvida na fixação do N atmosférico pelo rizóbio e a redutase do nitrato é essencial na redução do nitrato a nitrito, permitindo posterior assimilação de proteínas pelas plantas de feijão. Desse modo, a aplicação de molibdênio otimiza a atividade dessas enzimas e promove, conseqüentemente, aumento da nodulação (PESSOA et al., 2001).

A calagem é um procedimento que, se realizada de maneira correta, pode ser suficiente para nutrir o feijoeiro com este micronutriente, tanto que, segundo Lindsay (1979), a disponibilidade de molibdênio no solo aumenta cerca de cem vezes para o aumento de cada unidade de pH. Por este motivo, em alguns solos, Rodrigues, Andrade e Carvalho (1996), citando outros autores, afirmam que o pH é um dos principais fatores que afetam a disponibilidade de Mo no solo, pois, com o aumento do pH, há menor adsorção do micronutriente, aumentando sua disponibilidade e, conseqüentemente, aumentando as chances de não haver resposta à adubação molíbdica. Dessa forma, no presente estudo, o pH do solo pode ter contribuído para aumentar a disponibilidade de molibdênio para as plantas, uma vez que valores de pH acima de 5,0 podem reduzir os efeitos da aplicação desse micronutriente (VIEIRA et al., 1999). Ainda, os resultados não significativos (Tabelas 3 e 4) talvez possam ser explicados por outros fatores como a liberação em quantidades adequadas desse nutriente, através da mineralização microbiana da matéria orgânica, fato este também observado por Carvalho (1994), e pela utilização de sementes com quantidade de molibdênio suficiente para atender à necessidade das plantas, visto que a faixa de 1,64 a 3,57 µg de Mo/semente é considerada suficiente para o suprimento da geração subsequente (BRODRICK; SAKALA; GILLER, 1992 citados por LEITE et al., 2003).

Assim como o observado na inoculação, a aplicação de molibdênio via foliar não interferiu no NN e MSN de nódulos (Tabela 3). Leite et al. (2009) também não obtiveram resposta da nodulação ao fornecimento molíbdico. O contrário foi relatado por Vieira, Paula Júnior e Borém (1998), os quais registraram diminuição do número de nódulos, mas aumento no tamanho e peso dos mesmos em função da aplicação foliar de Mo. Albuquerque et al. (2012) verificaram resposta positiva da aplicação foliar de Mo na nodulação do feijoeiro e atribuíram o efeito do micronutriente na fixação biológica do nitrogênio por participar da composição das enzimas nitrogenase e redutase do nitrato, ambas relacionadas ao metabolismo do N.

O efeito das doses de molibdênio na produção de matéria seca da parte aérea, no entanto, variou com a concentração do micronutriente, com acréscimo na MSPA em função da dose de Mo até 88 g ha<sup>-1</sup>, quando se atingiu a MSPA máxima, de 109 g (Figura 4). A partir da dose de 88 g ha<sup>-1</sup>, entretanto, a MSPA foi gradativamente reduzida.

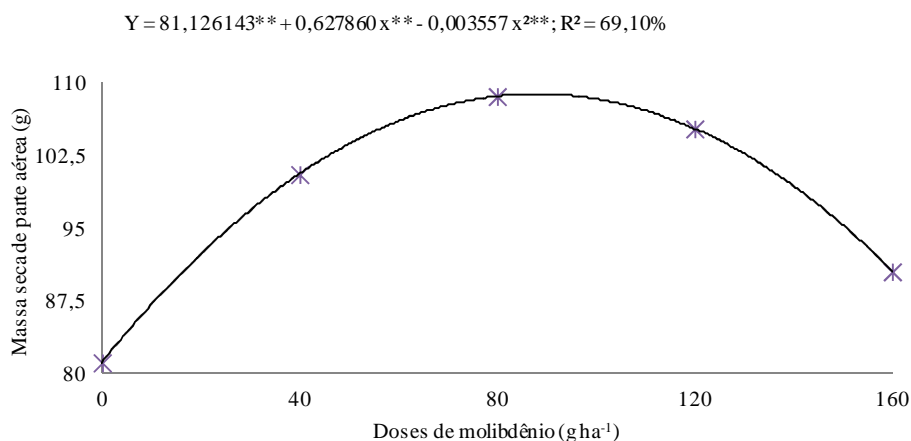


Figura 4 Massa Seca de parte aérea de feijoeiro-comum cv. BRSMG Madrepérola em função de doses de molibdênio. Patos de Minas, MG – 2012

Estudando a aplicação foliar de até  $160 \text{ g ha}^{-1}$  de Mo na produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro irrigado, Ascoli, Soratto e Maruyama (2008) observaram acréscimos na produção de massa seca de parte aérea de plântulas com o aumento das doses de Mo.

Ainda quanto à produção de matéria seca (Tabela 4), houve influência positiva da aplicação de nitrogênio em semeadura e cobertura. A aplicação do adubo nitrogenado aumenta a disponibilidade de N no solo e, conseqüentemente, incrementa a absorção desse macronutriente pelas raízes, aumentando assim a produção de matéria seca, uma vez que o nitrogênio tem influência direta na fotossíntese e crescimento da planta, sendo parte integrante da molécula de clorofila. Os resultados encontram respaldo nos resultados obtidos por Chidi (1999), que observou incremento na matéria seca da planta com a aplicação de N via solo e por Oliveira (2001) que verificou resposta linear da produção de matéria seca com o aumento de doses de nitrogênio em cobertura. Deve ser destacada a significância do contraste Fatorial *vs* Adicional (Tabela 4), que sinaliza um acréscimo de 17% na MSPA dos tratamentos do fatorial em relação aos tratamentos adicionais. Detectou-se diferenças entre os adicionais, ficando nítido que o fornecimento crescente das doses de N contribui para o crescimento da planta.

O TNPA é um dos indicativos de quão eficiente foi a absorção e assimilação do N, inclusive via fixação biológica de nitrogênio. Em geral, tanto os fatoriais quanto os adicionais apresentaram TNPA que se situaram dentro da faixa considerada adequada para o feijoeiro na floração, acima de 2,8% (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; OLIVEIRA et al., 1996), o que também sinaliza que houve boa eficiência da população nativa de rizóbio,

refletindo positivamente no ANPA (Tabela 4). Não houve efeito da inoculação e do molibdênio sobre TNPA e ANPA. Pires et al. (2005) e Rocha et al. (2011) obtiveram aumentos nos teores de N nas folhas com o uso de Mo via foliar. Segundo os autores, esse aumento é decorrente da intensificação da atividade das enzimas nitrogenase e redutase do nitrato, na qual o Mo participa da composição estrutural da molécula.

### 3.2 Características avaliadas por ocasião da colheita

A análise de variância (Tabela 5) revelou efeito significativo dos tratamentos sobre o estande final e o número de vagens por planta. O fator inoculação influenciou significativamente apenas o número de vagens por planta e houve diferença entre os adicionais quanto ao estande final e o número de vagens por planta. Já o contraste fatorial vs adicional foi significativo para todas as características avaliadas, exceto o peso de 100 grãos.

Tabela 5 Resumo da análise de variância conjunta com fontes de variação, número de graus de liberdade e quadrados médios dos dados referentes às características estande final (EF), número de vagens por planta (VP) e de grãos por vagem (GV), peso de cem grãos (P100) e rendimento de grãos (REND) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola. Patos de Minas, MG - 2012

FV	GL	Características				
		EF	VP	GV	P100	REND
<b>Blocos</b>	2	213,4615	9,3700**	0,0046	2,0708	241939,1026**
<b>Tratamentos</b>	(12)	2265,3312***	7,6213***	0,3311	3,3103	115283,1197
<b>Inoculação (I)</b>	1	750,0000	8,9653**	0,0000	4,6413	40333,3333
<b>Doses</b>						
<b>Molibdênio (Mo)</b>	4	699,4792	3,6778	0,0351	3,4303	158885,4167*
<b>I x Mo</b>	4	501,5625	2,2495	0,1857	3,5913	29656,2500

<b>Adicionais</b>	2	8454,8611***	23,1544***	0,1319	3,4233	107777,7778
<b>Fatorial x Adicionais</b>	1	4720,0855***	12,4724**	2,8259***	0,149	373341,8794**
<b>Erro</b>	24	574,2254	1,9864	0,1991	5,1897	68327,9915
<b>CV (%)</b>	-	15,69	15,88	8,09	9,72	22,93

\*\*\* e \*\*: Significativo aos níveis de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente pelo teste F

Segundo Kaneko et al. (2010), o estabelecimento da população de plantas é dependente de vários fatores, como a quantidade de reservas das sementes, da barreira formada pela camada de solo que as cobre, da umidade do solo e da ausência do ataque de patógenos e pragas de solo durante as primeiras etapas do ciclo da cultura. De acordo com Dourado Neto e Fancelli (2000), o estande mínimo para plantas de feijão do tipo III está em torno de 170 mil plantas por hectare, ligeiramente acima do valor médio encontrado no presente estudo (153 mil plantas ha<sup>-1</sup>) (Tabela 4). O estande final não sofreu influência dos fatores e diferenças significativas foram observadas apenas entre os tratamentos adicionais (Tabelas 5 e 6). Nota-se que, dentre os adicionais, o tratamento que não recebeu N-mineral ou recebeu dose de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura, apresentaram maior densidade de plantas. Fica evidente, portanto, o efeito negativo da alta dose de N (80 kg ha<sup>-1</sup>) sobre a população, devido principalmente ao efeito salino promovido pela adubação de base, que ocasiona a redução da germinação, emergência e acúmulo de matéria seca no feijoeiro, resultados frequentemente relatados na literatura (ALVES JÚNIOR et al., 2009; FIGUEIREDO, 2012; KIKUTI et al., 2005; LIMA et al., 2001; RODRIGUES et al., 2002; SILVEIRA; DAMASCENO, 1993). Tal efeito foi observado por Rodrigues et al. (2002), quando avaliou a população de plantas e rendimento de grãos de feijoeiro das cultivares Carioca e Pérola em função de doses de N e P, verificando que a aplicação de N diminuiu a população, tanto na safra verão-outono quanto inverno-primavera, atribuindo esta redução a um possível efeito salino provocado pelo fertilizante nitrogenado.

Confirmando os resultados da análise de variância (Tabela 5), verifica-se na Tabela 6 que os valores médios da densidade populacional em função dos tratamentos de inoculação ou de doses de molibdênio foram muito próximos e não demonstraram nenhuma tendência. Resultados semelhantes foram obtidos por Andrade et al. (2001), quando não verificou influência da inoculação e das doses de molibdênio sobre essa característica.

Tabela 6 Valores médios de estande final (EF), número de vagens por planta (VP) e de grãos por vagem (GV), peso de cem grãos (PCG) e rendimento de grãos (REND) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola. Patos de Minas, MG – 2012

Tratamentos	EF (mil plantas ha <sup>-1</sup> )	VP --(unidade)--	GV	PCG (g)	REND (kg ha <sup>-1</sup> )
<b>Inoculação</b>					
CIAT 899 <sup>†</sup>	152	9,0 B	5,7	23,87	1230
UFLA 02-100	142	10,0 A	5,7	23,09	1157
<b>Doses de Mo (g ha<sup>-1</sup>)</b>					
0	150	8,0	5,6	23,95	958
40	134	10,0	5,6	23,15	1154
80	146	9,0	5,7	24,52	1317
120	163	10,0	5,7	23,20	1163
160	141	10,0	5,7	22,58	1375
<b>Fatorial</b>	147	9,5	5,7	23,48	1193
<b>N mineral Adicional (kg ha<sup>-1</sup>) (semeadura- cobertura)</b>					
0-0	199 A	6,0 B	5,0	24,57	1017
0-20	208 A	7,0 B	5,2	22,73	1117
40-40	112 B	11,0 A	4,8	22,70	750
<b>Adicionais</b>	173 A	8,0 B	5,0 B	23,33	961 B
<b>Fatorial</b>	147 B	9,0 A	6,0 A	23,48	1193 A
<b>Média</b>	153	9,0	6,0	23,45	1140

Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

A produção de vagens por planta foi inversamente proporcional à densidade populacional (Tabela 6) e este efeito pode ser visto principalmente com mais evidência nos tratamentos adicionais e no contraste Adicional vs Fatorial. O baixo estande final do tratamento  $40 + 40 \text{ kg ha}^{-1}$  de N pode ter resultado na produção de mais vagens, pois um menor número de plantas conduz a melhor utilização dos recursos naturais, tais como água, luz e nutrientes. Este efeito também pôde ser observado no feijoeiro por Alves et al. (2009) e Vieira (2009).

Segundo Silva et al. (2009), os acréscimos de vagens por planta, com o incremento de doses de N aplicadas em cobertura, podem ocorrer como consequência da maior altura de plantas e da maior emissão de ramos reprodutivos. É interessante observar que, normalmente, o incremento da adubação nitrogenada eleva a produção de vagens, por proporcionar o aumento de flores do feijoeiro (PORTES, 1996). Este incremento é ainda superior quando se utiliza doses mais elevadas de N (ALBUQUERQUE et al., 2012; ANDRADE et al., 2001; ARAÚJO et al., 2009; BISCARO et al., 2011; FIGUEIREDO, 2012; SORATTO; CARVALHO; ART, 2006; VIEIRA et al., 2000). Ainda quanto ao VP, houve superioridade da UFLA 02-100 na produção de vagens sobre a CIAT 899.

Muitos trabalhos afirmam que o número de vagens por planta, dentre os componentes do rendimento, é aquele que mais influencia a produtividade (PESSOA et al., 2001; SOUZA et al., 2008; VIEIRA, 2009). De fato, analisando o contraste Adicionais vs Fatorial, na Tabela 6, é possível perceber a relação positiva entre o VP e o rendimento. Pessoa (1998) observou que os componentes de produção, o número de vagens por planta, o número de grãos por vagem e o peso de cem grãos apresentaram resposta quadrática à adubação com molibdênio, atingindo o máximo com a dose de  $80 \text{ g ha}^{-1}$ , e a característica que apresentou maior influência na produtividade foi o número de vagens por planta.

Outros autores também relatam aumento do número de vagens por planta em função da aplicação de doses crescentes de molibdênio (ALBUQUERQUE et al., 2012; FERREIRA et al., 2003; LEITE et al., 2007; PIRES et al., 2004; ROCHA et al., 2011; SOUZA; SORATTO; PAGANI, 2011). Ao contrário, no presente estudo, não se observou efeito das doses de molibdênio sobre essa variável (Tabela 6). Biscaro et al. (2011) também obtiveram o mesmo resultado, no entanto, este efeito mostrou-se dependente das doses de N. Provavelmente, com o aumento da dose de Mo, houve um aumento do índice relativo de clorofila, proporcionando maior eficiência de utilização do N e, conseqüentemente, maior produção de vagens. Da mesma forma, Araújo et al. (2009) encontrou uma relação quadrática entre estes dois nutrientes, de modo que quando se aumentou a dose de N na semeadura e cobertura, a quantidade de Mo para se atingir a produção máxima de vagem por planta foi menor.

Vários trabalhos relatam efeito positivo da adubação nitrogenada ou molíbdica sobre o número de grãos por vagem (ALBUQUERQUE et al., 2012; ALVARENGA, 1995; ANDRADE et al., 2001; ARAÚJO; TEIXEIRA; ALMEIDA, 2000; ROCHA et al., 2011; SOUZA; SORATTO; PAGANI, 2011). No presente estudo, o número de grãos por vagem variou pouco e não mostrou qualquer relação com os tratamentos (Tabela 6). Para Valderrama et al. (2009), a menor resposta do número de grãos por vagem à modificações do ambiente se deve ao fato de ser uma característica varietal de alta herdabilidade genética. Analisando o contraste da Tabela 6, é interessante observar que o VP e o GV apresentaram proporcionalidade em seus valores, contrariando diversos outros resultados da literatura (FONSECA, 2011; JADOSKI et al., 2000; JAUER et al., 2003; VIEIRA, 2009), os quais enfatizam a existência de relação negativa entre as duas variáveis, ou seja, quanto maior o número de vagens por planta, menor o número de grãos por vagem. Essa proporcionalidade entre componentes do rendimento do feijoeiro é conhecida por plasticidade ou efeito de compensação



(NIENHUIS; SINGH, 1985). Tal relação negativa entre o VP e o GV foi observada por Soares (2012) quando instalou seus experimentos em Bambuí, Pitangui e Presidente Olegário, no estado de Minas Gerais.

Com relação ao peso de cem grãos, as médias também variaram muito pouco e não se verificou qualquer tendência sobre os efeitos principais de inoculação, doses de nitrogênio e doses molibdênio (Tabela 5 e 6). Araújo et al. (2009), conduzindo dois experimentos em Coimbra - MG, aplicou diferentes doses de Mo via foliar (0, 40, 80 e 120 g ha<sup>-1</sup>), além de duas doses de N aplicadas na semeadura (0 e 20 kg ha<sup>-1</sup>) e duas doses de N em cobertura (0 e 50 kg ha<sup>-1</sup>) sobre a cultivar Meia-Noite. Os autores verificaram que os tratamentos com 20 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura e 77 g ha<sup>-1</sup> de Mo proporcionaram o maior peso de 100 grãos, que foi de 20,5 g, embora essa mesma dose de Mo, combinada com zero de N na semeadura, e zero ou 50 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura, tenha proporcionado pesos próximos aos máximos, respectivamente de 19,25; 20,01 e 19,71g. Resultados semelhantes foram obtidos por Amane et al. (1999), que conseguiram aumento de 13% no peso de 100 grãos com aplicação de Mo, enquanto o efeito do N em cobertura foi mais modesto, com aumento de apenas 5%. Ainda, respostas semelhantes foram obtidas por Leite et al. (2007) e Pires et al. (2004), que obtiveram aumento de 9,5 e 2,78% com aplicação de Mo via foliar. De fato, os resultados na literatura relativos ao efeito da adubação molíbdica foliar sobre o peso dos grãos de feijoeiro são bastante conflitantes. Ferreira et al. (2003) e Andrade et al. (1998) apresentaram resultados que evidenciaram correlação positiva entre a aplicação de molibdênio foliar e o aumento do peso de 100 grãos e do número de vagens. Da mesma forma, Calonego et al. (2010) verificaram que o peso de 100 grãos respondeu positivamente à aplicação de molibdênio juntamente com a menor dose de N em cobertura. Por outro lado, Biscaro (2011) concluiu que o P100 foi influenciado negativamente pela adubação com Mo, independente da dose de N fornecida. Já

Ascoli, Soratto e Maruyama (2008) não observaram efeito significativo do Mo sobre os componentes de produção (número de vagens por planta, sementes por vagem e massa de cem grãos), mas houve incremento significativo no rendimento de grãos.

