

# RESPOSTA DE CULTIVARES DE FEIJOEIRO-COMUM À INOCULAÇÃO DAS SEMENTES COM DUAS ESTIRPES DE RIZÓBIO

## COMMON BEAN CULTIVARS RESPONSE TO SEED INOCULATION WITH TWO *Rhizobium* STRAINS

Guilherme Godoy FONSECA<sup>1</sup>; Dâmiany Pádua OLIVEIRA<sup>2</sup>; Bruno Lima SOARES<sup>3</sup>; Paulo Ademar Avelar FERREIRA<sup>4</sup>; Cícero Monti TEIXEIRA<sup>5</sup>; Fábio Aurélio Dias MARTINS<sup>5</sup>; Fatima Maria de Souza MOREIRA<sup>6</sup>; Messias José Bastos de ANDRADE<sup>7</sup>

1. Doutorando em Agronomia/Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras, MG, Brasil;

2. Doutoranda em Agronomia/Fitotecnia - UFLA, Lavras, MG, bolsista do CNPq, [damianny.padua.oliveira@gmail.com](mailto:damianny.padua.oliveira@gmail.com);

3. Pós-Doutorando em Agronomia/Fitotecnia - UFLA, Lavras, MG, Brasil; 4. Pós-Doutorando em Solos, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria, RS, Brasil; 5. Pesquisador EPAMIG, URETR, Uberaba, MG, Brasil; 6. Professora Associada IV, PhD, Departamento de Ciência do Solo - UFLA, bolsista de produtividade em pesquisa do CNPq, Lavras, MG, Brasil; 7. Professor Associado IV, Departamento de Agricultura - UFLA, bolsista de produtividade em pesquisa do CNPq, Lavras, MG, Brasil

**RESUMO:** A fixação simbiótica de nitrogênio pode ser uma alternativa para reduzir, ou mesmo substituir, a adubação nitrogenada do feijoeiro-comum, cultura na qual ainda há descrédito quanto aos benefícios da inoculação e que se caracteriza por aplicações de altas doses de N mineral. Com o objetivo de verificar a resposta de cultivares de feijoeiro-comum à inoculação das sementes com duas estirpes de rizóbio, foram conduzidos dois experimentos de campo na safra de inverno 2010 (Patos de Minas e Uberaba, MG). Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com três repetições e esquema fatorial 8 x 3, envolvendo oito cultivares (União, Madrepérola, Supremo, Ouro Negro, Ouro Vermelho e Majestoso) e três tipos de inoculação (sementes não inoculadas e estirpes CIAT 899<sup>T</sup> e UFLA 04-173). Na floração, avaliaram-se o número e massa seca de nódulos, massa seca de parte aérea e teor e acúmulo de nitrogênio (N) na parte aérea e, na colheita, o rendimento de grãos com seus componentes primários, teor e acúmulo de N nos grãos. Constatou-se que as populações nativas promovem nodulação equivalente à das estirpes inoculadas. As estirpes CIAT 899<sup>T</sup> e UFLA 04-173 favorecem o crescimento vegetativo do feijoeiro. A estirpe CIAT 899<sup>T</sup> proporciona maior número de vagens e maior massa de grãos que a estirpe UFLA 04-173, e em Uberaba também proporciona maior rendimento de grãos. Quando a inoculação é realizada com a estirpe UFLA 04-173, as cultivares diferem quanto ao teor foliar de N. As cultivares Madrepérola, Ouro Negro e Ouro Vermelho apresentam mais nódulos e maior massa seca de parte aérea, além de maior produtividade em Patos de Minas. Ouro Negro situa-se entre as mais produtivas em Uberaba. Em Uberaba há maior acúmulo de matéria seca de nódulos e de parte aérea, mas o ambiente Patos de Minas resulta em maiores valores do rendimento de grãos e componentes.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Phaseolus vulgaris*. Fixação biológica de nitrogênio. Nodulação. *Rhizobium* sp.

## INTRODUÇÃO

O feijoeiro-comum é cultivado em todo o território brasileiro e apresenta um consumo *per capita* estimado em 17 kg habitante<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Na safra 2012/13 foram produzidas 2,8 milhões t, em uma área de 1,3 milhões ha, com rendimento médio de 924 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2013).

É uma leguminosa com alto teor de nitrogênio (N) nos grãos e demais tecidos e, por essa razão, esse é o nutriente mais extraído e exportado pela planta. O N tem como fontes o solo (por meio da decomposição da matéria orgânica), a aplicação de fertilizantes nitrogenados e a FBN, fixação biológica de N<sub>2</sub> atmosférico (FERREIRA; ANDRADE; ARAÚJO, 2004).

Nos solos tropicais a decomposição da matéria orgânica é um processo rápido, com rápida mineralização do N, que fica sujeito a perdas. Os

adubos nitrogenados têm alto custo econômico e variável frequência e magnitude de resposta, além de um custo ambiental adicional nos solos tropicais (PELEGRIN et al., 2009), onde as suas perdas, por lixiviação de nitrato e escoamento superficial, são estimadas em torno de 50% das quantidades aplicadas (STRALIOTTO; TEIXEIRA; MERCANTE, 2002). O N perdido neste processo é altamente poluente e provoca a contaminação de aquíferos subterrâneos, rios e lagos. Outras perdas de N ocorrem em forma gasosa, principalmente por meio de volatilização. Esses aspectos são altamente relevantes na cultura do feijoeiro, que para alcançar altas produtividades, precisa absorver quantidades superiores a 100 kg ha<sup>-1</sup> de N (FERREIRA; ANDRADE; ARAÚJO, 2004).

A FBN pode ser uma alternativa para os adubos nitrogenados, desde que a simbiose com rizóbios supra o N necessário ao crescimento e

desenvolvimento do feijoeiro, cultura na qual ainda há descrédito quanto aos benefícios da inoculação e que se caracteriza por aplicações de altas doses de N mineral.

Há muito se sabe sobre a importância do genótipo da planta no mecanismo da nodulação. Vieira et al. (2005) citam trabalhos que indicam expressiva variabilidade entre cultivares e genótipos selvagens de feijoeiro quanto ao número de nódulos, massa nodular, atividade da nitrogenase, nitrogênio acumulado, ciclo cultural e hábito de crescimento, características que conferem diferenças na nodulação e fixação simbiótica.

Objetivou-se com este trabalho verificar, em dois ambientes de cultivo, se cultivares de feijoeiro-comum respondem igualmente à inoculação das sementes com rizóbio, investigar o comportamento de novas cultivares de feijoeiro quando submetidas à inoculação e detectar se existe diferença na

nodulação e eficiência entre estirpes de rizóbio inoculadas no feijoeiro.

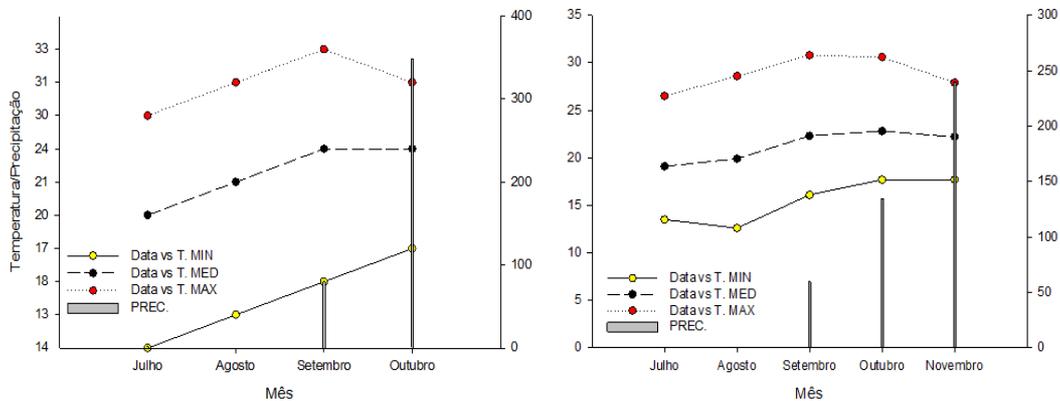
## MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram conduzidos em campo no inverno-primavera/2010, em Uberaba (Triângulo Mineiro) e Patos de Minas (Alto Paranaíba). O primeiro foi conduzido em plantio direto inicial sob palhada de milho, em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (Tabela 1) e clima do tipo Aw, tropical quente úmido, com inverno frio (15/16 °C) e seco, precipitação média anual de 1474 mm e temperatura média diária de 22,6 °C (Figura 1a). O segundo foi conduzido em sistema convencional, com uma aração e duas gradagens, após cultivo do trigo, em Latossolo Vermelho Eutroférrico de textura franca (Tabela 1) e clima do tipo CWA, tropical em altitudes elevadas, úmido com verão quente e seco e inverno frio (Figura 1b).

**Tabela 1.** Resultados da análise química de amostras de material dos solos utilizados (camada 0 a 20 cm)

Ambientes	pH	P disponível	P remanescente	K	Ca	Mg	Al	H+Al
	(H <sub>2</sub> O)	-----mg dm <sup>-3</sup> -----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Uberaba	5,8	4,0	15,6	48,0	1,8	0,6	0,1	2,6
Patos de Minas	5,7	29,0	11,9	73,0	1,8	0,8	0,1	5,6

Análises realizadas pelo Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA.



**Figura 1.** Variação mensal das médias de temperaturas (máxima, média e mínima) e precipitação pluvial diária no período de julho a outubro de 2010 em Uberaba-MG (a) e de julho a novembro de 2010, em Patos de Minas (b); Fonte: Estação Climatológica da EPAMIG, Uberaba-MG e Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, Patos de Minas-MG.

O delineamento estatístico foi blocos ao acaso, com três repetições e esquema fatorial 8 x 3, envolvendo oito cultivares de feijoeiro (União, Madrepérola, Supremo, Radiante, Bolinha, Ouro Negro, Ouro Vermelho e Majestoso) e três tipos de inoculação (sementes não inoculadas e inoculadas com as estirpes CIAT 899<sup>T</sup> (GRAHAM et al., 1994) de *Rhizobium tropici* ou UFLA 04-173 (FERREIRA et al., 2012) de *R. miluonense*).

Os inoculantes foram preparados com turfa esterizada em autoclave, na proporção 3:1 de turfa e culturas em meio semissólido YM na fase log, adotando-se procedimentos descritos por Soares et al. (2006) e Ferreira et al. (2009). O material resultante foi empregado na base de 10 g por kg de semente.