De acordo com a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (RIBEIRO et al., 1999), há quatro níveis tecnológicos básicos para a cultura do feijão no Estado, sendo dois deles considerados níveis de alta tecnologia - NT<sub>3</sub> (1.800 a 2.500 kg ha<sup>-1</sup>) e NT<sub>4</sub> (acima de 2.500 kg ha<sup>-1</sup>). No presente estudo, o valor médio do rendimento de grãos (1.140 kg ha<sup>-1</sup>) indica produtividade inferior à esperada com emprego de nível tecnológico equivalente ao NT<sub>3</sub>. No entanto, este valor foi ligeiramente superior à produtividade média da cultura no país, 1.030 kg ha<sup>-1</sup> em 2012/13 (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2013). Uma das possíveis causas da baixa produtividade do experimento pode ser pela menor densidade de plantas obtida, conforme já mencionado.

A produtividade de grãos de feijoeiro não foi influenciada pela inoculação das sementes com rizóbio (Tabela 6), resultado semelhante aos obtidos por Kaneko et al. (2010), Silva et al. (2009) e Souza, Soratto e Pagani (2011), apontando o fato de que ambas as estirpes obtiveram performances significativamente semelhantes entre si e entre os rizóbios nativos do solo no fornecimento de N para as plantas. De igual modo, Andrade et al. (2001) verificaram que apenas o emprego da estirpe CIAT 899 não foi eficiente, obtendo resultados de produtividade idênticos aos da testemunha e inferior ao tratamento que recebeu N em semeadura e cobertura. Porém, alguns trabalhos afirmam que a inoculação, por si só, afeta positivamente o rendimento de grãos do feijoeiro (ARAÚJO et al., 2007; ROMANINI JÚNIOR et al., 2007; SOARES et al., 2006). No estudo de Nogueira (2005) em Formiga - MG, foram utilizados rizóbios extraídos do solo da Amazônia com o intuito de avaliar sua eficiência

agronômica e a densidade de populações que nodulam o feijoeiro e observou-se que a inoculação com a estirpe UFLA 02-100, a qual também foi utilizada no presente trabalho, e UFLA 02-127, proporcionaram aumento no rendimento de grãos, contribuindo para a redução da utilização de adubos nitrogenados pelo produtor rural.

A análise das Tabelas 5 e 6 revela que ambas as estirpes em estudo (UFLA 02-100 e CIAT 899) apresentaram idêntico resultado em termos de produtividade. Trabalhos como os de Figueiredo (2012) e Rufini et al. (2011), em diferentes condições, também encontraram rendimentos de grãos semelhantes entre as duas estirpes, não diferindo dos tratamentos em que não se efetuou inoculação. Outros pesquisadores também encontraram resultados idênticos destas duas estirpes para rendimento de grãos, mas notaram comportamento diferenciado das mesmas em relação ao tratamento não inoculado (FERRERA et al., 2009; SOARES et al., 2006).

O rendimento de grãos aumentou linearmente com o fornecimento de molibdênio (Figura 5). Tal resultado reafirma a elevada capacidade de resposta do feijoeiro ao micronutriente, ainda que o mesmo não tenha afetado muitas outras características em estudo, e sugere que doses superiores à recomendada ( $80 \text{ g ha}^{-1}$ ) podem ser empregadas para se obter ganhos em produtividade.

Na região de Viçosa, em Minas Gerais, Berger, Vieira e Araújo (1996) verificaram que a dose de  $78 \text{ g ha}^{-1}$  de Mo proporcionou a maior produtividade de grãos ( $1.682 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e que a época mais propícia para essa aplicação foi de 14 a 28 dias após a emergência do feijoeiro.

Em seu estudo com três níveis de adubação com N na semeadura (0, 20 e  $40 \text{ kg ha}^{-1}$ ), dois níveis de adubação nitrogenada em cobertura (0 e  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de N) e dois níveis de adubação mólíbdica foliar (0 e  $40 \text{ g ha}^{-1}$  de Mo fonte molibdato de amônio), Andrade et al. (1998) verificaram que, de maneira geral, houve efeito significativo dos três fatores sobre o rendimento de grãos e seus

componentes. As interações, entretanto, não foram significativas. A aplicação foliar de molibdênio aumentou significativamente o rendimento de grãos, o número de vagens por planta e o peso de 100 grãos, assim como os teores foliares de nitrogênio, cálcio e magnésio. A cultivar empregada foi a Carioca - MG e o aumento da produtividade em razão da aplicação foliar do molibdênio foi de 39% ( $976 \text{ kg ha}^{-1}$  para  $1.355 \text{ kg ha}^{-1}$ ), ou seja, da mesma magnitude que o acréscimo atribuído ao nitrogênio em cobertura ( $973 \text{ kg ha}^{-1}$  para  $1.358 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Resultados semelhantes foram obtidos por Fulin et al. (1999), que obtiveram aumento de  $155 \text{ kg ha}^{-1}$  na produtividade do feijão, quando aplicou, via foliar,  $20 \text{ g ha}^{-1}$  de Mo no tratamento que recebeu a adubação de  $10 \text{ kg ha}^{-1}$  de N no plantio e  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  em cobertura.

Nem sempre foram encontradas respostas positivas na produtividade do feijoeiro com a aplicação de Mo em outras regiões do país (CASTRO; BOARETO; NAKAGAVA, 1994; SILVA; LEMOS; TAVARES, 2006; VIEIRA et al., 1998). Acredita-se que tal fato se deva à maior disponibilidade deste nutriente no solo (CASTRO; BOARETO; NAKAGAVA, 1994) ou aos teores relativamente altos de Mo das sementes do feijoeiro, suficientes para prevenir a deficiência na lavoura plantada (BRODRICK; SAKALA; GILLER, 1992; JACOB-NETO; ROSSETTO, 1998; KUBOTA et al., 2008).

Os tratamentos adicionais com N não influenciaram o rendimento de grãos, mas é interessante mencionar a baixa produtividade ( $750 \text{ kg ha}^{-1}$ ) obtida pelo tratamento que recebeu  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. Esse resultado pode ser explicado por meio da mesma hipótese cogitada para o baixo estande final na qual se aplicou esse tratamento, ou seja, é provável que o estresse salino provocado pela alta concentração do fertilizante nitrogenado tenha reduzido a população final de plantas, como já discutido, culminando em uma menor produção de grãos por área (Tabela 6). Tal efeito salino já foi encontrado na literatura por vários autores (ALVES JÚNIOR et al., 2009; FIGUEIREDO, 2012; KIKUTI et al.,

2005; LIMA et al., 2001; RODRIGUES et al., 2002; SILVEIRA; DAMASCENO, 1993). Assim, o efeito de plasticidade apresentado pelo aumento dos componentes do rendimento (VP e GV) não foi suficiente para compensar o baixo estande final em termos de resultados em produtividade.

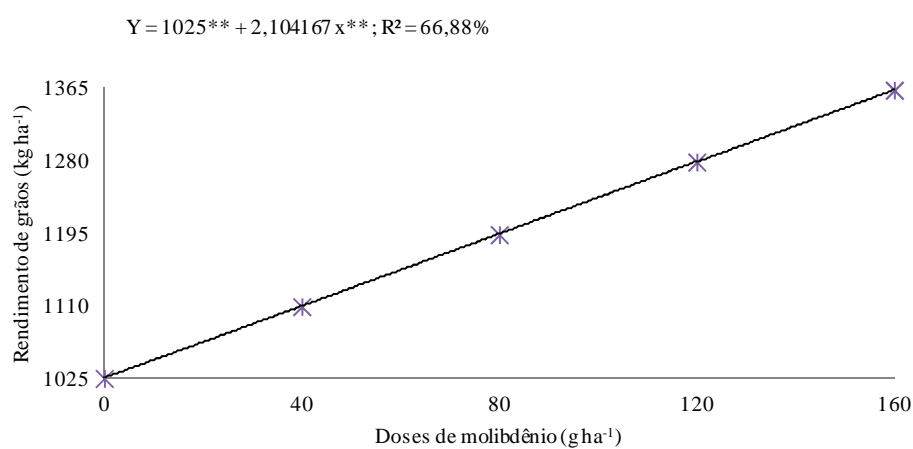


Figura 5 Rendimento de grãos de feijoeiro-comum cv. BRSMG Madrepérola em função de doses de molibdênio. Patos de Minas, MG – 2012

#### 4 CONCLUSÕES

A aplicação de doses crescentes de N até  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  ( $40 \text{ kg ha}^{-1}$  na semeadura e  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  em cobertura) proporciona o crescimento do feijoeiro e o incremento do número de vagens na cultivar Madrepérola.

A inoculação com a estirpe UFLA 02-100 eleva o número de vagens por planta de feijoeiro-comum.

A massa seca de parte aérea e o rendimento de grãos do feijoeiro são influenciados pelas doses de molibdênio aplicadas via foliar.

Doses de até  $88 \text{ g ha}^{-1}$  de molibdênio elevam a massa seca de parte aérea do feijoeiro.

O rendimento de grãos aumenta linearmente com o fornecimento de molibdênio via foliar.

## REFERÊNCIAS

ABREU, A. de F. B. et al. **BRSMG Madrepérola**: cultivar de feijão tipo carioca com escurecimento tardio dos grãos. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 2011, 4 p. (Comunicado técnico).

ALBUQUERQUE, H. C. et al. Capacidade nodulatória e características agronômicas de feijoeiros comuns submetidos à adubação molíbdica parcelada e nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 2, p. 214-221, abr./jun. 2012.

ALVARENGA, P. E. **Resposta do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) às adubações nitrogenada e molíbdica e à inoculação com *Rhizobium leguminosarum* bv. *Phaeoli***. 1995. 67 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 1995.

ALVES, A. F. et al. Densidades populacionais para cultivares alternativas de feijoeiro no norte de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 33, n. 6, p. 1495-1502, 2009.

ALVES JUNIOR, J. et al. Adubação nitrogenada do feijoeiro, em plantio e cobertura, em plantio direto e convencional. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 33, n. 4, p. 943-949, nov./dez. 2009.

AMANE, M. I. V. et al. Adubação nitrogenada e molíbdica da cultura do feijão na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, n. 4, p. 643-650, 1999.

ANDRADE, M. J. B. et al. Influência do nitrogênio, rizóbio e molibdênio sobre o crescimento, nodulação radicular e teores de nutrientes no feijoeiro. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 45, n. 257, p. 65-79, 1998.

ANDRADE, M. J. B. et al. Resposta do feijoeiro às adubações nitrogenada e molibídica e à inoculação com *Rhizobium tropici*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 25, n. 4, p. 934-940, jul./ago. 2001.

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

ARAÚJO, F. F. et al. Fixação biológica de N<sub>2</sub> no feijoeiro submetido a dosagens de inoculante e tratamento químico na semente comparado à adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 4, p. 535-540, 2007.

ARAÚJO, P. R. de A. et al. Combinações de doses de molibdênio e nitrogênio na adubação da cultura do feijoeiro-comum. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 2, p. 227-234, 2009.

ASCOLI, A. A.; SORATTO, R. P.; MARUYAMA, W. I. Aplicação foliar de molibdênio, produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro irrigado. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 377-384, 2008.

BARBOSA, F. R.; GONZAGA, A. C. O. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira: 2012-2014**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. 247 p. (Documentos, 272).

BERGER, P. G.; VIEIRA, C.; ARAÚJO, G. A. de A. Efeitos de doses e épocas de aplicação do molibdênio sobre a cultura do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 31, n. 7, p. 473-480, jul. 1996.

BISCARO, G. A. et al. Nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar no feijoeiro irrigado cultivado em solo de Cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 4, p. 665-670, 2011.



BORDIN, L. et al. Sucessão de cultivo de feijão-arroz com doses de adubação nitrogenada após adubação verde, em semeadura direta. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 417-428, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 30, de 12 de nov. 2010. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, 17 nov. 2010. Disponível em: <[http://www.fiscolex.com.br/doc\\_13261309\\_INSTRUCAO\\_NORMATIVA\\_N\\_30\\_DE\\_12\\_DE\\_NOVEMBRO\\_DE\\_2010.aspx](http://www.fiscolex.com.br/doc_13261309_INSTRUCAO_NORMATIVA_N_30_DE_12_DE_NOVEMBRO_DE_2010.aspx)>. Acesso em: 25 mar. 2011.

BRODRICK, S. J.; SAKALA, M. K.; GILLER, K. E. Molybdenum reserves of seed, and growth and N<sub>2</sub> fixation by *Phaseolus vulgaris* L. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 13, n. 1, p. 39-44, Mar. 1992.

CALONEGO, J. C. et al. Adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro com suplementação de molibdênio via foliar. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 334-340, 2010.

CARVALHO, E. G. **Efeito do nitrogênio, molibdênio e inoculação das sementes em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) na região de Selvíria-MS**. 1994. 51 p. Monografia (Graduação)-Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 1994.

CARVALHO, M. A. C. et al. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila em feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 445-450, maio/jun. 2003.

CASTRO, A. M. C.; BOARETO, A. E.; NAKAGAVA, J. Tratamento de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) com molibdênio, cobalto, metionina e vitamina B1. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 16, n. 1, p. 26-30, 1994.

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

CHIDI, S. N. **Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em função da aplicação de doses de nitrogênio em cobertura e diferentes concentrações de uréia via foliar**. 1999. 100 p. Monografia (Graduação)-Universidade Estadual Paulista, Campus Ilha Solteira, Ilha Solteira, 1999.

CHIDI, S. N. et al. Nitrogênio via foliar e em cobertura em feijoeiro irrigado. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1391-1395, 2002.

CHUEIRE, L. M. O. et al. Classificação taxonômica das estirpes de rizóbio recomendadas para as culturas da soja e do feijoeiro baseada no sequenciamento do gene 16S rRNA. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 5, p. 833-840, set./out. 2003.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, sexto levantamento, Safra 2012/2013**. Brasília, DF, 2013. Disponível em:  
<[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_03\\_07\\_10\\_39\\_19\\_levantamento\\_safras\\_graos\\_6.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_03_07_10_39_19_levantamento_safras_graos_6.pdf)>. Acesso em: 15 mar. 2013.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. **Produção de feijão**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 385 p.

FERNANDES, F. A. et al. Molibdênio foliar e nitrogênio em feijoeiro cultivado no sistema plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 7-15, jan./mar. 2005.

FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, M. Etapas de desarrollo en La planta de frijol. In: LÓPEZ, M.; FERNANDEZ, F.; SCHOOWHOVEN, A. V. **Frijol, investigación y producción**. Colombia: CIAT, 1985. p. 61-80.

FERREIRA, A. C. B. et al. Diagnose do estado nutricional molíbdico do feijoeiro em razão do molibdênio contido na semente e sua aplicação foliar. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 9, n. 4, p. 397-401, out./dez. 2003.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

FERREIRA, P. A. A. et al. Inoculação com cepas de rizóbio na cultura do feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 7, p. 2210-2212, out. 2009.

FIGUEIREDO, M. A. **Inoculação com *Rhizobium* ssp. E adubações nitrogenada e molíbdica no feijoeiro-comum**. 2012. 99 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2012.

FONSECA, G. G. **Resposta de cultivares de feijoeiro-comum à inoculação das sementes com estirpes de rizóbio em Minas Gerais**. 2011. 166 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2011.

FONSECA, G. G. et al. Resposta de cultivares de feijoeiro-comum à inoculação das sementes com duas estirpes de rizóbio. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 6, p. 1778-1787, nov./dez. 2013.

FULLIN, E. A. et al. Nitrogênio e molibdênio na adubação do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 7, p. 1145-1149, jul. 1999.

GRAHAM, P. H.; HALLIDAY, J. Inoculation: nitrogen fixation in the gender *Phaseolus*. In: REUNIÃO LATINO AMERICANA DE *PHASEOLUS*, 8., 1976, Cali. **Anais...** Cali: CIT, 1976. p. 313-337.

HUNGRIA, M. et al. Isolation and characterization of new efficient and competitive bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobia from Brazil. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 32, n. 11/12, p. 1515-1528, Oct. 2000.

JACOB-NETO, J.; ROSSETTO, C. A. V. Concentração de nutrientes nas sementes: o papel do molibdênio. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 5, n. 1, p.171-183, jan./dez. 1998.

JADOSKI, S. O. et al. População de plantas e espaçamento entre linhas do feijoeiro irrigado. II: rendimento de grãos e componentes do rendimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 4, p. 567-573, jul. 2000.

JAUER, A. et al. Comportamento da cultivar BR-IPAGRO 44-Guapo Brilhante de feijoeiro em quatro populações de plantas na safrinha em Santa Maria - RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 2, p. 201-206, mar. 2003.

KANEKO, F. H. et al. Mecanismos de abertura de sulcos, inoculação e adubação nitrogenada em feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 125-133, 2010.

KIKUTI, H. et al. Nitrogênio e fósforo em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) variedade cultivada BRSMG Talismã. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 27, n. 3, p. 415-422, 2005.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928.

KUBOTA, F. Y. et al. Crescimento e acumulação de nitrogênio de plantas de feijoeiro originadas de sementes com alto teor de molibdênio. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 4, p. 1635-1641, 2008.

LEITE, U. T. et al. Doses crescentes de molibdênio na produção de sementes de feijão enriquecidas com o micronutriente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SBCS ; UNESP, 2003. CD-ROM. (Solo: alicerce dos sistemas de produção).

LEITE, L. F. C. et al. Nodulação e produtividade de grãos de feijão-caupi em resposta ao molibdênio. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 4, p. 492-497, 2009.

LEITE, U. T. et al. Rendimento de grãos e componentes de rendimento do feijoeiro em função da aplicação foliar de doses crescentes de molibdênio. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 1, p. 113-120, 2007.

LIMA, E. V. et al. Adubação NK no desenvolvimento e na concentração de macronutrientes no florescimento do feijoeiro. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 125-129, jan./mar. 2001.

LINDSAY, W. L. **Chemical equilibria in soils**. New York: J. Wiley & Sons, 1979. 449 p.

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTINEZ-ROMERO, E. et al. *Rhizobium tropici*, a novel species nodulating *Phaseolus vulgaris* L. beans and *Leucaena* sp. trees. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Ames, Iowa, v. 41, n. 3, p. 417-426, July 1991.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras, MG: Ed. UFLA, 2006. 729 p.

NIENHUIS, J.; SINGH, S. P. Effects of location and plant density on yield and architectural traits in dry beans. **Crop Science**, Madison, v. 25, n. 4, p. 579-584, 1985.

NOGUEIRA, C. O. G. **Eficiência agronômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas que nodulam o feijoeiro-comum em Formiga-MG**. 2005. 73 p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola)– Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2005.

OLIVEIRA, G. N. D. **Adubação nitrogenada em cobertura e lâminas de água no desenvolvimento do feijoeiro**. 2001. 00 p. Monografia (Graduação)- Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Campus Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2001.

OLIVEIRA, I. P. et al. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAÚJO, R. S. et al. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 182-184.

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

PELEGRIN, R. et al. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, p. 219-226, 2009.

PEREIRA, E. G. **Diversidade de rizóbio em diferentes sistemas de uso da terra da Amazônia**. 2000. 93 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2000.

PESSOA, A. C. S. **Atividades de nitrogenase e redutase do nitrato e produtividade do feijoeiro em resposta à adubação com molibdênio e fósforo**. 1998. 151 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição Mineral de Plantas)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1998.

PESSOA, A. C. S. et al. Atividades de nitrogenase e redutase de nitrato e produtividade do feijoeiro “Ouro negro” em resposta à adubação foliar com molibdênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, p. 217-224, 2001.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451 p.

PIRES, A. A. et al. Parcelamento e época de aplicação foliar do molibdênio na composição mineral das folhas do feijoeiro. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 25-31, 2005.

PIRES, A. A. et al. Rendimento de grãos, componentes do rendimento e índice spad do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em função de época de aplicação e do parcelamento da aplicação foliar de molibdênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 28, n. 5, p. 1092-1098, set./out. 2004.

PORTES, T. A. Ecofisiologia. In: ARAÚJO, R. S. et al. **Cultura do feijoeiro-comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p. 101-137.

RIBEIRO, A. C. et al. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999.

ROCHA, P. R. R. et al. Adubação molíbdica na cultura do feijão nos sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 2, p. 9-17, 2011.

RODRIGUES, J. R. M.; ANDRADE, M. J. B.; CARVALHO, J. G. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) a doses de molibdênio aplicado via foliar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 20, n. 3, p. 323-333, jul./set. 1996.

RODRIGUES, J. R. M. et al. População de plantas e rendimento de grãos do feijoeiro em função de doses de nitrogênio e fósforo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 26, n. 6, p. 1218-1227, 2002.

ROMANINI JUNIOR, A. et al. Avaliação da inoculação de rizóbio e adubação nitrogenada no desenvolvimento do feijoeiro, sob sistema plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 4, p. 74-82, out./dez. 2007.

RUFINI, M. et al. Simbiose de bactérias fixadoras de nitrogênio com feijoeiro-comum em diferentes valores de pH. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 1, p. 81-88, jan. 2011.

SILVA, E. F. et al. Inoculação do feijoeiro com *Rhizobium tropici* associada a exsudato de *Mimosa flocculosa* com diferentes doses de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 2, p. 443-451, 2009.

SILVA, M. V. da et al. Aplicação foliar simultânea de molibdênio e alguns defensivos agrícolas na cultura do feijoeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 27, n. 5, p. 1160-1164, set./out. 2003.

SILVA, T. R. B.; LEMOS, L. B.; TAVARES, C. A. Produtividade e característica tecnológica de grãos de feijoeiro adubados com nitrogênio e molibdênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 5, p. 739-745, maio 2006.

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



SOARES, A. L. L. et al. Eficiência agronômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões (MG). II- Feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 5, p. 803-811, set./out. 2006.

SOARES, B. L. **Avaliação técnico-econômica do feijoeiro-comum inoculado com rizóbio em diferentes ambientes**. 2011. 150 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2012.

SORATTO, R. P.; CARVALHO, M. A. C.; ARF, O. Fertilidade do solo e nutrição de plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 1, p. 259-265, jan. 2006.

SOUZA, A. B. et al. Densidades de semeadura e níveis de NPK e calagem na produção do feijoeiro sob plantio convencional, em Ponta Grossa, Paraná. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 1, p. 39-43, jan./mar. 2008.

SOUZA, E. F. C.; SORATTO, R. P.; PAGANI, F. A. Aplicação de nitrogênio e inoculação com rizóbio em feijoeiro cultivado após milho consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 4, p. 370-377, abr. 2011.

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Resposta do feijoeiro ao nitrogênio em cobertura, sob diferentes lâminas de irrigação e preparos de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 3, p. 473-481, mar. 2001.

TOLEDO, B. F. B.; MARCONDES, S. J.; LEMOS, E. G. M. Caracterização de rizóbios indicados para produção de inoculantes por meio de sequenciamento parcial do 16S rRNA. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 4, p. 384-391, abr. 2009.

TOLEDO, M. Z. et al. Nodulação e atividade da nitrato redutase em função da aplicação de molibdênio em soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 6, p. 858-864, nov./dez. 2010.

VALADÃO, F. C. de A. et al. Inoculação das sementes e adubações nitrogenada e molíbdica do feijoeiro-comum, em Rolim de Moura, RO. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 39, n. 4, p. 741-747, 2009.

VALDERRAMA, M. et al. Fontes e doses de nitrogênio e fósforo em feijoeiro no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 191-196, jul./set. 2009.

VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Coord.). **Feijão: aspectos e cultura no Estado de Minas**. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 1998.

VIEIRA, N. M. B. **Acúmulo de nutrientes e desempenho agrônômico de cultivares de feijão-comum, em diferentes populações e sistemas de cultivo**. 2009. 117 p. Tese (Doutorado em Agronomia/fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2009.

VIEIRA, R. F. **Aplicação foliar de molibdênio e seu efeito nas atividades da nitrogenase e redutase do nitrato no feijoeiro em campo**. 1994. 188 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de plantas)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

VIEIRA, R. F. et al. Foliar application of molybdenum in common beans: I. nitrogenase and reductase activities in a soil of high fertility. **Journal Plant Nutrition**, Monticello, v. 21, n. 1, p. 169-180, 1998.

VIEIRA, S. M. et al. Nitrogênio, molibdênio e inoculante, isolados e associados para duas variedades de feijoeiro - comum. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., 1999, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa, CNPAF, 1999. p. 835-838.

VIEIRA, S. M. et al. Nitrogênio, molibdênio e inoculante para a cultura do feijoeiro. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 1, n. 1/2, p. 63-66, out. 2000.

VINCENT, J. M. **A manual for the practical study of root-nodule bacteria.**  
Oxford: Blackwell Scientific, 1970. (International Biological Programme  
Hanbook, 15).

### CAPÍTULO 3

#### “DOSES DE MOLIBDÊNIO FOLIAR, NITROGÊNIO E INOCULAÇÃO COM *Rhizobium spp.* NO FEIJOEIRO-COMUM cv. BRS MG Madrepérola EM LAVRAS E PITANGUI - MG”

#### RESUMO

Com o objetivo de verificar a resposta do feijoeiro-comum cv. BRS-MG Madrepérola ao fornecimento crescente de molibdênio e à inoculação das sementes com duas estirpes de rizóbio, foram conduzidos dois experimentos a campo, um durante a safra primavera-verão 2011/2012 em Pitangui, região do Centro-oeste mineiro, e outro conduzido durante a safra primavera-verão 2012/2013 em Lavras, região do Sul de Minas Gerais. O delineamento estatístico foi blocos ao acaso, com três repetições e esquema fatorial  $(5 \times 2) + 4$ , envolvendo cinco doses de molibdênio via foliar (0, 40, 80, 120 e 160 g ha<sup>-1</sup>) e dois inoculantes (inoculação com a estirpe CIAT 899<sup>T</sup> de *Rhizobium tropici* e UFLA 02-100 de *Rhizobium etli*), mais quatro tratamentos adicionais (ausência de N; 20 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura; 20 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura e 40 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura + 40 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura), aplicados sem inoculação e molibdênio. Cada parcela experimental foi composta por seis linhas de 4 m de comprimento e espaçamento de 0,5 m entre linhas, tomando-se como área útil as quatro linhas centrais, em um total de 8 m<sup>2</sup>. Os inoculantes foram preparados no Laboratório de Microbiologia do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA. As estirpes foram inoculadas em um *erlenmeyer* contendo meio semissólido YM esterilizado. Após quatro dias de crescimento, na fase log, o material foi transferido para outro *erlenmeyer* contendo turfa esterilizada em autoclave por 20 minutos. A mistura resultante (inoculante), na proporção 3:2 turfa:cultura, foi empregada na base de 10 g por kg de semente. A qualidade do inoculante foi monitorada por meio de contagem, sendo que o número mínimo legal de células viáveis (em torno de 10<sup>9</sup> células de *Rhizobium* por grama de inoculante na semeadura) foi observado. Na floração (estádio R<sub>6</sub> do ciclo do feijoeiro) foram amostradas 10 plantas para avaliação do número de nódulos, massa seca de nódulos, massa seca de parte aérea e teor e acúmulo de nitrogênio (N) na parte aérea. Na colheita (estádio R<sub>9</sub>), em duas linhas da parcela foram avaliados o rendimento de grãos e seus componentes primários (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso de 100 grãos) e teor e

acúmulo de N nos grãos. Em Lavras, é maior a nodulação, o estande final e o acúmulo de nitrogênio nos grãos. A dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N (40 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura e 40 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura) proporciona maior crescimento do feijoeiro em Lavras. Em Pitangui, as doses de N não influenciam na produção de matéria seca da parte aérea. Os tratamentos sem inoculação propiciam valores de número de nódulos e matéria seca de parte aérea equivalentes aos dos tratamentos inoculados, indicando boa eficiência das populações nativas de rizóbio. Em Lavras, o fornecimento de doses crescentes de molibdênio resulta em ganhos significativos do teor de nitrogênio nos grãos até a dose de 110 g ha<sup>-1</sup> Mo. A inoculação com a estirpe UFLA 02-100 proporciona maior rendimento de grãos de feijão em Pitangui e, em Lavras, não difere da estirpe de referência CIAT 899. O rendimento de grãos do feijoeiro se eleva com o aumento das doses de Mo até 63 g ha<sup>-1</sup> quando se utiliza a estirpe CIAT 899. A adubação molíbdica proporciona redução da produtividade quando se inocula as sementes de feijão com a estirpe UFLA 02-100, mesmo com a aplicação de doses mínimas. Nas condições do estudo, a adubação nitrogenada de até 80 (40 + 40) kg ha<sup>-1</sup> de N não interfere no rendimento de grãos do feijoeiro.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*. Adubação molíbdica. FBN. *Rhizobium*.

## ABSTRACT

In order to verify the response of common bean cv. BRS - MG Madrepérola face to the increasing supply of molybdenum and to the seed inoculation with two *Rhizobium* strains, two field experiments were conducted, one of them during the spring-summer crop of 2011/2012 in Pitangui, in the Midwest region of Minas Gerais, and another one during the spring-summer 2012/2013 in Lavras, at the south of Minas Gerais state. The experimental design was a randomized block design with three replications and a factorial scheme  $(5 \times 2) + 4$ , involving five doses of molybdenum (0, 40, 80, 120 and 160 g ha<sup>-1</sup>) and two inoculants (inoculation with *Rhizobium tropici* strain (CIAT 899<sup>T</sup>) and *Rhizobium etli* strain (UFLA 02-100), four additional treatments (absence of N, 20 kg ha<sup>-1</sup> of N at sowing, 20 kg ha<sup>-1</sup> of N at topdressing and 40 kg ha<sup>-1</sup> of N at sowing + 40 kg ha<sup>-1</sup> of N at topdressing), applied without inoculation and molybdenum. Each experimental plot consisted of 6 rows of 4 m length and 0,5 m spacing between rows, using as floor area four central lines, for a total of 8m<sup>2</sup>. The inoculants were prepared at the Laboratory of Soil Microbiology of the Department of Soil Science in UFLA. The strains were inoculated into an Erlenmeyer flask containing sterilized YM medium semisolid. After 4 days of growth log phase, the material was transferred to another erlemmeyer containing peat autoclaved for 20 minutes. The resulting mixture (inoculant) in the proportion 3:2 peat:culture was used on the basis of 10 g per kg of seed. The inoculant quality was monitored by counting, with the legal minimum number of viable cells (about 10<sup>9</sup> cells per gram of *Rhizobium* inoculant on the seed) was observed. At flowering (R<sub>6</sub> stage of the bean cycle) 10 plants were sampled to evaluate the number of nodules, nodules dry mass, shoots dry mass and content and accumulation of nitrogen (N) in the shoots. At harvest (stage R<sub>9</sub>), at 2 rows of the plot, were evaluated the grain yield and its primary components (number of pods per plant, number of seeds per pod and weight of 100 grains) and content and accumulation of N grains. In Lavras, nodulation, final stand and nitrogen accumulation in grains are greater. The dose of 80 kg ha<sup>-1</sup> of N (40 kg ha<sup>-1</sup> of N at sowing and 40 kg ha<sup>-1</sup> of N at topdressing) provides greater plant growth in Lavras. In Pitangui, doses of N did not influence the shoots dry mass production. The treatments without inoculation provide values of number of nodules and shoots dry mass equivalent to the inoculated treatments, indicating good efficiency of the native populations of rhizobia. In Lavras, increasing doses of molybdenum supply results in significant gains in the nitrogen content in the grains until the dose of 110 g ha<sup>-1</sup> of Mo. Inoculation with UFLA 02-100 strain provides higher grain yield in Pitangui and, in Lavras, does not differ from the reference strain CIAT 899. The

grain yield rises with increasing doses up to 63 g Mo ha<sup>-1</sup> when using CIAT 899 strain. The molybdenum fertilization provides reduced productivity when seeds are inoculated with UFLA 02-100 strain, even with the application of minimum doses. Under the conditions of this study nitrogen fertilization up to 80 (40 + 40) kg of N ha<sup>-1</sup> does not interfere with grain yield of common bean.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*. Molybdenum fertilization. FBN. *Rhizobium*.

## 1 INTRODUÇÃO

Com a finalidade de se fortalecer a cadeia produtiva do feijão, torna-se cada vez mais importante a utilização de técnicas agronômicas com objetivos de ganhos em produtividade. Um bom exemplo é a inoculação de sementes de feijoeiro com estirpes capazes de fixar nitrogênio atmosférico e disponibilizar este nutriente às plantas, a qual se mostra viável na suplementação ou mesmo na substituição da adubação nitrogenada na cultura, uma vez que a FBN realizada pelas bactérias do gênero *Rhizobium* no feijoeiro fornece quantidades significativas deste nutriente à planta (LEMOS et al., 2003; MENDES et al., 1994; ROMANINI JÚNIOR et al., 2007). Resultados experimentais apresentaram ampla variação no potencial de fixação do feijoeiro-comum no campo, com valores variando desde 4 até 165 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Rennie (1984), por exemplo, registrou fixação da ordem de até 110 kg ha<sup>-1</sup> de N por cultivo.

A utilização de bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico pode ser uma ferramenta para se obter aumento da produtividade do feijoeiro e dos componentes primários da produção, mesmo na ausência de adubação com N ou se utilizando pequenas doses na semeadura. Resultados obtidos por Soares et al. (2006) em Perdões, estudando o comportamento das estirpes CIAT 899, UFLA 02-100, UFLA 02-127 e UFLA 02-68 de *R. etli* bv. *mimosae*, além das testemunhas absoluta e nitrogenada (70 kg ha<sup>-1</sup> de N) na cultivar Talismã, mostram que a inoculação com as estirpes UFLA 02-86, UFLA 02-100 e UFLA 02 127 contribuiu significativamente para o aumento do rendimento e para o acúmulo de N nos grãos do feijoeiro, com resultados semelhantes aos da estirpe CIAT 899.

Ferreira et al. (2009), na cidade de Lavras, testando no campo as estirpes



BR 322 (CIAT 899), UFLA 02-100, UFLA 02-86, UFLA 02-127 e UFLA 02-68 inoculadas em sementes da cv. Talismã, verificaram que a estirpe UFLA 02-68 superou as demais, inclusive a CIAT 899, e promoveu rendimento de grãos semelhante ao da testemunha com  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. Na mesma localidade, em casa de vegetação, em vasos de Leonard, Ferreira (2008) verificou que a estirpe UFLA 02-127, assim como a estirpe CIAT 899 e mais outras cinco estirpes superaram a testemunha nitrogenada em relação ao teor de N na parte aérea, que situou-se acima da faixa de suficiência indicada por Ambrosano et al. (1996) para o feijoeiro-comum.

O molibdênio tem papel importante na melhoria do processo de fixação simbiótica do  $\text{N}_2$  (FERREIRA et al., 2003; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; ROSOLEM, 1996). O Mo tem importantes funções no sistema enzimático de fixação de  $\text{N}_2$ , o que sugere que plantas dependentes de simbiose, quando sujeitas à deficiência do Mo, ficam também carentes de N (MARSCHNER, 1995; OLIVEIRA et al., 1996). São relevantes os trabalhos com a cultura do feijoeiro, em que é confrontado o uso de adubações com N e Mo, visando-se obter informações quanto ao ganho de produtividade (ANDRADE et al., 1998; ANDRADE et al., 2001; BASSAN et al., 2001).

Andrade et al. (1998) sugere que o fornecimento de doses de N na ausência de Mo pode não resultar em produções elevadas, possivelmente pelo acúmulo de nitrato na planta, resultado da nitrificação do amônio e síntese insuficiente de redutase do nitrato, por falta de Mo.

Araújo et al. (2002) realizando um ensaio no verão e outro no inverno, buscaram avaliar o efeito de diferentes doses de molibdênio e nitrogênio na semeadura e em cobertura, e encontraram efeito significativo das doses de Mo, N na semeadura e em cobertura e das interações doses de N na semeadura\*doses de N em cobertura. Observaram maior produtividade com a aplicação de  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  de N na semeadura mais  $79 \text{ g ha}^{-1}$  de Mo via foliar.

Desse modo, a aplicação de pequenas doses de N, associado à adubação mólíbdica foliar e a utilização de sementes inoculadas com estirpes de rizóbios se mostra uma excelente opção para o produtor em termos de aumento de produtividade e de economia no processo de produção.

A partir dessas considerações, cogita-se a hipótese de diminuir ou até mesmo substituir a adubação nitrogenada no feijoeiro pela fixação biológica do N<sub>2</sub> por estirpes do gênero *Rhizobium*, com base na possível influência do Mo. Assim, objetivou-se com este trabalho verificar o efeito da aplicação foliar de molibdênio, na presença de inoculação de sementes com diferentes estirpes de rizóbio e da adubação nitrogenada aplicada na semeadura e cobertura, a fim de aumentar a eficiência da inoculação, com o objetivo de reduzir a utilização de adubos nitrogenados para que haja a redução do custo de produção do feijoeiro e na tentativa de minimizar os problemas de cunho ambiental advindos das perdas com fertilizantes nitrogenados.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização, clima e solo

Dois experimentos foram conduzidos a campo, o primeiro durante a safra primavera-verão 2011/2012, em Pitangui (Fazenda experimental de Pitangui), em área da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), e o segundo na safra 2012/2013 em Lavras (Departamento de Agricultura (DAG) da Universidade Federal de Lavras - UFLA) respectivamente, nas regiões do Centro-oeste e Sul de Minas.

Lavras situa-se a 21° 14' de latitude S, 45° 00' de longitude W e 920 m de altitude e Pitangui está a uma altitude de 650 metros, latitude 19° 50' 48" S e longitude 44° 53' 24" W. O clima das duas regiões, segundo a classificação de Köppen e Geiger (1928), é do tipo Cwa, tropical de altitude, com inverno seco, verão quente e chuvoso (VIANELLO; ALVES, 1991).