Cada parcela foi constituída por seis linhas de 4 metros de comprimento, espaçadas de 0,5

metros e a área útil correspondeu às quatro fileiras centrais. Imediatamente após a inoculação realizou-se a semeadura manual (em 08 e 09/07/2010, respectivamente, em Patos de Minas e Uberaba), adotando-se 17 sementes metro<sup>-1</sup> e desbastando-se posteriormente para 12 plantas m<sup>-1</sup>. As linhas 1 e 6 foram consideradas bordaduras, as linhas 2 e 3 foram utilizadas para as amostragens na floração e as linhas 4 e 5 utilizadas na colheita, após a maturação.

A adubação de base seguiu as recomendações de Ribeiro et al. (1999) para a cultura do feijoeiro, nível tecnológico NT<sub>4</sub>. Em Patos de Minas as fontes foram ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, enquanto em Uberaba as parcelas receberam formulado NPK (00-30-15) e ureia. Em ambos os experimentos não foi realizada a cobertura nitrogenada. O controle de plantas daninhas em Patos se deu por capina manual, enquanto em Uberaba ele não foi necessário. Os ensaios receberam irrigação complementar, por aspersão convencional em Patos de Minas (4 mm dia<sup>-1</sup>) e pivô central em Uberaba (2 mm dia<sup>-1</sup>).

Na plena floração (estádio R<sub>6</sub> do ciclo do feijoeiro; ANDRADE, 2010), ocorrida aos 47 dias após a emergência (DAE) em ambos os ambientes, foram coletadas 10 plantas de cada parcela (linhas 2 e 3) para a avaliação da nodulação (número e massa seca de nódulos) e da parte aérea (produção de massa seca e teor e acúmulo de N). Na maturação (estádio R<sub>9</sub>), aos 89 e 90 DAE, respectivamente, em Patos de Minas e Uberaba, foram determinados (linhas 4 e 5) o rendimento de grãos com seus componentes primários (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de cem grãos), além do teor e acúmulo de N nos grãos. O rendimento de grãos (130 g kg<sup>-1</sup> de umidade) foi o resultado da trilha das vagens de todas as plantas da parcela útil e os componentes foram determinados por amostragem de dez plantas ao acaso. O teor (%) de N foi determinado pelo método semi-microkjedhal, de acordo com Sarruge e Haag (1979) e o N acumulado foi calculado pela multiplicação da massa seca pela percentagem de N, sendo o resultado dividido por 100.

Os dados foram previamente submetidos a testes de normalidade e homocedasticidade de variâncias, utilizando-se o software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008) e, sempre que necessário, os dados foram transformados em (x)<sup>0,5</sup>, exceto número e matéria seca de nódulos, transformados em (x+0,5)<sup>0,5</sup> e teor de N, transformado em arcseno (x/100)<sup>0,5</sup>. Após estes procedimentos, os dados foram submetidos à análise de variância conjunta (dois ambientes) utilizando-se

o software de análise estatística Sisvar<sup>®</sup> (FERREIRA, 2011). Nos casos de efeito significativo de tratamentos ou de ambientes, o agrupamento das médias foi feito pelo teste de Scott-Knott.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de variância conjunta dos dados do florescimento verificou-se significância de ambientes (A) sobre massa seca de nódulos (MSN), de A e inoculação (I) sobre massa seca de parte aérea (MSPA) e de cultivares (C) sobre todas as características, exceto MSN. Foram ainda significativas as interações AxI sobre o número de nódulos (NN) e CxI sobre o teor (TNPA) e acúmulo (ANPA) de N na parte aérea.

As cultivares diferiram quanto ao número de nódulos, destacando-se as cvs. Madrepérola, Ouro Vermelho e Ouro Negro (Tabela 2). Albuquerque et al. (2012) também observaram variação entre os genótipos de feijoeiro quanto à nodulação, prevalecendo a superioridade da cv. Ouro Negro sobre as demais. De acordo com os autores, esse melhor comportamento estaria associado a seu maior potencial genético para nodulação e fixação biológica de N.

Em geral, o NN foi grande, acima de 15 unidades por planta, o que é um indicativo de boa eficiência simbiótica (CARDOSO et al., 2009), porém, esta variável não deve ser analisada isoladamente, pois muitas vezes, há formação de muitos nódulos de tamanho reduzido, o que resulta em menor eficiência da FBN.

No desdobramento da interação AxI (Tabela 3) verifica-se que, dentro dos tipos de inoculação, os ambientes não diferiram, mas o efeito da inoculação sobre o NN foi dependente do ambiente. Em Patos de Minas houve melhor desempenho da estirpe UFLA 04-173, com NN que superou em 64 e 104% as médias apresentadas pela estirpe CIAT 899<sup>T</sup> e população nativa, respectivamente. Em Uberaba, os tratamentos com e sem inoculação apresentaram desempenho equivalente e, neste ambiente, os resultados corroboram os de Rufini et al. (2011) obtidos em Lavras, onde os autores não encontraram diferenças significativas na nodulação entre as estirpes inoculadas (incluindo a CIAT 899<sup>T</sup>) e nativas.