Ambos os ensaios foram conduzidos em sistema de plantio convencional, com uma aração e duas gradagens. Em nenhuma das áreas havia registros sobre a ocorrência de inoculação anterior na cultura do feijoeiro. Tanto em Lavras quanto em Pitangui, o solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 1999), cuja análise química de amostras retiradas nas camadas de 0 a 20 cm de profundidade forneceu os resultados apresentados na tabela (Tabela 1).

Um resumo das principais ocorrências climáticas durante a condução dos ensaios é apresentado nas Figuras de 1 a 4. As informações foram obtidas pela Estação Climatológica Principal de Lavras, situada no campus da UFLA, e pela estação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) de Divinópolis, a mais próxima (50 km) de Pitangui, conforme mostra a Figura 1.

Tabela 1 Resultados da análise química de amostras de material dos solos utilizados (camada 0 a 20 cm), Lavras e Pitangui, MG, 2011

Característica	Valores	
	Lavras	Pitangui
pH (H <sub>2</sub> O)	5,6 (Ac. Méd)	5,8 (Ac. Méd)
P disp.(mg dm <sup>-3</sup> )	6,85 (Ba)	9,4 (Ba)
K (mg dm <sup>-3</sup> )	150,0 (MB)	210 (Mb)
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,7 (Mb)	5,3 (Mb)
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,2 (B)	1,5 (B)
Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,2 (Mba)	0,1 (Mba)
H+Al(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,04 (M)	3,6 (M)
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5,28 (MB)	7,3 (MB)
t (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5,48 (B)	7,4 (B)
T (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	9,32 (B)	10,9 (B)
V (%)	56,70 (M)	67,1(B)
m (%)	3,65 (Ba)	1,3 (Mba)
MO (dag/kg)	3,56 (B)	2,2 (M)

\*Análises realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA. SB: Soma de bases trocáveis; t: Capacidade efetiva de trocas de cátions; T: Capacidade de troca de cátions a pH 7; m: Índice de saturação por alumínio trocável; V: Índice de saturação por bases; MO: Matéria Orgânica. Interpretação de acordo com Ribeiro et al. (1999): Ac. Med= Acidez média, MB=teor muito bom, B=bom, M=médio, Ba=baixo, MBa=muito baixo



Figura 1 Variações de precipitação pluvial e temperatura no período de novembro/2012 a fevereiro/2013, no experimento conduzido em Lavras, MG

Fonte: Estação Climatológica Principal de Lavras, 2013

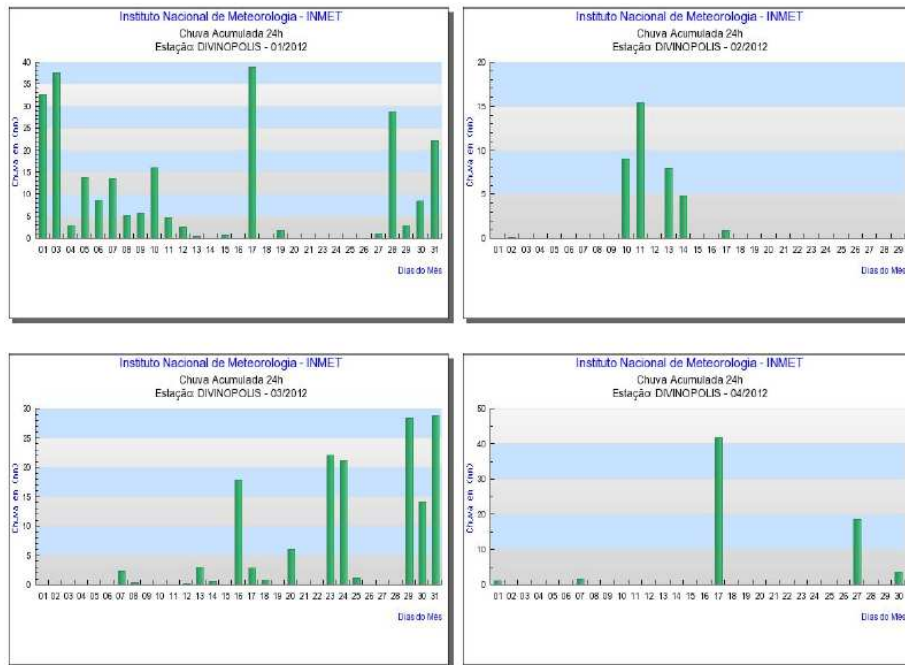


Figura 2 Variações diárias de precipitação pluvial no período de janeiro a abril/2012, no experimento conduzido em Pitangui, MG  
 Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2012).

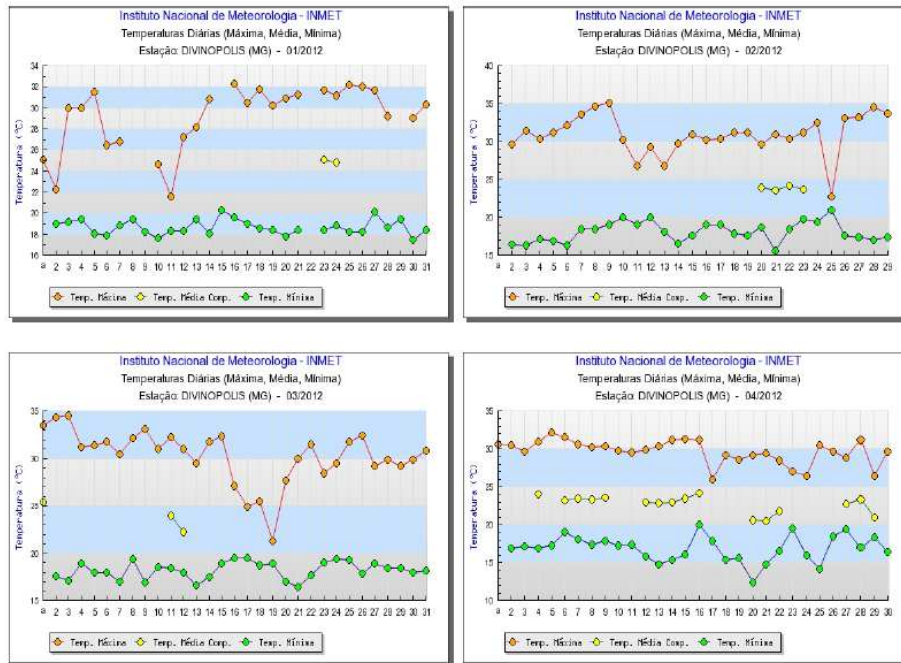


Figura 3 Variações diárias de temperatura no período de janeiro a abril/2012, no experimento conduzido em Pitangui, MG  
 Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2012).

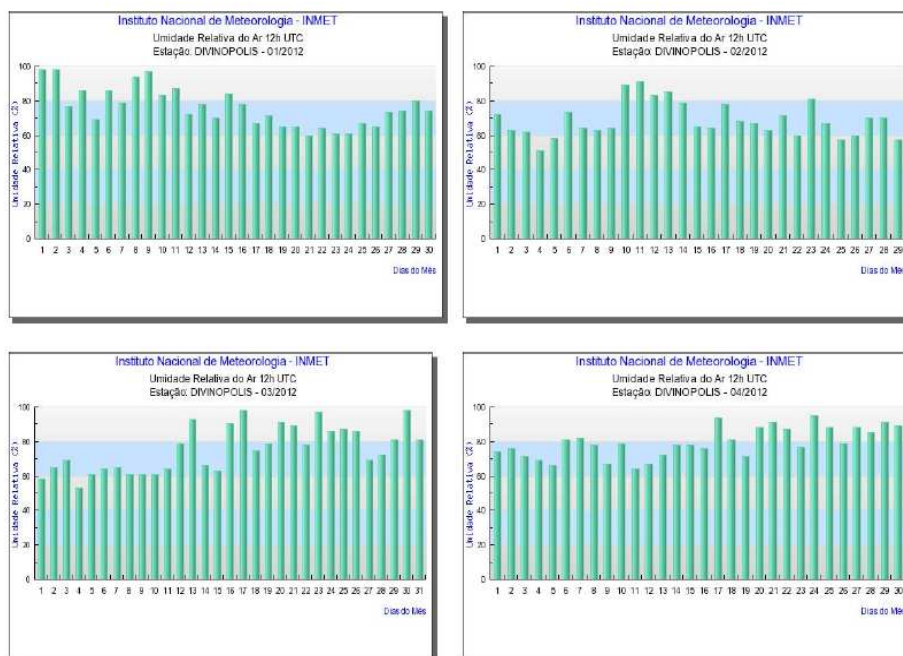


Figura 4 Variações diárias de umidade relativa do ar no período de janeiro a abril/2012, no experimento conduzido em Pitangui, MG  
Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2012).

## 2.2 Delineamento estatístico e tratamentos

O delineamento estatístico foi blocos ao acaso, com três repetições com os tratamentos dispostos em esquema fatorial  $(5 \times 2) + 4$ , envolvendo cinco doses de molibdênio via foliar (0, 40, 80, 120 e  $160 \text{ g ha}^{-1}$ ) e dois inoculantes (inoculação com a estirpe CIAT 899<sup>T</sup> de *Rhizobium tropici* e UFLA 02–100 de *Rhizobium etli*), mais quatro tratamentos adicionais (ausência de N;  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  de N na semeadura;  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  de N em cobertura e  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de N na semeadura +  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de N em cobertura), aplicados sem inoculação e sem molibdênio. O tratamento adicional é a dose de nitrogênio estabelecida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), através da Instrução Normativa



número 30 (BRASIL, 2010), como testemunha em experimentos que envolvem inoculação microbiana. Todos os tratamentos do fatorial receberam 20 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura, sendo a fonte de N a ureia em todas as ocasiões.

### 2.3 Detalhamento dos tratamentos e das parcelas dos ensaios

A estirpe CIAT 899<sup>T</sup> (= SEMIA 4077 = BR 322) é uma das estirpes aprovadas pelo MAPA para uso em inoculantes comerciais para sementes de feijão (BARBOZA; GONZAGA, 2012; CHUEIRE et al., 2003; GRAHAM; HALLIDAY, 1976; HUNGRIA et al., 2000; MARTINEZ-ROMERO et al., 1991; TOLEDO, MARCONDES, LEMOS, 2009). A estirpe UFLA 02-100 de *Rhizobium etli* foi obtida em diferentes sistemas de uso de terra (SUT), no estado de Rondônia, pela Universidade Federal de Lavras e demonstrou alta eficiência em vasos de Leonard (PEREIRA, 2000) e, posteriormente, experimentos de campo comprovaram alta eficiência agrônômica dessa estirpe em solos da região de Formiga (NOGUEIRA, 2005), Perdões (SOARES et al., 2006) e Lavras (FERREIRA et al., 2009) no estado de Minas Gerais. Algumas características dessas duas estirpes são apresentadas na Tabela a seguir:

Tabela 2 Principais características das estirpes utilizadas (NOGUEIRA, 2005)

Estirpe*	Diâmetro colônia	pH no meio YMA	Cromogênese em meio YMA	Absorção de indicador/corante
UFLA 02-100	2mm	neutro	Branca	não
CIAT 899 <sup>t</sup>	3mm	ácido	Amarela	sim

\*As estirpes apresentam 3 dias para aparecimento de colônias isoladas, colônia circular e lisa, produção de muco abundante e consistência gomosa

Os inoculantes foram preparados no Laboratório de Microbiologia do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA. As estirpes foram inoculadas em um *erlenmeyer* contendo meio semissólido YM (VINCENT, 1970) esterilizado, adotando-se procedimentos semelhantes aos descritos por Soares et al. 2006. Após quatro dias de crescimento, na fase log, o material foi transferido para outro *erlenmeyer* contendo turfa esterilizada em autoclave por 20 minutos. A mistura resultante (inoculante), na proporção 3:2 turfa:cultura, foi empregada na base de 10 g por kg de semente. A qualidade do inoculante foi monitorada por meio de contagem, sendo que o número mínimo legal de células viáveis (em torno de  $10^9$  células de *Rhizobium* por grama de inoculante na semente) foi observado (BRASIL, 2010).

A aplicação de molibdênio e a cobertura nitrogenada ocorreram aos 20 dias após a emergência de plântulas (DAE) em ambos os locais. O Mo, fonte molibdato de sódio p.a., foi aplicado por via foliar com pulverizador costal manual equipado com um bico, trabalhando a uma altura de 0,5 m do nível do solo e o volume de calda foi equivalente a  $400 \text{ L ha}^{-1}$ . Para se evitar a deriva da solução durante a aplicação, foi utilizada uma lona plástica de 1 m de altura estendida entre as parcelas. Nos tratamentos adicionais, a adubação nitrogenada em cobertura foi realizada manualmente, com distribuição da ureia em filete lateral às linhas das plantas. Em Pitangui, houve incorporação por meio de irrigação imediata.

Cada parcela experimental foi composta por seis linhas de 4 m de comprimento e espaçamento de 0,5 m entre linhas. A sementeira foi realizada no dia 12 de novembro de 2012, em Lavras, e 25 de janeiro de 2012, em Pitangui, imediatamente após a inoculação das sementes, em uma densidade de 17 sementes por metro, a uma profundidade de 3 a 4 cm.

A cultivar utilizada foi a BRS MG Madrepérola, cuja coloração clara dos grãos se mantém por maior período de tempo em relação às demais

cultivares do tipo carioca existentes no mercado. Apresenta alto potencial produtivo e bom nível de resistência às principais pragas e doenças que ocorrem em Minas Gerais. As plantas são de porte prostrado, hábito de crescimento indeterminado tipo III, com baixa tolerância ao acamamento. Os grãos tipo carioca são bege claro com rajas marrom claro, atendendo às exigências dos consumidores, e a massa média de 100 grãos é de 24,5g (ABREU et al., 2011).

#### **2.4 Condução dos experimentos**

Todas as parcelas receberam adubação de base equivalente a 110 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Superfosfato Simples), em Pitangui, e 70 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Superfosfato Triplo), em Lavras, além de 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Cloreto de Potássio), em ambas as localidades, conforme recomendação da 5ª aproximação (RIBEIRO et al., 1999) e recomendações de Chagas et al. (1999). Os fertilizantes foram aplicados mecanicamente durante o sulcamento. Os tratos culturais foram os normalmente dispensados à cultura e o controle de plantas daninhas foi efetuado por meio de capinas manuais, sempre que necessário. Em Lavras, além do controle mecânico de plantas daninhas, foi aplicada uma mistura de 0,9 L de fomesafem (Flex®) + 1,7 L de fluazifop-butil (Fusilade®) por hectare, além de uma aplicação preventiva do inseticida lambda-cialotrina (Karatê 50 CE®, 150 mL ha<sup>-1</sup> p.c.) aos 20 dias após a emergência – DAE. Não houve necessidade do controle de pragas e doenças em Pitangui e o ensaio neste local foi irrigado, utilizando-se a aspersão (autopropelido).

#### **2.5 Características avaliadas**

Por ocasião da plena floração, no estágio R<sub>6</sub> do ciclo do feijoeiro (50% das plantas com pelo menos uma flor aberta) (FERNANDEZ; GEPTS; LÓPEZ,

1985), foram coletadas 10 plantas de cada parcela (linhas 2 e 3), com o auxílio de enxadão e tesoura de poda para separar o sistema radicular da parte aérea da planta, para determinação do número e massa seca de nódulos, bem como da massa seca da parte aérea e teor e acúmulo de N na parte aérea. As amostras de parte aérea foram acondicionadas em sacos de papel, após a coleta no campo e, depois de devidamente identificadas, foram colocadas para secar em casa de vegetação e, posteriormente, em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 60 - 70 °C por 48 horas, até peso constante. Já as amostras do sistema radicular, foram acondicionadas em sacos plásticos, também devidamente identificados, e armazenadas em câmara fria à temperatura de 6 °C. Momentos antes da contagem de nódulos, as raízes foram devidamente lavadas em água corrente para se retirar o excesso de solo, sobre uma peneira, para se evitar qualquer perda de nódulos acidentalmente destacados pelo fluxo de água. Imediatamente após a contagem, os nódulos foram armazenados em pequenos frascos e colocados para secar em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 60 - 70 °C por 48 horas. Após a secagem dos nódulos, estes foram submetidos à pesagem em balança de precisão na qual, em cada amostra, foi determinada a respectiva massa seca de nódulos, com os valores sendo expressos em gramas por 10 plantas.

A colheita dos grãos foi realizada no estágio R<sub>9</sub> (FERNANDEZ; GEPTS; LÓPEZ, 1985), aos 76 e 91 DAE, respectivamente, em Lavras (02/02/2013) e (27/04/2012) em Pitangui. Foram determinados (linhas 4 e 5) o estande final, o rendimento de grãos e seus componentes primários (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso de 100 grãos em gramas), além do teor e acúmulo de N nos grãos. O estande final foi obtido por contagem e expresso em número de plantas por hectare. Os componentes do rendimento foram determinados em amostra de 10 plantas, enquanto o rendimento de grãos foi obtido a partir da massa total de grãos produzidos na área útil (linhas 4 e 5),

incluindo a citada amostra de 10 plantas. O teor de umidade inicial nos grãos foi determinado em Medidor de Umidade Gehaka G600, no Laboratório de Sementes do Departamento de Agricultura da UFLA e o rendimento foi corrigido em função da umidade dos grãos para 13%. O teor (%) de N na parte aérea e nos grãos foi determinado no laboratório de microbiologia do solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA, pelo método semimicrokjedhal (nitrogênio total), de acordo com Sarruge e Haag (1979). Para tanto, amostras de parte aérea e dos grãos foram submetidas à moagem (Triturador Oster, da Gehaka, velocidade de 24.000 rpm), no Laboratório de Sementes do Departamento de Agricultura da UFLA e foi expresso em porcentagem (%). O N acumulado, tanto na parte aérea como nos grãos, foi calculado multiplicando-se a massa seca pela porcentagem de N, e dividindo-se por 100.

## **2.6 Análise estatística**

Os dados foram submetidos à análise de variância individual (PIMENTEL-GOMES, 2009) com o emprego do *software* Sisvar versão 4.0 (FERREIRA, 2011). Nos casos de significância de doses de Mo, recorreu-se à análise de regressão. As variáveis número e massa seca de nódulos foram previamente transformadas em  $(x+1)^{0.5}$ , de acordo com Alvarenga (1995) e Andrade et al. (1998). Nos casos de efeito significativo dos demais fatores de variação, a comparação das médias foi feita pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Características avaliadas por ocasião da floração

No resumo da análise de variância conjunta dos dados obtidos em Pitangui e Lavras (Tabela 3) observa-se efeito significativo de Locais sobre todas as variáveis, exceto ANPA. Os tratamentos adicionais influenciaram significativamente apenas a MSPA e, ainda, observou-se que a interação entre estes dois fatores (Locais e Adicionais) foi significativa apenas no caso da MSPA. As doses de molibdênio e o fator inoculação não exerceram influência sobre as características analisadas no estudo. A precisão experimental (CV%) foi considerada adequada às características.

Tabela 3 Resumo da análise de variância conjunta com fontes de variação, número de graus de liberdade e quadrados médios dos dados referentes ao número (NN) e massa seca de nódulos (MSN), massa seca da parte aérea (MSPA), teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola

Fv	GL	<sup>1</sup> NN	<sup>1</sup> MSN	MSPA	TNPA	ANPA
<b>Bloco (Locais)</b>	4	18,1575	0,1172*	4464,7671	0,2848	1,8939
<b>Locais (L)</b>	1	4036,8677*	2,7077*	54395,8126*	9,2005*	0,0520
<b>Tratamentos</b>	(13)	24,3301	0,0139	1997,3801	0,3218	1,3107
<b>Doses Mo (D)</b>	4	15,6662	0,0073	790,9875	0,3007	1,3064
<b>Inoculação (I)</b>	1	37,2940	0,03166	949,1508	0,0135	0,5320
<b>D x I</b>	4	34,8723	0,0090	453,0995	0,1935	0,4614
<b>Adicionais</b>	3	25,6060	0,0251	6535,571**	0,4849	1,7975
<b>Fat. vs Adicionais</b>	1	0,0259	0,0088	433,7298	0,7381	4,0353
<b>(L x Trat)</b>	(13)	20,8584	0,0068	3044,0286	0,2548	1,6437
<b>L x D</b>	4	18,1569	0,0005	860,5716	0,1960	0,3143
<b>L x I</b>	1	42,5519	0,0162	63,1606	0,0482	0,1170
<b>L x D x I</b>	4	31,6160	0,0086	1208,9455	0,4465	2,9564
<b>Adicionais x L</b>	3	7,5058	0,0010	9247,5796*	0,0271	2,0282
<b>(Fat. vs Adicionais) x L</b>	1	6,9983	0,0324	3488,4038	0,6134	2,0839
<b>Erro</b>	52	21,7129	0,0118	2275,8796	0,1895	1,2164
<b>CV %</b>	-	31,75	11,42	27,25	17,28	25,93

\* e \*\*: Significativo aos níveis de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

<sup>1</sup>Dados transformados em  $(x+0,5)^{0,5}$

Segundo Moreira e Siqueira (2006), o excesso de N-mineral no solo reduz a nodulação de plantas pela falta de estímulos relacionados à deficiência nutricional. Ferreira et al. (2009); Kaneko et al. (2010); Pelegrini et al. (2009); Silva et al. (2009); Soares et al. (2006) e Valadão et al. (2009) também verificaram que o N fornecido via adubação reduziu o estabelecimento das bactérias simbiotes e, conseqüentemente, o número e a produção de massa seca dos nódulos. Esses resultados comprovam a interferência negativa do N mineral, fornecido pela adubação, no estabelecimento e reprodução das bactérias fixadoras de N no sistema radicular do feijoeiro-comum.

No presente trabalho, houve pequena variação do NN e MSN (Tabela 4), evidenciando que os tratamentos não diferiram estatisticamente dos adicionais nitrogenados sobre a nodulação, mesmo adicionando 40 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura. Para Souza, Soratto e Pagani (2011) e Valadão et al. (2009) o N fornecido via adubação (60 a 350 kg ha<sup>-1</sup>) reduziu o estabelecimento das bactérias fixadoras de nitrogênio e, conseqüentemente, o número e a massa seca dos nódulos. Soares (2012), avaliando a inoculação e doses de nitrogênio na semeadura e em cobertura, verificou que altas doses de N fornecidas aos tratamentos na forma de ureia apresentaram redução da massa seca de nódulos, quando as doses de nitrogênio inicial foram superiores a 40 kg ha<sup>-1</sup>. Ferreira et al. (2009), em experimento de campo conduzido em Perdões, Minas Gerais, observaram efeito inibitório sobre a nodulação com aplicação de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Tabela 4 Valores médios de número (NN) e massa seca de nódulos (MSN), massa seca da parte aérea (MSPA) e teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio (ANPA) na parte aérea do feijoeiro. Lavras e Pitangui, MG – 2013

<b>Tratamentos</b>	<b>NN (unidade/10 plantas)</b>	<b>MSN ------(g)-----</b>	<b>MSPA</b>	<b>TNPA (%)</b>	<b>ANPA (g/10 plantas)</b>
<b>Locais</b>					
Lavras	496 A	0,86 A	195,03 A	2,2 B	4,27 A
Pitangui	80 B	0,09 B	152,29 B	3,0 A	4,52 A
<b>Doses de Mo (g ha<sup>-1</sup>)</b>					
0	288	0,49	180,85	2,3	4,15
40	273	0,40	161,06	2,5	3,97
80	268	0,48	178,75	2,7	4,76
120	292	0,46	177,50	2,7	4,63
160	317	0,55	170,14	2,7	4,46
<b>Inoculação</b>					
CIAT 899 <sup>†</sup>	253	0,42	169,68	2,6	4,30
UFLA 02-100	322	0,53	177,64	2,6	4,49
<b>N mineral Adicional (kg ha<sup>-1</sup>) (semeadura- cobertura)</b>					
0-0	352	0,59	167,65	2,4	4,02
0-20	242	0,37	171,16	2,0	3,58
20-0	311	0,40	149,78	2,3	3,40
40-40	200	0,29	226,16	2,7	4,63
<b>Adicionais</b>	276	0,41	178,69	2,4	3,91
<b>Fatorial</b>	288	0,47	173,66	2,6	4,39
<b>Média</b>	284	0,44	175,10	2,5	4,25

Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

O efeito local de cultivo foi significativo, e o experimento conduzido em Lavras apresentou maiores valores médios de NN e MSN (Tabela 4). Tal resultado pode ser devido, pelo menos parcialmente, às condições mais favoráveis à nodulação nesta localidade, que se apresentava com maior teor de matéria orgânica do solo. Outro motivo razoável para os menores valores de



nodulação em Pitangui pode ser devido a menor uniformidade de aplicação de água nas primeiras semanas, já que em Pitangui o sistema autopropelido de irrigação teve problemas operacionais, o que resultou na necessidade de se atender a demanda hídrica inicial das plantas por meio de um carro pipa.

Muitos trabalhos mostram efeito positivo da aplicação de molibdênio via foliar na nodulação do feijoeiro e de outras leguminosas (ALBUQUERQUE et al., 2012; ALVARENGA, 1995; LEITE et al., 2009; TOLEDO et al., 2010). A explicação para tal fato é devido à ação deste micronutriente na FBN, sendo parte das enzimas nitrogenase e redutase do nitrato, ambas participantes no metabolismo do nitrogênio (MALAVOLTA, 1980; MARSCHNER, 1995). A nitrogenase está relacionada à fixação do N atmosférico pelo rizóbio e a redutase do nitrato é crucial na redução do nitrato a nitrito, promovendo posterior assimilação de proteínas pelo feijoeiro (TAIZ; ZEIGER, 2006). Desse modo, ocorre aumento da nodulação pela maior atividade destas enzimas promovida pela aplicação de molibdênio (PESSOA et al., 2001).

A disponibilidade de molibdênio no solo aumenta cerca de cem vezes para o aumento de cada unidade de pH (LINDSAY, 1979). Por este motivo, em alguns solos, uma calagem bem feita pode ser suficiente para nutrir o feijoeiro com este micronutriente. Rodrigues, Andrade e Carvalho (1996), citando outros autores, afirmam que o pH é um dos principais fatores que afetam a disponibilidade de Mo no solo, pois, com o aumento do pH, há menor adsorção do micronutriente, aumentando sua disponibilidade e, conseqüentemente, aumentando as chances de não haver resposta a uma adubação molíbdica. No presente estudo, em Pitangui, possivelmente a ausência de resposta à aplicação de Mo ocorreu devido ao maior pH do solo (5.8), que elevou a disponibilidade do micronutriente, anulando o efeito de sua aplicação. De fato, alguns autores como Guareschi e Perin (2009); Valadão et al. (2009) e Vieira et al. (2000) afirmam que a aplicação de molibdênio não promoveu resposta alguma sobre as

características avaliadas devido ao alto valor de pH (5.8, 5.9 e 6.3, respectivamente). Alves et al. (2002) também não encontraram efeito algum na nodulação do feijão-caupi com a elevação das doses de molibdênio aplicadas 54 dias após a germinação das sementes, e relataram que tal resultado foi influenciado devido às reservas do micronutriente contidas no solo. Embora a hipótese do pH mais elevado pareça adequada, Rodrigues, Andrade e Carvalho (1996) ainda levantam, com registros bibliográficos, outros fatores que poderiam estar envolvidos na ausência de resposta: teor elevado de Mo no solo, menores teores de óxido de ferro e alumínio da fração argila como um todo, menor adsorção de Mo devido ao baixo teor de caulinita e maior teor de matéria orgânica no solo, sendo que mais de um destes fatores podem estar atuando em conjunto. Ainda, sementes com alto teor de Mo podem interferir negativamente na resposta das plantas à adubação com o micronutriente. Kubota et al. (2008) observaram uma redução na nodulação do feijoeiro oriundas de sementes com alto teor de Mo no estágio de enchimento das vagens, com menor massa e número de nódulos aos 45 DAE e menor número de nódulos aos 59 DAE nos cultivares Carioca e Manteigão. Brodrick, Sakala e Giller (1992) também observaram menor massa de nódulos em plantas de feijoeiro oriundas de sementes com alto teor de Mo. Vieira et al. (1998) relataram que a aplicação foliar de Mo aos 25 DAE reduziu o número de nódulos no mesmo cultivo, porém sem afetar a massa de nódulos.

Em geral, as respostas do feijoeiro à adubação nitrogenada têm sido bastante variáveis quanto à produção de matéria seca da parte aérea, sendo observados efeitos positivos (CARVALHO et al., 2001) ou sem efeitos significativos (FARINELLI et al., 2006; SORATTO; CARVALHO; ARF, 2006). A Tabela 3 revela que as doses de N influenciaram a MSPA, entretanto, como a interação Adicionais x Locais foi significativa, o efeito de local sobre a produção de matéria seca na parte aérea do feijoeiro mostrou-se dependente da

dose de N. Na Tabela 5, os resultados revelam que para cada tipo de adubação com N adicional, os locais não apresentaram variações significativas, exceto o tratamento 40-40 kg ha<sup>-1</sup>, quando se observou valores muito superiores de MSPA em Lavras, da ordem de 250% em relação à Pitangui. Em Lavras, maiores valores desta variável foram observados no tratamento 40-40 kg ha<sup>-1</sup>, em que se pôde evidenciar a importância da adubação de sementeira e cobertura para a produção de matéria seca foliar, da ordem de 164 a 193% em relação aos outros tratamentos, os quais não se distinguiram estatisticamente. Em Pitangui, os tratamentos com N adicional apresentaram resultados iguais, o que permite concluir que as estirpes nativas do solo obtiveram eficiência semelhante ao fornecimento de N adicional em termos de produção de MSPA.

Tabela 5 Massa seca de parte aérea do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola (MSPA, em g), em função de doses de N e locais. Lavras e Pitangui, MG – 2013

N mineral Adicional (kg ha <sup>-1</sup> ) (semeadura-cobertura)	Locais		Média
	Lavras	Pitangui	
0-0	176,97 Ba	158,33 Aa	167,65 AB
0-20	195,06 Ba	147,26 Aa	171,16 AB
20-0	165,26 Ba	134,30 Aa	149,78 B
40-40	320,00 Aa	132,32 Ab	226,16 A
<b>Média</b>	195,03 a	152,29 b	175,10

Dentro de cada fator, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

É interessante ressaltar que o nível crítico de nitrogênio foliar necessário no período do florescimento do feijoeiro é de 30 a 50 g kg<sup>-1</sup> por Ambrosano et al. (1996), porém os dados apresentados no presente experimento (Tabela 4) são referentes à parte aérea da planta, que normalmente apresenta valores um pouco inferiores aos teores foliares. Portanto, acredita-se que as exigências mínimas

das plantas em nitrogênio foram supridas em todos os tratamentos. Esses níveis de suficiência de N na parte aérea do feijoeiro são observados em solos com maior grau de fertilidade ou com populações de rizóbios nativos abundantes e de alta eficiência simbiótica (ALMEIDA et al., 2000; FARINELLI et al., 2006; SORATTO; CARVALHO; ARF, 2006). Por outro lado, em solos mais pobres em N e com baixas populações de rizóbios com eficiência simbiótica elevada, o efeito da aplicação de fertilizantes nitrogenados tem proporcionado teores foliares superiores aos verificados nas testemunhas, sem adubação nitrogenada (CARVALHO et al., 2001; MERCANTE; OTSUBO; LAMAS, 2006).

Arf et al. (2004) e Mercante, Otsubo e Lamas (2006) afirmaram que a resposta do TNPA é relacionada a diversos fatores como teor de N disponível no solo (proveniente da mineralização da matéria orgânica), temperatura, fixação simbiótica de N e cultivar utilizada, entre outros. A aplicação foliar de molibdênio eleva os teores de nitrogênio nas folhas dos feijoeiros, que se tornam bem mais verdes e, frequentemente, aumenta o tamanho dos grãos, o número de vagens por planta e, conseqüentemente, o rendimento de grãos (ALVARENGA, 1995; AMANE et al., 1994; ANDRADE et al., 1998). Existem fortes evidências de que esse efeito positivo esteja relacionado com a melhoria na eficiência da assimilação de nitrogênio, seja ele proveniente da atmosfera, via fixação simbiótica (em que o Mo é requerido no sistema enzimático da nitrogenase) ou oriundo da absorção radicular e posterior redução na planta, processo em que o Mo é requerido no sistema enzimático da redutase do nitrato (ANDRADE et al., 1998; VIEIRA, 1994). No presente estudo este efeito não foi observado, possivelmente devido ao elevado pH do solo de Pitangui, como já discutido anteriormente neste capítulo, ou ainda, pelo elevado teor de matéria orgânica do solo de Lavras (3,56 dag/kg), que pode ter reduzido a resposta da planta à aplicação com este nutriente.

Os efeitos de inoculantes rizobianos no feijoeiro são variáveis e divergentes. Considerando a espécie *Rhizobium tropici*, encontram-se resultados promissores (GUARESCHI; PERIN; ROCHA, 2009; PELEGRIN et al., 2009; ROMANINI JÚNIOR et al., 2007; SILVA et al., 2009; VALADÃO et al., 2009) e também a não interferência das estirpes inoculadas (AMANE et al., 1999; ANDRADE et al., 2001; VIEIRA et al., 2000). Oliveira e Sbardeloto (2011), ao avaliarem o efeito de *Rhizobium tropici* em seis cultivares de feijão, observaram desempenho satisfatório da espécie inoculada apenas em uma cultivar (Eldorado). É importante destacar que quando se introduz rizóbios, via inoculantes rizobianos, não se exclui a possibilidade das bactérias nativas do solo promoverem nodulação, exceto se a inoculação for efetuada em condições artificiais (solo esterilizado). Portanto, as estirpes de rizóbio do inoculante devem ser, além de eficientes na fixação do nitrogênio, também suficientemente competitivas, para que deste modo sejam capazes de superar as nativas, garantindo maior nodulação que estas.

A comparação do desempenho das duas estirpes revela ausência de significância para todas as características avaliadas na floração. Ainda assim, a estirpe CIAT 899 apresentou resultados inferiores aos da estirpe UFLA 02-100 referentes à nodulação (NN e MSN), crescimento de plantas (MSPA) e menores valores de ANPA. O desempenho insatisfatório da estirpe de referência pode ter ocorrido em virtude desta se sobressair em condições de solos ácidos. Hungria, Vargas e Araújo (1997) relatam que em pH de 4.8 cerca de 98% da população rizobiana é constituída de *Rhizobium tropici* e, quando eleva-se o pH para 5.5, este percentual cai para aproximadamente 80%. Streit, Kosch e Werner (1992) constataram resultado semelhante, sendo que a ocupação dos nódulos por *R. tropici* passou de 41%, em pH de 6,4, para 76%, em pH de 5,2. Estes autores observaram ainda que a competitividade de *R. etli* e *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* é menos influenciada pelas variações de pH. Os valores de pH do solo

de 5.6 (Lavras) e 5.8 (Pitangui) podem ter prejudicado a sobrevivência da estirpe CIAT 899, sendo mais recomendado a inoculação com a estirpe UFLA 02-100 (*R. etli*) nestas condições. Por outro lado, outros fatores relacionados à planta, ao ambiente, ao solo e aos rizóbios nativos ou à interação entre um ou mais destes, podem ter contribuído para reduzir a possibilidade de efeitos mais promissores do *R. tropici*, uma vez que a inoculação deste nas sementes de feijão já resultou em incrementos de NN, MSN, MSPA e na produtividade da cultivar Pérola, em condições de pH de 5.9 (PELEGRINI et al., 2009) e de 6.3 (GUARESCHI; PERIN; ROCHA, 2009) e da cultivar IAC Carioca em pH de 5.2 (ROMANINI JÚNIOR et al., 2007).

### **3.2 Características avaliadas por ocasião da maturação**

A análise de variância conjunta (Tabela 6) revelou efeito significativo de locais sobre estande final, acúmulo de nitrogênio nos grãos e rendimento de grãos. Os efeitos principais de doses de molibdênio e inoculação foram significativos, sendo o rendimento de grãos influenciado pelas doses de Mo, enquanto a inoculação influenciou o acúmulo de nitrogênio e o rendimento de grãos. Também foram significativas as interações D x I (ANG e REND), L x D (TNG), L x I (TNG e REND) e, ainda, o contraste Fatorial vs Adicional (REND). De acordo com o coeficiente de variação (CV%) demonstrado na Tabela 6, a precisão experimental foi boa, adequado às características, exceto para número de vagens por planta, estimada com menor precisão.