Em ambos os ambientes, o tratamento não inoculado apresentou valor alto para NN, inferior apenas ao da estirpe UFLA 04-173 em Patos de Minas (Tabela 3). Em Uberaba, não existiram diferenças entre os tratamentos quanto a essa variável. Isso significa a presença de estirpes nativas

de rizóbio no solo, as quais foram capazes de nodular tanto quanto as bactérias inoculadas, resultando em médias equivalentes de NN. Ferreira et al. (2009) também não observaram efeito significativo da inoculação sobre o NN da cv.

Talismã, assim como diversos outros autores, com diferentes cultivares, estirpes e condições experimentais (KANEKO et al., 2010; SOUZA; SORATTO; PAGANI, 2011).

**Tabela 2.** Valores médios referentes a número (NN, em unidades) e massa seca de nódulos (MSN, em mg 10 pls<sup>-1</sup>), massa seca de parte aérea (MSPA, em g 10 pls<sup>-1</sup>) e teor (TNPA, em %) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA, em mg 10 pls<sup>-1</sup>) em função de cultivares, tipos de inoculação e ambientes<sup>1</sup>.

Cultivares	NN	MSN	MSPA	TNPA	ANPA
	(unidades 10pls <sup>-1</sup> )	(mg 10 pls <sup>-1</sup> )	(g 10 pls <sup>-1</sup> )	(%)	(mg 10pls <sup>-1</sup> )
Madrepérola	392 a	470	40,46 a	3,14	710
Ouro Negro	293 a	410	41,53 a	3,40	850
União	117 b	120	42,81 a	3,02	970
Supremo	155 b	320	29,75 b	3,70	770
Radiante	136 b	240	35,07 b	3,66	1150
Bolinha	102 b	170	35,24 b	3,58	920
Ouro Vermelho	252 a	450	37,24 a	3,58	820
Majestoso	210 b	390	32,75 b	3,66	970
<b>Inoculação</b>					
Ausente	187	290	32,95 b	3,44	890
CIAT 899 <sup>T</sup>	210	380	38,15 a	3,50	920
UFLA 04-173	262	300	39,48 a	3,46	860
<b>Ambientes</b>					
Patos de Minas	222	120 b	30,44 b	3,36	920
Uberaba	218	520 a	43,28 a	3,58	860
<b>Média</b>	220	320	36,86	3,47	890
<b>CV(%)</b>	45,08	14,54	15,56	11,18	11,27

<sup>1</sup>Dentro de cada fator, médias seguidas pela mesma letra pertencem a um mesmo grupo de acordo com o teste Scott-Knott ( $p>0,05$ )

**Tabela 3.** Valores médios do número de nódulos (NN, em unidades) de feijoeiro em função de ambientes e inoculação<sup>1</sup>

Inoculação	NN (unidades)	
	Ambientes	
	Patos de Minas	Uberaba
Ausente	155 Ba	219 Aa
CIAT 899 <sup>T</sup>	193 Ba	226 Aa
UFLA 04-173	317 Aa	207 Aa

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, pertencem a um mesmo grupo de acordo com o teste de Scott-Knott ( $p>0,05$ )

Quanto à MSN, os valores médios observados em Uberaba foram superiores aos de Patos de Minas, apesar de ambos terem apresentado NN semelhantes (Tabela 3). Ficou evidente a ocorrência de nódulos maiores no primeiro ambiente, onde o plantio direto pode ter colaborado

para melhor formação de nódulos, pois neste sistema geralmente há menor amplitude térmica e maior umidade do solo, diminuindo a mortalidade das bactérias fixadoras de nitrogênio. Os resultados de MSN não apresentaram variação significativa em relação aos tratamentos de inoculação, o que

certamente está relacionado à boa nodulação apresentada pelos rizóbios nativos. Ferreira et al. (2009) e Pelegrin et al. (2009) também não observaram diferenças significativas na MSN entre tratamentos inoculados e não inoculados. Como não houve efeito de cultivares sobre MSN, os resultados se aproximam dos de Vieira et al. (2005), que em duas das três safras estudadas, não encontraram efeito de genótipos sobre essa variável.

Os valores de MSPA foram afetados pelos três fatores em estudo, mas não pelas interações. As cvs. Madrepérola, Ouro Negro, União e Ouro Vermelho, todas de hábito de crescimento do tipo III, apresentaram resultados superiores aos das demais (Tabela 2). Este resultado é coerente, visto que cultivares do tipo III apresentam maior ramificação e maior área foliar (ANDRADE, 2010) que as dos tipos I e II.

A inoculação, independentemente da estirpe, promoveu maiores valores de MSPA, sendo superior ao tratamento sem inoculação (Tabela 2). Tais resultados evidenciam maior eficiência das estirpes inoculadas em disponibilizarem N para o feijoeiro de forma mais eficaz que os rizóbios nativos do solo, proporcionando acréscimos da ordem de 15 a 20% no crescimento.

Em Uberaba verificaram-se maiores valores de MSPA em comparação com Patos de Minas (Tabela 2). No primeiro ambiente, houve maior crescimento das plantas, provavelmente favorecido pela palhada do plantio direto, resultando em maiores valores de matéria orgânica e maior disponibilidade de nutrientes. Vieira et al. (2005)

também registraram maiores acúmulos de MSPA das cvs. Talismã e Ouro Negro no plantio direto em relação ao sistema convencional.

O TNPA é um dos indicativos de quão eficiente foi a absorção e assimilação do N, inclusive via FBN. Em geral, os valores do TNPA de todos os tratamentos, inclusive dos não inoculados, situaram-se dentro da faixa considerada adequada para o feijoeiro na floração (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997), o que também sinaliza no sentido de que houve boa eficiência da população nativa de rizóbio (Tabelas 3 e 4). As cultivares em estudo apresentaram diferenças quanto ao TNPA e ANPA, mas este efeito se mostrou influenciado pela inoculação (Tabela 4). Elbanna, Elbadry e Gamal-Eldin (2009), também verificaram influência das inoculações em duas cultivares de feijoeiro, todavia, os genótipos não diferiram quanto ao TNPA. No atual estudo, as cultivares somente diferiram significativamente quanto às percentagens de N na planta quando suas sementes foram inoculadas com a estirpe UFLA 04-173, situação em que as cvs. Madrepérola, Ouro Negro e União foram superadas pelas demais. Na ausência de inoculação e na inoculação com CIAT 899<sup>T</sup>, as cultivares tiveram comportamento idêntico. Dentro de cada cultivar, os tratamentos de inoculação somente diferiram quando foram aplicados às cvs. Madrepérola, na qual a estirpe CIAT 899<sup>T</sup> proporcionou maior TNPA, e cv. Bolinha, na qual ambas as estirpes superaram o tratamento não inoculado (Tabela 4).

**Tabela 4.** Valores médios de teor de nitrogênio (TNPA, em %) e de acúmulo de nitrogênio (ANPA, em mg 10 pls<sup>-1</sup>) na parte aérea em função de cultivares e inoculação. Valores médios de dois ambientes<sup>1</sup>

Cultivares	TNPA (%)			ANPA (mg 10 pls <sup>-1</sup> )		
	Inoculações			Inoculações		
	Ausente	CIAT 899 <sup>T</sup>	UFLA 04-173	Ausente	CIAT 899 <sup>T</sup>	UFLA 04-173
Madrepérola	2,27 Ab	3,53 Aa	2,63 Bb	770 Aa	820 Ba	550 Cb
Ouro Negro	3,72 Aa	3,38 Aa	3,10 Ba	930 Aa	870 Ba	750 Ba
União	3,25 Aa	3,10 Aa	2,70Ba	1070 Aa	990 Aa	850 Ba
Supremo	3,88 Aa	3,20 Aa	4,02 Aa	830 Aa	670 Ba	810 Ba
Radiante	3,27 Aa	3,87 Aa	3,85 Aa	1020 Aa	1270 Aa	1160 Aa
Bolinha	2,90 Ab	3,93 Aa	3,92 Aa	860 Aa	1030 Aa	1050 Aa
Ouro Vermelho	3,70 Aa	3,47 Aa	3,57 Aa	830 Aa	820 Ba	790 Ba
Majestoso	3,57 Aa	3,55 Aa	3,87 Aa	800 Aa	880 Ba	930 Aa

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, pertencem a um mesmo grupo de acordo com o teste de Scott-Knott ( $p > 0,05$ )

No que diz respeito ao ANPA, o desdobramento da interação CxI indicou que quando se inoculou as sementes com a estirpe CIAT 899<sup>T</sup>, as cvs. União, Radiante e Bolinha superaram as demais. Na presença da estirpe UFLA 04-173, sobressaíram as cvs. Majestoso, Radiante e Bolinha.

Todas as cultivares apresentaram o mesmo comportamento quando não inoculadas. Por sua vez, o desdobramento de inoculação dentro de cada cultivar demonstrou diferenças significativas apenas dentro da cv. Madrepérola, na qual a estirpe UFLA 04-173 teve desempenho inferior ao da CIAT 899<sup>T</sup> e

das estirpes nativas (Tabela 4). Com a cv. Talismã, Ferreira et al. (2012) havia verificado os maiores acúmulos de N com as estirpes CIAT 899 e UFLA 04-173. Os resultados relativos a TNPA e ANPA indicam, portanto, que a cv. Madrepérola parece ter mais afinidade com a estirpe CIAT 899<sup>T</sup>, que as estirpes nativas apresentam menor especificidade na simbiose com o feijoeiro em relação às estirpes selecionadas e que há comportamento diferencial das estirpes e cultivares.

Na análise de variância conjunta dos dados da maturação verificou-se significância de ambientes (A) sobre todas as características. As cultivares (C) somente não influenciaram o teor (TNG) e o acúmulo de N nos grãos (ANG) e o rendimento de grãos (REND). A inoculação (I) afetou o número de vagens por planta (VP) e o peso de cem grãos (P100). Foram ainda significativas as interações AxC sobre P100, ANG e REND e AxI sobre ANG e REND.

O VP foi afetado pelos três fatores em estudo, mas não pelas interações. As cultivares produziram bom VP, destacando-se as cvs. Ouro Negro, Madrepérola e Ouro Vermelho, todas do tipo III. A inoculação também afetou esta variável,

sendo que a estirpe CIAT 899<sup>T</sup> produziu mais vagens por planta, superando a UFLA 04-173 e os rizóbios nativos (Tabela 5).

Em Patos de Minas foram produzidas mais vagens (Tabela 5) e este fato certamente está relacionado à maior lâmina de água aplicada ao experimento, mais próxima da lâmina valor ideal, de 3,4 a 6,0 mm dia<sup>-1</sup>, segundo Silveira e Stone (2001).