Tabela 6 Resumo da análise de variância conjunta com fontes de variação, número de graus de liberdade e quadrados médios dos dados referentes a estande final (EF), número de vagens por planta (VP) e de grãos por vagem (GV), peso de cem grãos (PCG), teor (TNG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG) e rendimento de grãos (REND) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola. Lavras e Pitangui, MG – 2013

<b>Fv</b>	<b>GL</b>	<b>EF</b>	<b>VP</b>	<b>GV</b>	<b>PCG</b>	<b>TNG</b>	<b>ANG</b>	<b>REND</b>
<b>Bloco (Locais)</b>	4	9939,5833	378,2416	4,0042*	71,9311	0,2562	853,5176**	348761,3431
<b>Locais (L)</b>	1	735939,3601*	3831,7063	0,0412	21,6957	0,0019	87316,2369*	78102784,3465*
<b>Tratamentos</b>	(13)	26978,6458	225,5660	3,3302	98,6844	0,1574	1241,2893*	789153,1938*
<b>Doses Mo (D)</b>	4	458,9583	68,9017	0,9873	3,6045	0,2118	723,3041	708469,8187**
<b>Inoculação (I)</b>	1	13350,4167	77,5434	0,0015	29,0232	0,2667	4410,1227*	1509713,4375*
<b>D x I</b>	4	6117,2917	52,7973	1,6608	19,6133	0,1308	1208,2089*	694489,3836**
<b>Adicionais</b>	3	4540,3646	26,2322	0,5192	39,6105	0,1078	125,3519	141631,0259
<b>Fat. vs Adic</b>	1	2511,6145	0,0914	0,1614	6,8329	0,3233	376,0556	2712548,1870*
<b>(L x Trat)</b>	(13)	11330,4315	184,4387	4,2996	46,1596	0,2981**	409,2797	318029,9006
<b>L x D</b>	4	2665,6250	68,6072	0,6035	1,0788	0,4533**	460,5712	81880,3734
<b>L x I</b>	1	1500,0000	1,4695	0,0147	1,9765	0,6000**	138,2594	1028774,6304*
<b>L x D x I</b>	4	2553,2917	85,7199	1,4897	13,4693	0,1308	330,6111	429738,4473
<b>Adicionais x L</b>	3	4544,5313	21,0535	2,1810	13,2549	0,3028	658,2930	308385,7404
<b>(Fat. vs Adic) x L</b>	1	66,9835	7,5886	0,0107	16,3801	0,0299	42,7684	133981,5663
<b>Erro</b>	52	50714,5833	1346,5200	29,7363	324,5891	0,1434	300,0922	199092,9115
<b>CV %</b>	-	16,67	30,21	17,09	9,70	11,33	24,93	21,46

\* e \*\*: Significativo aos níveis de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente pelo teste F

De acordo com Kaneko et al. (2010), o estabelecimento da população de plantas é estritamente dependente das reservas da semente, da barreira formada pela camada de solo que as cobre, da umidade do solo e da ausência de ataque de patógenos e pragas de solo nas primeiras fases de estabelecimento da cultura. Na Tabela 7, estão apresentados os resultados referentes à população final de plantas, nos quais não foram encontrados resultados significativos para os tratamentos testados, exceto pelo fator localidade, dados esses concordantes com os obtidos por Diniz et al. (1996) que não observaram efeito de doses de N na semeadura e da aplicação de Mo na população final de plantas. Também Fernandes et al. (2005) não encontraram efeito da aplicação de N e molibdênio sobre a população final de plantas da cultura.

Verifica-se que o valor médio do estande final em Lavras situa-se na faixa recomendada de população ideal do feijoeiro, de acordo com Dourado Neto e Fancelli (2000), que afirmam que o estande mínimo para plantas de feijão do tipo III é de 170 mil plantas por hectare. Porém, tal resultado não foi observado em Pitangui, que apresentou média de apenas 97 mil plantas por hectare, resultado cerca de 290% inferior ao valor médio do estande formado em Lavras. A provável razão para o menor número de plantas por hectare em Pitangui pode ser devido a menor uniformidade de aplicação de água nas primeiras semanas, uma vez que o sistema de irrigação apresentou erros operacionais, quando se necessitou suprir a demanda hídrica inicial das plantas por meio de um carro pipa, como já foi detalhado anteriormente neste capítulo.



Tabela 7 Valores médios de estande final (EF), número de vagens por planta (VP) e de grãos por vagem (GV), peso de cem grãos (PCG), teor (TNG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG) e rendimento de grãos (REND) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola. Lavras e Pitangui, MG – 2013

Tratamentos	EF (mil pls ha <sup>-1</sup> )	VP ----(ud)----	GV	PCG (g)	TNG (%)	ANG ---(kg ha <sup>-1</sup> )---	REND
<b>Locais</b>							
Lavras	285 A	10,3	4,4	26,72	3,4	105,43 A	3131 A
Pitangui	97 B	23,4	4,4	25,14	3,3	41,85 B	1253 B
<b>Doses de Mo (g ha<sup>-1</sup>)</b>							
0	191	18,1	4,5	26,11	3,1	70,40	2321
40	185	16,7	4,3	25,62	3,5	81,32	2377
80	191	17,0	4,6	26,11	3,4	82,63	2401
120	193	17,4	4,5	25,65	3,4	67,56	1985
160	192	14,9	4,2	26,17	3,4	66,30	1878
<b>Inoculação</b>							
CIAT 899 <sup>T</sup>	176	18,0	4,4	25,24	3,3	65,07 B	2034 B
UFLA 02-100	206	15,7	4,4	26,63	3,4	82,22 A	2351 A
<b>N mineral Adicional (kg ha<sup>-1</sup>) (semeadura-cobertura)</b>							
0-0	183	18,0	4,4	25,39	3,3	61,33	1777
0-20	195	15,6	4,4	24,54	3,2	63,20	2016
20-0	157	16,1	4,8	23,93	3,5	59,18	1709
40-40	181	17,8	4,4	27,33	3,3	52,71	1676
<b>Adicionais</b>	179	16,9	4,5	25,30	3,3	59,10	1795 B
<b>Fatorial</b>	191	16,8	4,4	25,93	3,4	73,64	2192 A
<b>Média</b>	187	16,8	4,4	25,75	3,3	69,49	2079

Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

O aumento do número de vagens por planta, com o acréscimo gradativo de doses de N aplicadas em cobertura, pode ocorrer como consequência da maior altura de plantas e da maior emissão de ramos reprodutivos (SILVA et al., 2009). Portes (1996) afirma que o incremento da adubação com N aumenta a produção de vagens, uma vez que mais flores são produzidas no período reprodutivo, fato observado em diversos trabalhos (ALBUQUERQUE et al., 2012; ARAÚJO et al., 2009; BISCARO et al., 2011; FIGUEIREDO, 2012;

SORATTO; CARVALHO; ARF, 2006), mas que não foram constatados no presente estudo.

Vale ressaltar a baixa precisão experimental da característica número de vagens por planta encontrada ( $CV=30,21\%$ ), a qual não foi significativa a 5% de probabilidade. Porém, é clara a diferença entre a produção de vagens nas duas localidades, sendo que Pitangui apresentou média duas vezes maior que Lavras. Tal fato pode ser explicado pelo efeito de compensação, denominado plasticidade do feijoeiro (NIENHUIS; SINGH, 1985), que permite que a planta produza mais vagens mediante um menor estande formado, pois um menor número de plantas conduz a melhor utilização dos recursos naturais, tais como água, luz e nutrientes. A plasticidade do feijoeiro pôde também ser observada no feijoeiro por Alves et al. (2009) e Vieira (2009). Assim, o estande final em Pitangui foi 290% menor que em Lavras, mas, em contrapartida, produziu cerca de 227% mais vagens por planta.

Alguns autores afirmam que o VP é o componente do rendimento que mais influencia na produtividade do feijoeiro (PESSOA et al., 2001; SOUZA et al., 2008; VIEIRA, 2009). Damato Neto (2010) observou que o aumento do número de vagens por planta advindo da aplicação de doses crescentes de Mo foi responsável pelo incremento da produtividade, quando a máxima atingida foi de  $2.097 \text{ kg ha}^{-1}$  na dose de  $311 \text{ g ha}^{-1}$ . Pessoa (1998) observou que os componentes de produção, o número de vagens por planta, o número de grãos por vagem e o peso de cem grãos apresentaram resposta quadrática à adubação com molibdênio, atingindo o máximo com a dose de  $80 \text{ g ha}^{-1}$ , e a característica que apresentou maior influência na produtividade foi o número de vagens por planta. Neste estudo, o VP não foi preponderante para se definir a produtividade, uma vez que o baixo estande obtido em Pitangui, mesmo considerando a plasticidade do feijoeiro, influenciou em uma menor produtividade em relação a Lavras.

Segundo alguns autores, doses crescentes de molibdênio são responsáveis pelo aumento do número de vagens por planta (ALBUQUERQUE et al., 2012; FERREIRA et al., 2003; LEITE et al., 2007; PIRES et al., 2004; ROCHA et al., 2011; SOUZA; SORATTO; PAGANI, 2011). Ao contrário, neste presente estudo, não se observou efeito das doses de molibdênio sobre essa variável (Tabela 7). Damato Neto (2010) verificou aumento linear do número de vagens por planta quando se aplicou doses crescentes de Mo via foliar juntamente com herbicida dessecante (glyphosate) até certo ponto (dose de Mo aplicado com o dessecante até  $113,36 \text{ g ha}^{-1}$ ), que depois se tornou constante (dose de molibdênio aplicado com o dessecante maior ou igual a  $113,36 \text{ g ha}^{-1}$ ). Figueiredo (2012) também não obteve aumento no número de vagens por planta da cultivar BRS MG Madrepérola com o incremento das doses de Mo (0 e  $80 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Biscaro et al. (2011) obteve o mesmo resultado sobre o efeito isolado do Mo, no entanto, este efeito mostrou-se dependente das doses de N. Tal explicação consiste em que, na medida em que houve aumento da dose de Mo, houve um aumento do índice relativo de clorofila, proporcionando maior eficiência de utilização do N e, conseqüentemente, maior produção de vagens.

Alguns autores afirmam que a adubação nitrogenada ou molíbdica possui efeito positivo sobre o número de grãos por vagem (ALBUQUERQUE et al., 2012; ALVARENGA, 1995; ANDRADE et al., 2001; ARAÚJO; TEIXEIRA; ALMEIDA, 2000; ROCHA et al., 2011; SOUZA; SORATTO; PAGANI, 2011). Quanto aos resultados obtidos na avaliação do número de grãos por vagem, observa-se (Tabela 7) que não houve efeito para os tratamentos utilizados, provavelmente por ser uma característica mais relacionada com o cultivar utilizado, sofrendo pouca influência do ambiente e das práticas culturais utilizadas na cultura, ou seja, por ser uma característica relacionada à herdabilidade genética (ANDRADE et al., 1998).

Com relação ao peso de 100 grãos, os resultados revelam pouca variação dos tratamentos, e não se verificou qualquer tendência sobre os efeitos principais de inoculação, doses de nitrogênio e doses de molibdênio (Tabela 7), dados concordantes com os resultados obtidos por Nascimento e Arf (2003), que não observaram resposta a doses e épocas de aplicação de molibdênio. Resultados semelhantes foram observados por Bassan et al. (2001) e Soratto et al. (2000). Porém, Andrade et al. (1998) observaram aumento no número de vagens por planta e no peso de 100 grãos, com a aplicação do Mo via foliar no feijoeiro. Pires et al. (2004), aplicando 80 g ha<sup>-1</sup> de Mo, observaram um incremento de 9,15% no peso de 100 grãos. Amane (1997) observou que o Mo aumentou significativamente esta característica e este mesmo autor, em outro estudo, verificou aumento do peso de 100 grãos em cinco cultivares quando se aplicou N no sulco de semeadura e Mo foliar. Farinelli et al. (2006); Pelegrini et al. (2009) e Soratto et al. (2005) detectaram efeito linear de aumento do peso de cem grãos, em relação às doses de N aplicadas.

O enchimento de grãos é conhecido como período de intensa translocação de N das folhas para as partes reprodutivas, sendo o TNG um bom indicativo do status nutricional da planta durante o período de maturação, além de servir como indicativo da eficiência da FBN nas leguminosas.

De acordo com a Tabela 8, os tratamentos que não foram adubados com Mo apresentaram menor média de TNG, independente da localidade.

Tabela 8 Teor de nitrogênio no grão (TNG, em %), em função de doses foliares de molibdênio e locais. Lavras e Pitangui, MG – 2013

Doses de Mo (g ha <sup>-1</sup> )	Locais		Média
	Lavras	Pitangui	
0	2,9 b	3,4 a	3,2
40	3,4 a	3,5 a	3,5
80	3,6 a	3,2 b	3,4
120	3,4 a	3,4 a	3,4
160	3,6 a	3,3 b	3,5
<b>Média</b>	3,4	3,3	3,3

Médias seguidas pela mesma letra na linha pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Os tratamentos em Lavras que receberam 80 e 160 g ha<sup>-1</sup> de Mo promoveram maiores valores de TNG em relação a Pitangui, enquanto os tratamentos referentes às demais doses foram idênticas nas duas localidades, excetuando aqueles que não receberam aplicação do micronutriente que, em Lavras, a média foi inferior. Tal fato pode ser explicado pela maior capacidade dos rizóbios nativos do solo de Pitangui em fornecer nitrogênio para as plantas, na ausência de Mo, revelando maior eficiência na simbiose.

Como a função do Mo nas plantas está relacionado à nutrição nitrogenada, via nitrogenase (enzima envolvida na FBN) e/ou via nitrato redutase (envolvida na absorção de N pelas raízes), possivelmente o Mo aplicado às folhas tenha promovido o incremento dos teores de N foliar, seja por uma ou ambas as vias (ANDRADE et al., 2001; BISCARO et al., 2009; 2011; ROCHA et al., 2011). A Figura 5 revela uma resposta quadrática do TNG em função de doses de Mo na cidade de Lavras, na qual o teor máximo atingido (3,6%) foi referente à dose de 110 g ha<sup>-1</sup> de Mo. A partir desta dose, os valores de TNG decresceram, possivelmente pelo efeito fitotóxico provocado pelo micronutriente. Assim, a aplicação de Mo resultou em ganhos de até 24% sobre o TNG, quando se utilizou a dose limite de 110 g ha<sup>-1</sup> de Mo.

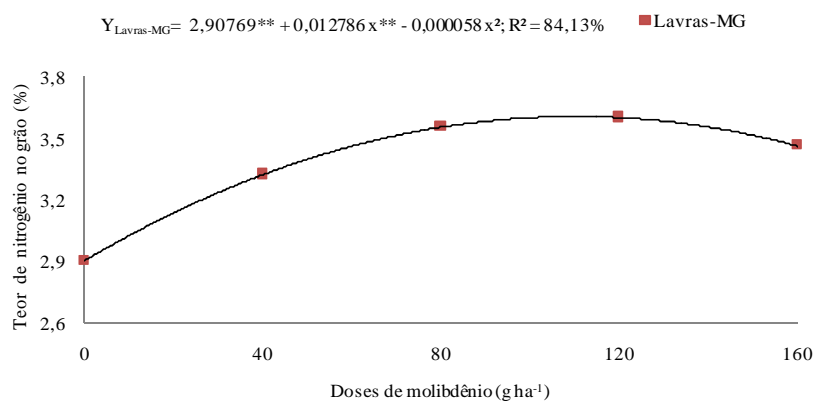


Figura 5 Teor de nitrogênio no grão do feijoeiro-comum BRSMG Madrepérola (em %) em função de local e doses de molibdênio. Lavras, MG – 2013

A literatura relata muitos casos em que a aplicação de Mo incrementou os teores de N nos grãos. Rocha (2008) estudando a cultivar Ouro Vermelho na época da seca e de inverno, e sob o sistema de plantio direto e convencional, obteve acréscimos do TNG quando aplicou Mo via foliar. Este autor verificou que as doses estimadas no plantio direto que proporcionaram os maiores valores de TNG foram de 96 e 209 g ha<sup>-1</sup> de Mo na época seca e inverno, respectivamente. Já para o sistema convencional, as doses estimadas foram de 215 e 203 g ha<sup>-1</sup> de Mo na época seca e inverno, respectivamente. Gelain et al. (2011), trabalhando com a cultura da soja, obtiveram acréscimo de 18% do TNG quando se aplicou 50 g ha<sup>-1</sup> de Mo nas sementes.

A aplicação de molibdênio via foliar no feijoeiro tem se mostrado mais eficiente que realizada via solo ou sementes (ANDRADE et al., 2001; ARAÚJO et al., 2009; ASCOLI, SORATTO, MARUYAMA, 2008; BISCARO et al., 2011; ROCHA et al., 2011) e, geralmente, a falta de resposta ao micronutriente está relacionada a valores elevados de pH, uma vez que em solos corrigidos há maior disponibilidade de Mo, fazendo com que o feijoeiro não responda à sua

aplicação. Exatamente por isso, alguns autores como Damato Neto (2010) não têm encontrado resposta do Mo via foliar sobre o TNG. No presente estudo, os solos de Lavras e Pitangui estavam com pH em água nos valores de 5,6 e 5,8, respectivamente, e estes valores de pH podem ter reduzido a resposta positiva ao Mo (Tabela 1).

A Tabela 9 mostra o efeito da interação local\*inoculação que foi significativo sobre o TNG e revelou que, dentro de um mesmo local, o desempenho das estirpes foi estatisticamente semelhante, tanto em Lavras quanto em Pitangui. Houve dependência do efeito local sobre a performance das estirpes em fornecer N para os grãos, tanto que a estirpe UFLA 02-100 proporcionou maiores valores de TNG em Lavras, enquanto a estirpe CIAT 899 foi superior em fornecer N para os grãos de feijão em Pitangui.

Tabela 9 Teor de nitrogênio no grão (TNG, em %), em função de locais e inoculação com rizóbio. Lavras e Pitangui, MG – 2013

Inoculação	Locais		Média
	Lavras	Pitangui	
CIAT 899 <sup>T</sup>	3,2 Ab	3,4 Aa	3,3
UFLA 02-100	3,5 Aa	3,3 Ab	3,4
<b>Média</b>	3,4	3,3	3,3

Dentro de cada fator, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

No presente estudo, não houve influência de doses de N sobre o TNG, mas a literatura apresenta muitos resultados em que a adubação nitrogenada promoveu incrementos deste nutriente nos grãos do feijoeiro. Farinelli et al. (2006) obtiveram significância nos teores de N nos grãos com aumento linear em relação às doses de N aplicadas. Soratto et al. (2005) observaram que a

aplicação de N em cobertura, nos estádios V<sub>4</sub> e início do R<sub>7</sub>, proporcionou aumento no teor de proteína nos grãos do feijoeiro.

O ANG é um bom indicativo do status nutricional da planta durante o período de maturação, além de servir como indicativo da eficiência da FBN nas leguminosas, mas é estritamente dependente do rendimento de grãos. Dobereiner (1966) observou que a quantidade total de N acumulado na parte aérea e nos grãos está correlacionada com a quantidade de tecido formado nos nódulos, e o seu logaritmo aumenta linearmente com aumento no peso dos nódulos, indicando que esse parâmetro é um bom indicador da eficiência da FBN.

Desdobrando-se a interação doses de Mo\*inoculação (Tabela 10), em relação ao acúmulo de N nos grãos, nota-se que a inoculação com a estirpe UFLA 02-100 obteve os maiores resultados com as doses de 40 e 160 g ha<sup>-1</sup> de Mo em relação à estirpe CIAT 899, e resultados semelhantes a este nos tratamentos que receberam os demais tipos de doses do micronutriente.