O GV foi afetado pelas cultivares e pelos ambientes de cultivo. As cvs. Supremo e Ouro Vermelho produziram mais grãos por vagem, ao passo que o menor número foi verificado na cv. Radiante. Esses resultados corroboram a afirmativa de Arf et al. (2008) de que se trata de característica de alta herdabilidade e, portanto, intimamente relacionada à cultivar. Em Patos de Minas, além de VP, também foi obtido maior GV, o que certamente contribuiu para a maior produtividade (Tabela 5).

A inoculação com a estirpe UFLA 04-173 gerou grãos menores (Tabela 5), contradizendo outros resultados, como os de Ferreira et al. (2000) com a cv. IAC Carioca e Kaneko et al. (2010) com a cv. Pérola, que não verificaram diferenças significativas na M100 entre os tratamentos com e sem inoculação de sementes.

**Tabela 5.** Valores médios referentes a número de vagens por planta (VP, em unidades) e de grãos por vagem (GV, em unidades), massa de cem grãos (M100, em g) e teor (TNG, em %) e acúmulo (ANG, em mg 10 pls<sup>-1</sup>) de nitrogênio nos grãos e rendimento de grãos de feijoeiro (REND, em kg ha<sup>-1</sup>) em função de cultivares, tipos de inoculação e ambientes<sup>1</sup>

Cultivares	VP ----(unidades)----	GV	M100 (g)	TNG (%)	ANG (mg 10 pls <sup>-1</sup> )	REND (kg ha <sup>-1</sup> )
Madrepérola	10,02 a	3,83 b	22,93	3,47	16,21	1.199
Ouro Negro	10,98 a	3,70 b	25,15	3,74	19,00	1.319
União	7,28 b	3,20 c	32,38	3,52	15,79	1.155
Supremo	8,58 b	4,21 a	21,02	3,44	15,73	1.144
Radiante	7,78 b	2,84 d	31,34	3,55	15,59	1.168
Bolinha	5,43 c	3,29 c	27,52	3,65	12,43	893
Ouro Vermelho	9,50 a	4,16 a	22,74	3,43	16,66	1.267
Majestoso	8,10 b	3,45 c	23,88	3,83	16,87	1.137
<b>Inoculação</b>						
Ausente	7,40 b	3,52	26,26 a	3,57	15,43	1.099
CIAT 899 <sup>T</sup>	9,79 a	3,70	26,31 a	3,54	16,97	1.231
UFLA 04-173	8,18 b	3,53	25,03 b	3,56	15,69	1.151
<b>Ambientes</b>						
Patos de Minas	9,17 a	4,28 a	27,61	3,38 b	19,45	1.447
Uberaba	7,74 b	2,88 b	24,13	3,72 a	12,62	874
Médias	8,46	3,59	25,87	3,55	0,07	1.160
CV(%)	20,47	8,88	5,04	10,59	20,70	19,75

<sup>1</sup> Dentro de cada fator, médias seguidas pela mesma letra pertencem a um mesmo grupo de acordo com o teste Scott-Knott (p>0,05).

Desdobrando-se a interação AxC, verifica-se que em Patos de Minas houve superioridade na M100 de todas as cultivares, exceto BRS MG-União, que apresentou resultados semelhantes nos dois ambientes de cultivo; na cv. Majestoso houve diferença superior a 28% (Tabela 6). Ainda em

Patos, destacaram-se as cvs. Radiante e União com maiores M100 e cvs. Supremo e Ouro Vermelho, com grãos mais leves. Comportamento semelhante dessas cultivares foi verificado em Uberaba. As cvs. Radiante e União são as únicas desse estudo que

apresentam grãos do tipo comercial manteigão, de grãos maiores e mais compridos.

**Tabela 6.** Massa de cem grãos de feijoeiro (M100, em g) em função de ambientes e cultivares

Cultivares	M100 (g)	
	Ambientes	
	Patos de Minas	Uberaba
Madrepérola	25,82 Ca	20,04 Eb
Ouro Negro	26,70 Ca	23,61 Db
União	32,37 Aa	32,39 Aa
Supremo	22,58 Da	19,45 Eb
Radiante	33,73 Aa	28,94 Bb
Bolinha	29,41 Ba	25,63 Cb
Ouro Vermelho	24,08 Da	21,41 Db
Majestoso	26,20 Ca	21,57 Db

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, pertencem a um mesmo grupo de acordo com o teste de Scott-Knott ( $p>0,05$ )

O TNG, um dos indicativos da eficiência da FBN nas leguminosas, foi influenciado pelo ambiente, sendo que Uberaba apresentou os maiores valores (Tabela 5), possivelmente em função do plantio direto, que proporciona maior teor de matéria orgânica, fonte contínua de N. O ANG e

REND, por sua vez, foram influenciados pelas interações Ax C e Ax I. Patos de Minas se destacou com maiores ANG e REND, mas este efeito foi dependente da cultivar e do tratamento relativo à inoculação (Tabelas 7 e 8).

**Tabela 7.** Acúmulo de nitrogênio em grãos (ANG, em mg 10 pls<sup>-1</sup>) e rendimento de grãos (REND, em kg ha<sup>-1</sup>) em função dos dois ambientes e tipos de inoculação<sup>1</sup>

Inoculação	ANG (mg 10 pls <sup>-1</sup> )		REND (kg ha <sup>-1</sup> )	
	Ambientes		Ambientes	
	Patos de Minas	Uberaba	Patos de Minas	Uberaba
Ausente	18,48 Aa	12,39 Bb	1.348 Aa	851 Bb
CIAT 899 <sup>T</sup>	19,20 Aa	14,75 Ab	1.443 Aa	1.018 Ab
UFLA 04-173	20,68 Aa	10,71 Bb	1.549 Aa	752 Bb

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, pertencem a um mesmo grupo de acordo com o teste de Scott-Knott ( $p>0,05$ )

**Tabela 8.** Acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG, em mg 10 pls<sup>-1</sup>) e rendimento de grãos de feijoeiro (REND, em kg ha<sup>-1</sup>) em função de ambientes e cultivares<sup>1</sup>

Cultivares	ANG (mg 10 pls <sup>-1</sup> )		REND (kg ha <sup>-1</sup> )	
	Ambientes		Ambientes	
	Patos de Minas	Uberaba	Patos de Minas	Uberaba
Madrepérola	22,78 Aa	9,64 Bb	1.703 Aa	695 Bb
Ouro Negro	22,99 Aa	15,01 Ab	1.633 Aa	1.005 Ab
União	20,63 Aa	10,95 Bb	1.507 Aa	803 Bb
Supremo	16,13 Ba	15,32 Aa	1.140 Ba	1.148 Aa
Radiante	15,72 Ba	15,46 Aa	1.209 Ba	1.127 Aa
Bolinha	15,52 Ba	9,33 Bb	1.229 Ba	557 Bb
Ouro Vermelho	20,54 Aa	12,78 Bb	1.655 Aa	879 Bb
Majestoso	21,29 Aa	12,46 Bb	1.499 Aa	775 Bb

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, pertencem a um mesmo grupo de acordo com o teste de Scott-Knott ( $p>0,05$ )

Embora os tratamentos em Uberaba tenham apresentado os TNG mais elevados (Tabela 5), os maiores ANG e REND ocorreram em Patos de

Minas (Tabelas 7 e 8). Nota-se que, em relação a essas últimas, a inoculação com CIAT 899<sup>T</sup> obteve as maiores médias de Uberaba e resultados

semelhantes aos demais tratamentos de inoculação em Patos de Minas. A estirpe UFLA 04-173 não se mostrou superior ao rizóbio nativo do solo em ambos os ambientes, evidenciando menor eficiência desta estirpe.

O REND foi maior no ensaio de Patos de Minas, dado a sua superioridade no VP, M100 e GV, este quase que 50% maior que o valor encontrado em Uberaba (Tabelas 5, 7 e 8). Com exceção das cvs. Radiante e Supremo, de ANG e REND semelhante em ambos os ambientes, todas as cultivares obtiveram maiores produtividades em Patos de Minas. Em geral, as diferenças significativas de REND entre Patos de Minas e Uberaba foram da ordem de 62 a 145%. Quando se analisou separadamente cada ambiente, observou-se resposta diferencial de cultivares. Os menores valores de REND em Patos de Minas foram apresentados pelas cvs. Supremo, Radiante e Bolinha, as mesmas que obtiveram os menores ANG nesse ambiente; as demais cultivares não diferiram e apresentaram os maiores valores para ambas as características. Já a análise de Uberaba revelou destaque para as cvs. Radiante, Supremo e Ouro Negro, as quais apresentaram as maiores produtividades e N-acumulado no grão, situando-se no mesmo agrupamento (Tabela 8). Em geral, a cv. Madrepérola produziu 1.703 kg ha<sup>-1</sup>, sendo a mais produtiva de ambos os ensaios.

Apesar de vários autores afirmarem que a interação existente entre microrganismos fixadores de N e genótipos de feijoeiro seja de importância para a compreensão dos resultados de inoculação em feijão (MENDES et al., 1994; ARAÚJO; MUNHOZ; HUNGRIA, 1996), no presente trabalho, ela não foi significativa. Do mesmo modo, Peres et al. (1994) e Ferreira et al. (2000) verificaram que a inoculação com estirpes eficientes ou mesmo a FBN promovida por estirpes nativas em

genótipos nodulantes, pode substituir o fornecimento de N mineral sem afetar a produtividade do feijoeiro. Romanini Júnior et al. (2007) encontraram resultados que mostram incremento superior a 17% na produtividade de grãos de feijoeiro inoculado no inverno em sistema de plantio direto. Araújo et al. (2007) também verificaram resultados semelhantes aos desses autores.

## CONCLUSÕES

As populações nativas promovem nodulação equivalente à das estirpes inoculadas.

A inoculação com as estirpes CIAT 899<sup>T</sup> e UFLA 04-173 favorece o crescimento vegetativo do feijoeiro.

A estirpe CIAT 899<sup>T</sup> proporciona maior número de vagens e maior massa de cem grãos que a estirpe UFLA 04-173, e em Uberaba também proporciona maior rendimento de grãos.

Quando a inoculação é realizada com a estirpe UFLA 04-173, as cultivares diferem quanto ao teor foliar de N.