Tabela 10 Acúmulo de nitrogênio no grão (ANG, em kg ha<sup>-1</sup>), em função de doses foliares de molibdênio e de inoculação com rizóbio. Lavras e Pitangui, MG – 2013

Doses de Mo (g ha <sup>-1</sup> )	Estirpes		Média
	CIAT 899 <sup>1</sup>	UFLA 02-100	
0	60,19 b	80,60 a	70,40
40	61,88 b	100,77 a	81,32
80	82,56 a	82,70 a	82,63
120	64,10 a	71,03 a	67,56
160	49,69 b	82,92 a	66,30
<b>Média</b>	65,07 b	82,22 a	69,49

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

A análise de regressão (Figura 6) apresenta o comportamento das estirpes relativo ao ANG em função de doses de Mo. A estirpe CIAT 899 apresentou resposta quadrática à aplicação foliar de doses de molibdênio,



estimando-se que um valor máximo de 76,3 kg.ha<sup>-1</sup> de ANG pode ser previsto com aplicação da dose de 75,7 g.ha<sup>-1</sup> de Mo. A partir dessa dose, o acréscimo do micronutriente nas aplicações reduziu os valores desta característica, provavelmente pelo efeito tóxico do Mo às bactérias. Já a estirpe UFLA 02-100 forneceu máximo valor de ANG em torno de 101 kg ha<sup>-1</sup> na dose de 35 g ha<sup>-1</sup> de Mo, cerca de 25% maior que o valor de ANG promovido pela estirpe CIAT 899 nesta mesma dose, tornando evidente a maior eficiência da estirpe UFLA 02-100 em promover acúmulos superiores com a aplicação de doses reduzidas de Mo. Já a aplicação de doses de molibdênio superiores a 35 g ha<sup>-1</sup> promoveu redução do ANG até a dose de 120 g ha<sup>-1</sup> quando, a partir daí, o acréscimo de doses de Mo provocou aumento dos valores desta característica. Vale ressaltar que tal efeito paradoxal pode ser explicado pela baixa precisão experimental encontrada para esta característica (CV%= 24,93%) (Tabela 6) que pode ter interferido nos resultados.

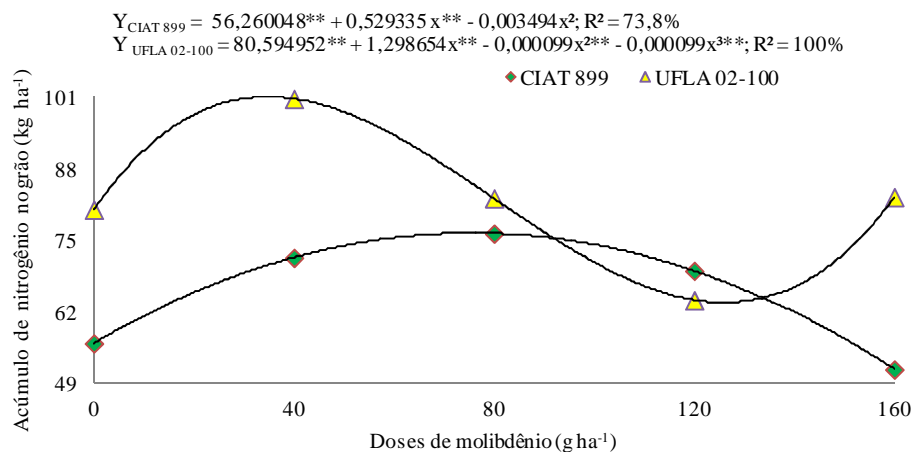


Figura 6 Acúmulo de nitrogênio no grão do feijoeiro-comum BRSMG Madrepérola (em g ha<sup>-1</sup>) em função de inoculação com rizóbio e doses de molibdênio. Lavras e Pitangui, MG – 2013

A análise do desdobramento da interação entre doses de N e os locais de execução do ensaio (Tabela 11), permite observar que houve diferença no acúmulo de N nos grãos entre os dois locais, analisando cada dose de N isoladamente. Portanto, observou-se superioridade em todos os tratamentos de Lavras, que foram superiores a Pitangui na ordem de 238 a 739%. É bem provável que a discrepância entre os valores pode ser reflexo da menor uniformidade de aplicação de água nas primeiras semanas no ensaio em Pitangui, uma vez que o sistema autopropelido de irrigação teve problemas operacionais, como já discutido anteriormente. Ainda, analisando o efeito de doses de N em cada local, verificaram-se resultados semelhantes entre todos os tratamentos, que permaneceram em um mesmo grupo, ou seja, tanto a ausência de adubação adicional com N quanto a aplicação de 80 kg ha<sup>-1</sup> (semeadura e cobertura) proporcionam ANG estatisticamente semelhantes. Ferreira et al. (2009), utilizando a cultivar Talismã, analisando cinco cepas de rizóbio mais dois controles não inoculados, um com N-mineral (80 kg ha<sup>-1</sup> de N) e outra sem N-mineral, não verificaram diferenças significativas no ANG dos tratamentos controle.

Tabela 11 Acúmulo de nitrogênio no grão (ANG, em kg ha<sup>-1</sup>), em função de doses de N e de locais. Lavras e Pitangui, MG – 2013

N mineral Adicional (kg ha <sup>-1</sup> ) (semeadura-cobertura)	Locais		Média
	Lavras	Pitangui	
0-0	108,04 Aa	14,61 Ab	61,33
0-20	97,15 Aa	29,25 Ab	63,20
20-0	90,73 Aa	27,60 Ab	59,18
40-40	73,93 Aa	31,48 Ab	52,71
<b>Média</b>	92,47 a	25,73 b	59,10

Dentro de cada fator, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

O ANG está em função do rendimento e do teor de N nos grãos. Neste caso, devido à semelhança dos grupos dos tratamentos encontrados através do teste de Tukey (Tabela 7), o acúmulo de N parece estar mais relacionado ao rendimento de grãos, pois houve efeito positivo de seus valores com os resultados de rendimento de grãos, enquanto os valores de TNG não acompanharam esta tendência. Já Amane (1997) encontrou correlação positiva entre os teores de N nas folhas e a produção do feijoeiro nas localidades de Viçosa ( $r = 0,99$ ), de Ponte Nova ( $r = 0,97$ ) e de Ervália ( $r = 0,98$ ), todas na Zona da Mata de Minas Gerais, o que evidencia a importância do manejo da adubação foliar com molibdênio para incrementar a produção do feijoeiro cultivado nesses solos extremamente pobres nesse nutriente.

Vale ressaltar que os valores de rendimento de grãos encontrados neste trabalho foram maiores do que a produtividade média do Brasil que, atualmente, é de  $1.030 \text{ kg ha}^{-1}$  em 2012/13 (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2013), assim como em diversos trabalhos encontrados na literatura (FERREIRA et al., 2000; LEMOS et al., 2003; NASCIMENTO; ARF; SILVA, 2004; SANTINI et al., 2006). De acordo com a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (RIBEIRO et al., 1999), há quatro níveis tecnológicos básicos para a cultura do feijão no Estado, sendo dois deles considerados níveis de alta tecnologia - NT<sub>3</sub> (1800 a 2500  $\text{kg ha}^{-1}$ ) e NT<sub>4</sub> (acima de 2.500  $\text{kg ha}^{-1}$ ). No presente estudo, o valor médio do rendimento de grãos em Pitangui (1.253  $\text{kg ha}^{-1}$ ) indica produtividade inferior à esperada com emprego de nível tecnológico equivalente ao NT<sub>3</sub>. No entanto, este valor foi ligeiramente superior à produtividade média da cultura no país. Uma das possíveis causas da baixa produtividade do experimento pode ser pela menor densidade de plantas obtida, conforme já mencionado. Soares et al. (2006) também obtiveram produtividades inferiores em seu estudo com a cultivar Talismã (422 a 1.041  $\text{kg ha}^{-1}$ ), com tratamentos envolvendo inoculação e

adubação de cobertura com N. Por outro lado, o valor médio de rendimento de grãos alcançado no experimento em Lavras, mesmo não sendo irrigado, apresentou valores de produtividade característicos do NT<sub>4</sub>, quando se atingiu a marca de 3.131 kg ha<sup>-1</sup>, cerca de 250% superior ao valor médio obtido em Pitangui.

Em diversos trabalhos, constata-se elevação na produção de grãos de feijão com o fornecimento de Mo, seja em aplicação no solo, seja nas sementes (FULLIN et al., 1999; VIEIRA; NOGUEIRA; ARAÚJO, 1992), como também em aplicação via foliar (JESUS JÚNIOR et al., 2004; PESSOA et al., 2000). Conforme a literatura, a dose de Mo via foliar que proporciona a maior produtividade de feijão está entre 80 e 90 g ha<sup>-1</sup> (BERGER; VIEIRA; ARAÚJO, 1996; PESSOA et al., 2000).

O rendimento de grãos foi influenciado significativamente pelo efeito principal de molibdênio, sendo este fator modificado pela inoculação através da interação D x I (Tabela 6). A estirpe UFLA 02-100 se sobressaiu ante a CIAT 899 quando se aplicou os tratamentos com as doses de 40 e 160 g ha<sup>-1</sup> de Mo, que permaneceram no mesmo grupo (Tabela 12). As demais doses (0, 80 e 120 g ha<sup>-1</sup> de Mo) proporcionaram rendimentos estatisticamente semelhantes para ambas as estirpes, que não distinguiram entre si. É interessante observar o comportamento semelhante destes resultados com os da Tabela 10, onde se apresenta o desdobramento da interação D x I para ANG, reforçando a ideia de que o acúmulo de N está mais relacionado ao rendimento de grãos do que ao TNG, pois houve efeito positivo de seus valores com os resultados de rendimento de grãos, enquanto os valores de TNG não acompanharam esta tendência.

Tabela 12 Rendimento de grãos (REND, em kg ha<sup>-1</sup>) do feijoeiro-comum BRSMG Madrepérola, em função doses foliares de molibdênio e de inoculação com rizóbio

Doses de Mo (g ha <sup>-1</sup> )	Estirpes		Média
	CIAT 899 <sup>1</sup>	UFLA 02-100	
0	2219 a	2422 a	2321
40	1956 b	2799 a	2377
80	2446 a	2357 a	2401
120	2071 a	1899 a	1985
160	1478 b	2278 a	1878
<b>Média</b>	2034 b	2351 a	2079

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

A análise de regressão da Figura 7 nos mostra uma resposta quadrática da estirpe CIAT 899 para os resultados de REND em função de doses de molibdênio, enquanto a análise sobre a estirpe UFLA 02-100 refletiu em uma resposta linear. A dose ótima de Mo para se atingir o máximo em produtividade está em torno de 55 g ha<sup>-1</sup> de Mo quando se alcançou um rendimento de grãos previsto de 2294 kg ha<sup>-1</sup> pela estirpe CIAT 899. A partir desta dose, houve redução do rendimento de grãos em até 53%, quando se aplicou 160 g ha<sup>-1</sup> de Mo. Já a estirpe UFLA 02-100 se mostrou mais sensível ao Mo, mesmo em quantidades mínimas, respondendo de forma negativa ao acréscimo de doses do micronutriente. No entanto, em geral, a estirpe UFLA 02-100 proporcionou maior produção que a CIAT 899.

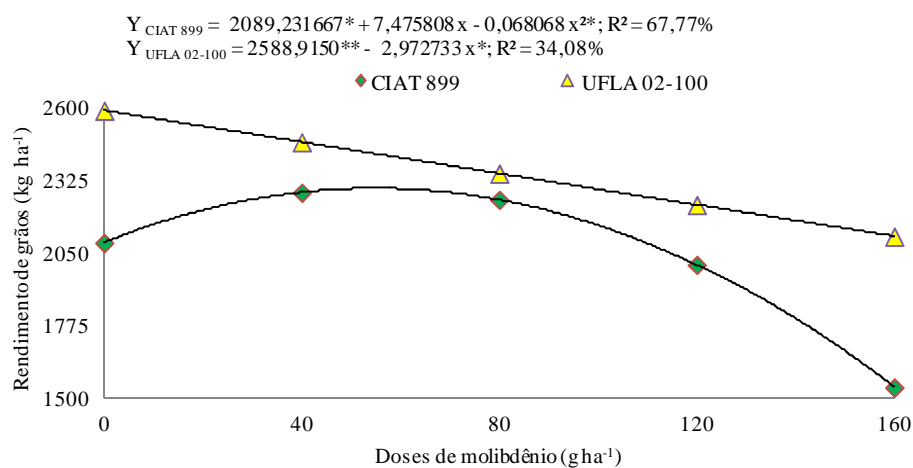


Figura 7 Rendimento de grãos do feijoeiro-comum BRSMG Madrepérola (em kg ha<sup>-1</sup>), em função doses foliares de molibdênio e inoculação com rizóbio. Lavras e Pitangui, MG – 2013

O rendimento de grãos foi significativo quando se aplicou doses crescentes de Mo, mas não houve qualquer tendência para os efeitos isolados de doses de N (Tabela 6). Contradizendo estes resultados, Araújo et al. (2002) realizaram um experimento no verão e outro no inverno, visando avaliar o efeito de diferentes doses de molibdênio e nitrogênio na semeadura e em cobertura sobre o cv. Meia Noite, e encontraram efeito significativo das doses de Mo, N na semeadura e em cobertura e das interações doses de N na semeadura\*doses de N em cobertura. Observaram maior produtividade com a aplicação de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura mais 79 g ha<sup>-1</sup> de Mo via foliar.

A produtividade de grãos do feijoeiro foi alterada pelo efeito principal da inoculação, sendo este fator modificado pelo local, por meio da interação L x I (Tabela 6). Araújo et al. (2007) e Romanini Júnior et al. (2007) também verificaram diferentes respostas, quando observaram que a inoculação de

sementes de feijoeiro com rizóbio contribuiu significativamente para o aumento na produtividade. Em contrapartida, Binotti (2009); Kaneko et al. (2010) e Silva et al. (2009) não verificaram efeito da inoculação de rizóbio nas sementes na produtividade do feijoeiro.

A Tabela 13 revela o desdobramento da interação local\*inoculação em relação ao rendimento de grãos, e reforça a superioridade dos resultados obtidos em Lavras em relação a Pitangui, para ambas as estirpes. Em Pitangui, a estirpe UFLA 02-100 obteve os melhores resultados, proporcionando média 163% superior da estirpe contrastante. Em Lavras, entretanto, as estirpes proporcionaram resultados que não diferiram estatisticamente entre si.

Tabela 13 Rendimento de grãos (REND, em kg ha<sup>-1</sup>) do feijoeiro-comum BRSMG Madrepérola, em função de locais e inoculação com rizóbio. Lavras e Pitangui, MG – 2013

Inoculação	Locais		Média
	Lavras	Pitangui	
CIAT 899 <sup>T</sup>	3104 Aa	963 Bb	2034 B
UFLA 02-100	3159 Aa	1543 Ab	2351 A
<b>Média</b>	3131 a	1253 b	2079

Dentro de cada fator, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

De uma maneira geral, os valores de rendimento de grãos promovidos pela estirpe UFLA 02-100 neste estudo foram superiores aos da estirpe de referência (Tabela 13). Já os resultados de Rufini et al. (2011) se assemelham aos obtidos por Soares et al. (2006) em Perdões - MG, pois a produtividade obtida foi semelhante à da estirpe referência CIAT 899 e à da testemunha que recebeu N mineral, assim como no trabalho de Ferreira et al. (2009), em Lavras - MG, onde a estirpe UFLA 02-100 foi equivalente em rendimento de grãos à CIAT 899 e à testemunha sem N mineral.

O efeito isolado de doses de N não influenciou a produtividade de grãos (Tabela 6), resultados estes que discordam dos obtidos por Arf et al. (1999) e Ferreira et al. (2003). De modo geral, as respostas do rendimento de grãos à adubação nitrogenada têm sido bastante variáveis. Nos estudos de Soratto et al. (2005), realizados na região leste de Mato Grosso do Sul, foi verificada resposta quadrática para a produtividade de grãos, com a dose estimada para a máxima produtividade superior a  $140 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. No Estado de São Paulo, Farinelli et al. (2006) avaliaram a aplicação de diversas doses de N em cobertura na cultura do feijoeiro, manejado em plantio direto e plantio convencional, e também verificaram ajuste quadrático para a produtividade no primeiro ano, sendo o rendimento de grãos mais elevado alcançado com a aplicação de  $78 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. No segundo ano, obtiveram resposta linear no sistema plantio direto e quadrática para o sistema convencional, sendo a produtividade máxima alcançada com a aplicação de  $185 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. Em um ensaio de Mercante, Otsubo e Lamas (2006), realizado em Mato Grosso do Sul, a produtividade máxima de grãos do feijoeiro foi alcançada com aplicação de  $140 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, para três das quatro cultivares avaliadas. Essa variabilidade nas respostas de produtividade às doses de N, nos diferentes locais, tem sido verificada especialmente em função dos níveis de fertilidade do solo e outras técnicas empregadas nos sistemas produtivos, destacando-se o uso de sistemas de irrigação.

Segundo Andrade et al. (1998), a aplicação de doses de N na ausência de Mo pode não resultar em altas produções, provavelmente pelo acúmulo de nitrato na planta, resultado da nitrificação do amônio e síntese insuficiente de redutase do nitrato, por falta de Mo. Porém, neste estudo, a produtividade média dos tratamentos que receberam N adicional foi de  $1.795 \text{ kg ha}^{-1}$ , desempenho considerado satisfatório na safra das águas.

Os resultados apresentados neste estudo mostram que o feijoeiro tem potencial para aumentar a eficiência da fixação biológica de nitrogênio.



Contudo, há de se mencionar as mais variadas interferências neste processo, que envolvem fatores relacionados à planta, à bactéria e ao ambiente edáfico. Portanto, em apenas um trabalho é impossível esgotar as possibilidades e concluir categoricamente por um tratamento específico para o feijoeiro. Entretanto, fica confirmada a influência da presença do molibdênio, da inoculação e da adubação nitrogenada, anteriormente apresentada por outros autores (ALBUQUERQUE et al., 2012; FERREIRA et al., 2003; KUSDRA, 2002; LEITE et al., 2007; PIRES et al., 2004; ROCHA et al., 2011; SOUZA; SORATTO; PAGANI, 2011).

#### 4 CONCLUSÕES

Em Lavras, é maior a nodulação, o estande final e o acúmulo de nitrogênio nos grãos.

A dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N (40 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura e 40 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura) proporciona maior crescimento do feijoeiro em Lavras. Em Pitangui, as doses de N não influenciam na produção de matéria seca da parte aérea.

Os tratamentos sem inoculação propiciam valores de NN e MSPA equivalentes aos dos tratamentos inoculados, indicando boa eficiência das populações nativas de rizóbio.

Em Lavras, o fornecimento de doses crescentes de molibdênio resulta em ganhos significativos do teor de nitrogênio nos grãos até a dose de 110 g ha<sup>-1</sup> Mo.

A inoculação com a estirpe UFLA 02-100 proporciona maior rendimento de grãos de feijão em Pitangui e, em Lavras, não difere da estirpe de referência CIAT 899.

O rendimento de grãos do feijoeiro se eleva com o aumento das doses de Mo até 63 g ha<sup>-1</sup> Mo quando se utiliza a estirpe CIAT 899. A adubação molíbdica proporciona redução da produtividade quando se inocula as sementes de feijão com a estirpe UFLA 02-100, mesmo com a aplicação de doses mínimas.