As cultivares Madrepérola, Ouro Negro e Ouro Vermelho apresentam mais nódulos e maior massa seca de parte aérea, além de maior produtividade em Patos de Minas. Ouro Negro situa-se entre as mais produtivas também em Uberaba.

Em Uberaba há maior acúmulo de matéria seca de nódulos e de parte aérea, mas o ambiente Patos de Minas resulta em maiores valores do rendimento de grãos e componentes.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, CAPES, FAPEMIG e MAPA pelo aporte financeiro.

---

**ABSTRACT:** The symbiotic nitrogen fixation can be an alternative to reduce, or even replace, the nitrogen (N) fertilization of the common bean crop, characterized by application of high doses of this nutrient. This work aimed to verify the response of common bean cultivars to the seed inoculation with two *Rhizobium* strains, conducting two field experiments in the winter-spring crop of 2010, at Patos de Minas and Uberaba, Minas Gerais State, Brazil. The experiment had a randomized block design, with three replications and a 8 x 3 factorial scheme, involving eight cultivars and three levels of inoculation. At flowering, it was evaluated the number of nodules, nodules dry mass, shoots dry weight, N content and accumulation in shoots and, at harvest, the grain yield and its primary components (100 grains weight, number of pods per plant, number of grains per pod) and the N content and accumulation in the grains. The Madrepérola, Ouro Negro and Ouro Vermelho cultivars present the highest number of nodules and higher dry mass; in Patos de Minas, the same cultivars show higher productivity, but in Uberaba, only Ouro Negro cultivar is among the most productive. In Uberaba there is the greater nodules dry weight and higher shoots dry matter, but the most favorable conditions in Patos de Minas results in higher values for grain yield and its components. In Uberaba, the CIAT 899<sup>T</sup> strain overcomes the UFLA 04-173 strain in relation to grain yield. In both environments, the CIAT 899<sup>T</sup> strain also shows superiority in number of pods per plant and weight of one hundred grains.

**KEYWORDS:** *Phaseolus vulgaris*. Nitrogen fixation. Nodulation. *Rhizobium sp.*

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, H. C. et al. Capacidade nodulatória e características agronômicas de feijoeiro-comum submetidos à adubação molíbdica parcelada e nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 2, p. 214-221, 2012.
- ANDRADE, M. J. B. Cultura do Feijoeiro. In: SCORSOLINI-COMIN, F.. (Org.). Aperfeiçoamento em agronegócio. **Aperfeiçoamento em Agronegócio**. Ribeirão Preto: INEPAD, 2010, v. 2, p. 48-62.
- 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 Agronomia**, Maringá, v. 29, n.4, p. 535-540, 2007.
- ARAÚJO, F. F.; MUNHOZ, R. E. V.; HUNGRIA, M. Início da nodulação em sete cultivares de feijoeiro inoculados com duas estirpes de *Rhizobium*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 6, p.435-443, jun.1996.
- ARF, O. et al. Mecanismos de abertura do sulco e adubação nitrogenada no cultivo do feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 499-506, 2008.
- CARDOSO; J. D.; et al. Relationship between total nodulation and nodulation at the root crown of peanut, soybean and common bean plants. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 41, n. 8, p. 1760-1763, 2009.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo levantamento, julho 2013**. Brasília. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_07\\_09\\_09\\_04\\_53\\_boletim\\_graos\\_junho\\_2013.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_07_09_09_04_53_boletim_graos_junho_2013.pdf) f> Acesso em 31 ago. 2013.
- ELBANNA, K., ELBADRY, M., GAMAL-ELDIN, H. Genotypic and phenotypic characterization oh rhizobia that nodulate snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Egyptian soils. **Systematic and Applied Microbiology**, Oxford, v. 32, n. 522-530, p. 522-530, 2009.
- 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, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- 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, p. 1947-1959, 2012.
- FERREIRA, P. A. A. et al. Inoculação com cepas de rizóbio na cultura do feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, n. 7, p. 2210-2212, 2009.
- FERREIRA, A. C. B.; ANDRADE, M. J. B.; ARAÚJO, G. A. A. Nutrição e adubação do feijoeiro. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 223, p. 61-72, 2004.
- GRAHAM, P. H.; DRAEGER, K. J.; FERREY, M. L.; CONROY, M. J.; HAMMER, B. E.; MARTINEZ, E.; AARONS, S. R.; QUINTO, C. Acid pH tolerance in strains of Rhizobium and Bradyrhizobium, and initial studies on the basis for acid tolerance of Rhizobium tropici UMR1899. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 40, p. 198-207, 1994.

- 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.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.
- 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.
- 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, n. 1, p. 219-226, fev. 2009.
- PERES, J. R. R. 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. 415-420, 1994.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2008. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 15 nov. 2010.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., H. V. (Ed.) **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais - CFSEMG, 1999. 359 p.
- ROMANINI JÚNIOR, A. et al. A. 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, 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, 2011.
- SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: Esalq/Usf, 1979. 27p.
- SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. **Irrigação do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa arroz e feijão, 2001.
- SOARES, A. L. L. et al. Eficiência agrônômica 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, 2006.
- SOUZA, E. F. C.; SORATTO, R. P.; PAGANI, F. A. Aplicação de nitrogênio e inoculação com rizóbio em feijoeiro-comum cultivado após milho consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 4, p. 370-377, abr. 2011.
- 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.
- 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, 2005.