Nas condições do estudo, a adubação nitrogenada de até 80 (40 + 40) kg ha<sup>-1</sup> de N não interfere no rendimento de grãos do feijoeiro.

## REFERÊNCIAS

ABREU, A. de F. B. et al. **BRSMG Madrepérola: cultivar de feijão tipo carioca com escurecimento tardio dos grãos**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 2011, 4 p. (Comunicado técnico).

ALBUQUERQUE, H. C. et al. Capacidade nodulatória e características agronômicas de feijoeiros comuns submetidos à adubação molíbdica parcelada e nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 2, p. 214-221, abr./jun. 2012.

ALMEIDA, C. et al. Ureia em cobertura e via foliar em feijoeiro. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 2, p. 293-298, 2000.

ALVARENGA, P. E. **Resposta do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) às adubações nitrogenada e molíbdica e à inoculação com *Rhizobium leguminosarum* bv. *Phaeoli***. 1995. 67 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 1995.

ALVES, J. M. et al. Aplicação foliar de molibdênio em caupi (*Vigna unguiculata* (L.)). **Revista Universidade Rural: Série Ciências da Vida**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 2, p. 193-197, 2002.

ALVES, A. F. et al. Densidades populacionais para cultivares alternativas de feijoeiro no norte de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 33, n. 6, p. 1495-1502, 2009.

AMANE, M. I. V. **Adubação nitrogenada e molíbdica da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na Zona da Mata de Minas Gerais: efeitos de doses, calagem e rizóbio**. 1997. 83 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1997.

AMANE, M. I. V. et al. Adubação nitrogenada e molíbdica da cultura do feijão na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, n. 4, p. 643-650, 1999.

AMANE, M. I. V. et al. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) às adubações nitrogenada e molíbdica. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 41, n. 234, p. 202-216, mar./abr. 1994.

AMBROSANO, E. J. et al. Feijão. In: RAIJ, B. van et al. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1996. p. 194-195. (Boletim técnico, 100).

ANDRADE, M. J. B. et al. Influência do nitrogênio, rizóbio e molibdênio sobre o crescimento, nodulação radicular e teores de nutrientes no feijoeiro. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 45, n. 257, p. 65-79, 1998.

ANDRADE, M. J. B. et al. Resposta do feijoeiro às adubações nitrogenada e molíbdica e à inoculação com *Rhizobium tropici*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 25, n. 4, p. 934-940, jul./ago. 2001.

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

ARAÚJO, F. F. et al. Fixação biológica de N<sub>2</sub> no feijoeiro submetido a dosagens de inoculante e tratamento químico na semente comparado à adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 4, p. 535-540, 2007.

ARAÚJO, P. R. de A. et al. Combinações de doses de molibdênio e nitrogênio na adubação da cultura do feijoeiro-comum. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 2, p. 227-234, 2009.

ARAÚJO, P. R. A. et al. Combinações de doses de nitrogênio e molibdênio na adubação da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*). In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., Viçosa, MG. **Resumos expandidos...** Viçosa, MG: Ed. da UFV, 2002. p. 785-788.

ARF, O. et al. Efeito da rotação de culturas, adubação verde e nitrogenada sobre o rendimento do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 11, p. 2029-2036, nov. 1999.

ARF, O. et al. Manejo do solo, água e nitrogênio no cultivo de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 2, p. 131-138, fev. 2004.

ASCOLI, A. A.; SORATTO, R. P.; MARUYAMA, W. I. Aplicação foliar de molibdênio, produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro irrigado. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 377-384, 2008.

BARBOSA, F. R.; GONZAGA, A. C. O. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira: 2012-2014**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. 247 p. (Documentos, 272).

BASSAN, D. A. Z. et al. Inoculação de sementes e aplicação de nitrogênio e molibdênio na cultura do feijão de inverno: produção e qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 23, n. 1, p. 76-83, 2001.

BERGER, P. G.; VIEIRA, C.; ARAÚJO, G. A. de A. Efeitos de doses e épocas de aplicação do molibdênio sobre a cultura do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 31, n. 7, p. 473-480, jul. 1996.

BINOTTI, F. F. S. **Manejo do nitrogênio no feijoeiro de inverno em sucessão a milho e *Brachiaria* em sistema de plantio direto**. 2009. 178 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Sistemas de Produção)–Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2009.

BISCARO, G. A. et al. Molibdênio via semente e nitrogênio em cobertura no feijoeiro irrigado em solo de cerrado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 33, n. 5, p. 1280-1287, set./out. 2009.

BISCARO, G. A. et al. Nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar no feijoeiro irrigado cultivado em solo de Cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 4, p. 665-670, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 30, de 12 de nov. 2010. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, 17 nov. 2010. Disponível em: <[http://www.fiscolex.com.br/doc\\_13261309\\_INSTRUCAO\\_NORMATIVA\\_N\\_30\\_DE\\_12\\_DE\\_NOVEMBRO\\_DE\\_2010.aspx](http://www.fiscolex.com.br/doc_13261309_INSTRUCAO_NORMATIVA_N_30_DE_12_DE_NOVEMBRO_DE_2010.aspx)>. Acesso em: 25 mar. 2011.

BRODRICK, S. J.; SAKALA, M. K.; GILLER, K. E. Molybdenum reserves of seed, and growth and N<sub>2</sub> fixation by *Phaseolus vulgaris* L. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 13, n. 1, p. 39-44, Mar. 1992.

CARVALHO, M. A. C. et al. Produtividade e qualidade de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob influência de parcelamentos e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 3, p. 617-624, maio 2001.

CHAGAS, J. M. et al. Feijão. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5<sup>a</sup> aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 306-307.

CHUEIRE, L. M. O. et al. Classificação taxonômica das estirpes de rizóbio recomendadas para as culturas da soja e do feijoeiro baseada no sequenciamento do gene 16S rRNA. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 5, p. 833-840, set./out. 2003.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**, sexto levantamento, Safra 2012/2013. Brasília, DF, 2013. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_03\\_07\\_10\\_39\\_19\\_levantamento\\_safras\\_graos\\_6.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_03_07_10_39_19_levantamento_safras_graos_6.pdf)>. Acesso em: 15 mar. 2013.

DAMATO NETO, J. **Resposta do feijoeiro ao molibdênio em mistura com glyphosate no plantio direto**. 2010. 46 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.

DINIZ, A. R. et al. Resposta da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à aplicação de nitrogênio (cobertura e semeadura) e de molibdênio foliar. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., 1996, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa, CNPAF, 1996. p. 73-76.

DÖBEREINER, J. Evaluation of nitrogen fixation in legumes by the regression of total plant nitrogen with nodule weight. **Nature**, London, v. 210, n. 5038, p. 850-852, May 1966.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. **Produção de feijão**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 385 p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF, 1999. 412 p.

FARINELLI, R. et al. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro, em plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 2, p. 307-312, fev. 2006.

FERNANDES, F. A. et al. Molibdênio foliar e nitrogênio em feijoeiro cultivado no sistema plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 7-15, jan./mar. 2005.

FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, M. Etapas de desarrollo em La planta de frijol. In: LÓPEZ, M.; FERNANDEZ, F.; SCHOOWHOVEN, A. V. **Frijol, investigación y producción**. Colombia: CIAT, 1985. p. 61-80.

FERREIRA, P. A. A. **Eficiência simbiótica de estirpes de bactérias fixadoras de nitrogênio em feijoeiro e sua tolerância a acidez e alumínio “in vitro”**. 2008. 50 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2008.

FERREIRA, P. A. A. et al. Inoculação com cepas de rizóbio na cultura do feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 7, p. 2210-2212, out. 2009.

FERREIRA, A. C. B. et al. Diagnose do estado nutricional molíbdico do feijoeiro em razão do molibdênio contido na semente e sua aplicação foliar. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 9, n. 4, p. 397-401, out./dez. 2003.

FERREIRA, A. N. et al. Estirpes de *Rhizobium tropici* na inoculação do feijoeiro. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 507-512, jul./set. 2000.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

FIGUEIREDO, M. A. **Inoculação com *Rhizobium* ssp. E adubações nitrogenada e molíbdica no feijoeiro-comum**. 2012. 99 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2012.

FULLIN, E. A. et al. Nitrogênio e molibdênio na adubação do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 7, p. 1145-1149, jul. 1999.

GELAIN, E. et al. Fixação biológica de nitrogênio e teores foliares de nutrientes na soja em função de doses de molibdênio e gesso agrícola. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 35, n. 2, p. 259-269, mar./abr. 2011.



GRAHAM, P. H.; HALLIDAY, J. Inoculation: nitrogen fixation in the gender *Phaseolus*. In: REUNIÃO LATINO AMERICANA DE *PHASEOLUS*, 8., 1976, Cali. **Anais...** Cali: CIT, 1976. p. 313-337.

GUARESCHI, R. F.; PERIN, A. Efeito do molibdênio nas culturas da soja e do feijão via adubação foliar. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 2, n. 3, p. 8-15, set./dez. 2009.

GUARESCHI, R. F.; PERIN, A.; ROCHA, A. C. Inoculação com *Rhizobium tropici* na cultura do feijoeiro comum em solo de Cerrado. **Revista Ciência da Vida**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 1, p. 42-48, jan./jun. 2009.

HUNGRIA, M. et al. Isolation and characterization of new efficient and competitive bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobia from Brazil. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 32, n. 11/12, p. 1515-1528, Oct. 2000.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T.; ARAÚJO, R. S. Fixação biológica do nitrogênio em feijoeiro. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos solos de cerrados**. Planaltina: Embrapa, 1997. p. 187-294.

JESUS JÚNIOR, W. C. et al. Management of angular leaf spot in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with molybdenum and fungicide. **Agronomy Journal**, Madison, v. 96, n. 3, p. 665-670, May 2004.

KANEKO, F. H. et al. Mecanismos de abertura de sulcos, inoculação e adubação nitrogenada em feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 125-133, 2010.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928.

KUBOTA, F. Y. et al. Crescimento e acumulação de nitrogênio de plantas de feijoeiro originadas de sementes com alto teor de molibdênio. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 4, p. 1635-1641, 2008.

KUSDRA, J. F. **Nodulação do feijoeiro e fixação biológica do nitrogênio em resposta à microbiolização das sementes e à aplicação de micronutrientes.** 2002. 128 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

LEITE, L. F. C. et al. Nodulação e produtividade de grãos de feijão-caupi em resposta ao molibdênio. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 4, p. 492-497, 2009.

LEITE, U. T. et al. Rendimento de grãos e componentes de rendimento do feijoeiro em função da aplicação foliar de doses crescentes de molibdênio. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 1, p. 113-120, 2007.

LEMOS, L. B. et al. Inoculação de rizóbio e adubação nitrogenada em genótipos de feijoeiro. **Revista Agronomia**, Rio de Janeiro, v. 37, n. 1, p. 27-32, 2003.

LINDSAY, W.L. **Chemical equilibria in soils.** New York: J. Wiley & Sons, 1979. 449 p.

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

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2nd ed. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTINEZ-ROMERO, E. et al. *Rhizobium tropici*, a novel species nodulating *Phaseolus vulgaris* L. beans and *Leucaena* sp. trees. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Ames, Iowa, v. 41, n. 3, p. 417-426, July 1991.

MENDES, I. C. et al. Eficiência fixadora de estirpes de rizóbio em duas cultivares de feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 18, n. 3, p. 421-425, 1994.

MERCANTE, F. M.; OTSUBO, A. A.; LAMAS, F. M. Inoculação de *Rhizobium tropici* e aplicação de adubo nitrogenado na cultura do feijoeiro. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DE SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 27.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 11.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 9.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 6., 2006, Bonito, MS. **Anais...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. CD-ROM. (Documentos, 82).

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras, MG: Ed. UFLA, 2006. 729 p.

NASCIMENTO, M. S.; ARF, O. Resposta do feijoeiro à aplicação de nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SBCS ; UNESP, 2003. CD-ROM. (Solo: alicerces dos sistemas de produção).

NASCIMENTO, M. S.; ARF, O.; SILVA, M. G. Resposta do feijoeiro à adubação de nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 2, p. 153-159, 2004.

NIENHUIS, J.; SINGH, S. P. Effects of location and plant density on yield and architectural traits in dry beans. **Crop Science**, Madison, v. 25, n. 4, p. 579-584, 1985.

NOGUEIRA, C. O. G. **Eficiência agronômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas que nodulam o feijoeiro-comum em Formiga-MG**. 2005. 73 p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola)– Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2005.

OLIVEIRA, I. P. et al. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAÚJO, R. S. et al. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 182-184.

OLIVEIRA, R. S. de; SBARDELOTTO, J. M. Nodulação em diferentes variedades de feijão inoculadas com *Rhizobium tropici*. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 4, n. 2, p. 46-52, 2011.

PELEGRIN, R. et al. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, p. 219-226, 2009.

PEREIRA, E. G. **Diversidade de rizóbio em diferentes sistemas de uso da terra da Amazônia**. 2000. 93 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2000.

PESSOA, A. C. S. et al. Atividades de nitrogenase e redutase de nitrato e produtividade do feijoeiro “Ouro negro” em resposta à adubação foliar com molibdênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, p. 217-224, 2001.

PESSOA, A. C. S. **Atividades de nitrogenase e redutase do nitrato e produtividade do feijoeiro em resposta à adubação com molibdênio e fósforo**. 1998. 151 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição Mineral de Plantas)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1998.

PESSOA, A. C. S. et al. Concentração foliar de molibdênio e exportação de nutrientes pelo feijoeiro “Ouro Negro” em resposta à adubação foliar com molibdênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 1, p. 75-84, 2000.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451 p.

PIRES, A. A. et al. Rendimento de grãos, componentes do rendimento e índice spad do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em função de época de aplicação e do parcelamento da aplicação foliar de molibdênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 28, n. 5, p. 1092-1098, set./out. 2004.

PORTES, T. A. Ecofisiologia. In: ARAÚJO, R. S. et al. **Cultura do feijoeiro-comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 101-137.

RENNIE, R. J. Comparison of N balance and <sup>15</sup>N isotope dilution to quantify N<sub>2</sub> fixation in field grown legumes. **Agronomy Journal**, Madison, v. 76, n. 5, p. 785-790, Sept. 1984.

RIBEIRO, A. C. et al. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5<sup>a</sup> aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999.

ROCHA, P. R. R. **Adubação molíbdica na cultura do feijão nos sistemas de plantio direto e convencional**. 2008. 46 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

ROCHA, P. R. R. et al. Adubação molíbdica na cultura do feijão nos sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 2, p. 9-17, 2011.

RODRIGUES, J. R. M.; ANDRADE, M. J. B.; CARVALHO, J. G. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) a doses de molibdênio aplicado via foliar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 20, n. 3, p. 323-333, jul./set. 1996.

ROMANINI JÚNIOR, A. et al. Avaliação da inoculação de rizóbio e adubação nitrogenada no desenvolvimento do feijoeiro, sob sistema plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 4, p. 74-82, out/dez. 2007.

ROSOLEM, C. A. Calagem e adubação mineral. In: ARAÚJO, R.S. et al. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. cap. 11, p. 353-390.

RUFINI, M. et al. Simbiose de bactérias fixadoras de nitrogênio com feijoeiro-comum em diferentes valores de pH. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 1, p. 81-88, jan. 2011.

SANTINI, A. L. et al. Adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro em plantio convencional. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1079-1085, jul./ago. 2006.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1979. 40 p.

SILVA, E. F. et al. Inoculação do feijoeiro com *Rhizobium tropici* associada a exsudato de *Mimosa flocculosa* com diferentes doses de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 2, p. 443-451, 2009.

SOARES, A. L. L. et al. Eficiência agronômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões (MG). II- Feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 5, p. 803-811, set./out. 2006.

SOARES, B. L. **Avaliação técnico-econômica do feijoeiro-comum inoculado com rizóbio em diferentes ambientes**. 2011. 150 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2012.

SORATTO, R. P.; CARVALHO, M. A. C.; ARF, O. Fertilidade do solo e nutrição de plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 1, p. 259-265, jan. 2006.

SORATTO, R. P. et al. Aplicação tardia de nitrogênio no feijoeiro em sistema de plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 2, p. 211-218, 2005.

SORATTO, R. P. et al. Feijoeiro irrigado e aplicação de nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar. **Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v. 9, p. 115-32, 2000.

SOUZA, A. B. et al. Densidades de semeadura e níveis de NPK e calagem na produção do feijoeiro sob plantio convencional, em Ponta Grossa, Paraná. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 1, p. 39-43, jan./mar. 2008.

SOUZA, E. F. C.; SORATTO, R. P.; PAGANI, F. A. Aplicação de nitrogênio e inoculação com rizóbio em feijoeiro cultivado após milho consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 4, p. 370-377, abr. 2011.

STREIT, W.; KOSCH, K.; WERNER, D. Nodulation competitiveness of *Rhizobium leguminosarum* bv. phaseoli and *Rhizobium tropici* strains measured by glucuronidase (gusA) gene fusion. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 14, n. 2, p. 140-144, Oct. 1992.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 719 p.

TOLEDO, B. F. B.; MARCONDES, S. J.; LEMOS, E. G. M. Caracterização de rizóbios indicados para produção de inoculantes por meio de sequenciamento parcial do 16S rRNA. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 4, p. 384-391, abr. 2009.

TOLEDO, M. Z. et al. Nodulação e atividade da nitrato redutase em função da aplicação de molibdênio em soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 6, p. 858-864, nov./dez. 2010.

VALADÃO, F. C. de A. et al. Inoculação das sementes e adubações nitrogenada e molíbdica do feijoeiro-comum, em Rolim de Moura, RO. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 39, n. 4, p. 741-747, 2009.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 1991. 449 p.

VIEIRA, C.; NOGUEIRA, A. O.; ARAÚJO, G. A. A. Adubação nitrogenada e molíbdica na cultura do feijão. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 67, n. 2, p. 117-124, 1992.

VIEIRA, N. M. B. **Acúmulo de nutrientes e desempenho agronômico de cultivares de feijão-comum, em diferentes populações e sistemas de cultivo.** 2009. 117 p. Tese (Doutorado em Agronomia/fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2009.

VIEIRA, R. F. **Aplicação foliar de molibdênio e seu efeito nas atividades da nitrogenase e redutase do nitrato no feijoeiro em campo.** 1994. 188 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de plantas)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

VIEIRA, R. F. et al. Foliar application of molybdenum in common beans: I. nitrogenase and reductase activities in a soil of high fertility. **Journal Plant Nutrition**, Monticello, v. 21, n. 1, p. 169-180, 1998.

VIEIRA, S. M. et al. Nitrogênio, molibdênio e inoculante para a cultura do feijoeiro. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 1, n. 1/2, p. 63-66, out. 2000.

VINCENT, J. M. **A manual for the practical study of root-nodule bacteria.** Oxford: Blackwell Scientific, 1970. (International Biological Programme Handbook, 15).