

# Desempenho de cultivares de feijoeiro sob inoculação com *Rhizobium* e relação entre os caracteres componentes do rendimento de grãos

## Common bean cultivars performance under *Rhizobium* inoculation and the relation between yield components traits

Fernando José Hawerroth<sup>1\*</sup>; Maraisa Crestani<sup>2</sup>; Julio Cesar Pires Santos<sup>3</sup>

### Resumo

Os objetivos deste trabalho foram avaliar o efeito da inoculação com *Rhizobium* sobre os caracteres de rendimento de grãos em cultivares comerciais de feijoeiro, quantificar as possíveis relações entre estes caracteres, e verificar a similaridade genética entre as cultivares avaliadas a fim de sugerir possíveis genitores para compor combinações promissoras a serem adotadas em cruzamentos artificiais pelos programas de melhoramento. Foram avaliadas seis cultivares comerciais de feijoeiro (IAPAR 81, Carioca, SCS-202 Guará, BRS Valente, FTS Soberano e IPR Uirapuru), com e sem a inoculação de bactérias do gênero *Rhizobium*. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, com quatro repetições, onde os tratamentos foram combinados em esquema fatorial (6 x 2), sendo seis cultivares e dois níveis de inoculação. Cada parcela foi constituída por seis linhas de três metros de comprimento espaçadas em 0,50 m, com área útil de 4m<sup>2</sup>. Os componentes do rendimento de grãos em feijoeiro, nas condições de realização deste estudo, não mostram ser influenciadas pela inoculação com *Rhizobium*. O caráter número de grãos por legume apresenta relação positiva com a definição da produtividade de grãos por área em cultivares comerciais de feijoeiro, enquanto que os números de legumes e de grãos por planta evidenciam forte correlação positiva com a produção de grãos por planta. A cultivar BRS Valente apresenta maior dissimilaridade genética no grupo de genótipos avaliados. As cultivares SCS-202 Guará, FTS Soberano e IPR Uirapuru evidenciam elevado rendimento de grãos, caracterizando genitores potenciais a serem adotados em programas de melhoramento do feijoeiro.

**Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris*, inoculação com *Rhizobium*, produtividade, dissimilaridade

### Abstract

The objectives of this study was to evaluate the *Rhizobium* inoculation effect on the grain yield characters in common bean cultivars, to quantify the possible relationship between these characters, and verify the genetic similarity among cultivars to suggest possible combinations to be adopted in crosses by breeding programs. It was evaluated six commercial common bean cultivars (IAPAR 81, Carioca, SCS-202 Guará, BRS Valente, FTS Soberano e IPR Uirapuru), with and without inoculation of *Rhizobium* bacteria. The experimental design was randomized block design with four replications, in factorial arrangement (6x2), with six cultivars and two inoculation levels. Each plot had six rows with three meters in length and 0.50 meters between rows, with 4 m<sup>2</sup> plot. The yield components traits in common bean, under the conditions of this study, do not show to be influenced by *Rhizobium*'s inoculation. The number of grains per pod has a relation with the definition of yield per area in commercial common bean cultivars, while the numbers of pods and grains per plant showed strong positive correlation with grain

<sup>1</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Dr., Pesquisador, Embrapa Agroindústria Tropical, CEP 60511-110, Fortaleza, CE. E-mail: fernando@cnpat.embrapa.br

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Dr<sup>a</sup>, Universidade Federal de Pelotas, Campus Universitário Capão do Leão, CEP 96010-900, Pelotas, RS. E-mail: maraisacrestani@gmail.com.

<sup>3</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Dr., Prof. da Universidade do Estado de Santa Catarina, CEP 88.520-000, Lages, SC. E-mail: a2jcps@cav.udesc.br

\* Autor para correspondência

yield per plant. The SCS-202 Guará, FTS Soberano e IPR Uirapuru cultivars show high grain yield, characterizing potential parents to be adopted in bean breeding programs.

**Key words:** *Phaseolus vulgaris*, *Rhizobium* inoculation, yield, dissimilarity

## Introdução

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) ocupa lugar de destaque na agricultura brasileira, sendo caracterizado como forte produto no mercado interno, cujos grãos representam uma importante fonte de proteína e minerais na dieta da população, além de possuir notória importância sócio-econômica. O feijoeiro comum é a espécie mais cultivada do gênero *Phaseolus* no mundo (YOKOYAMA, 2002), sendo o Brasil o seu maior produtor mundial (FAOSTAT, 2010). No ano de 2009 foram produzidas 3,48 milhões de toneladas de grãos, cultivados em cerca de 4,13 milhões de hectares (IBGE, 2010), apresentando produtividade média de 842,6 kg ha<sup>-1</sup>. Os baixos índices produtivos do feijoeiro no Brasil podem ser justificados pelo reduzido nível tecnológico empregado na cultura, e pelo cultivo em solos com reduzidos teores de matéria orgânica e fertilidade natural, especialmente deficientes em nitrogênio (KASCHUK et al., 2006), além da utilização de genótipos pouco adaptados às condições de ambiente.

Uma característica importante do feijoeiro é sua capacidade de estabelecer simbiose com bactérias específicas, como as bactérias do gênero *Rhizobium*, podendo obter nitrogênio fixado da atmosfera em nódulos radiculares (PINTO; HUNGRIA; MERCANTE, 2007), suprimindo parte de sua necessidade deste macronutriente. A inoculação das sementes de feijoeiro com bactérias do gênero *Rhizobium* representa uma tecnologia que pode ser adotada para o fornecimento de nitrogênio às plantas, podendo reduzir o uso de fertilizantes nitrogenados (FERREIRA et al., 2000), reduzindo os custos de produção. Contudo, a capacidade de nodulação das cultivares de feijoeiro é altamente influenciada e dependente das características intrínsecas da

planta e das condições do ambiente de cultivo. Por essa razão, a avaliação da produtividade de grãos apresentada pelos genótipos comerciais de feijoeiro frente a inoculação com bactérias do gênero *Rhizobium* torna-se importante, a fim de identificar os genótipos mais responsivos ao uso desta tecnologia.

Os caracteres número de plantas por unidade de área, número de legumes por planta, número de grãos por legume, e massa média de grãos constituem os componentes diretos do rendimento de grãos na cultura do feijoeiro. É de grande interesse em programas de melhoramento genético detectar o nível de participação de cada um destes componentes na produtividade final, no intuito de eleger os caracteres mais efetivos a serem trabalhados, e assim obter maiores ganhos de seleção para o rendimento de grãos.

Em virtude da grande importância da cultura do feijoeiro no Brasil, existe a necessidade do desenvolvimento constante de cultivares superiores, o que exige a escolha correta de bons genitores para a formação de populações alvo de seleção. Neste sentido, estudos de distância genética constituem uma ferramenta importante, pois fornecem parâmetros para a identificação de genitores que possibilitem grande efeito heterótico na progênie, e assim, maior probabilidade de recuperar genótipos superiores nas gerações segregantes (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

Os objetivos deste trabalho foram avaliar o efeito da inoculação com *Rhizobium* sobre o desempenho dos caracteres relacionados ao rendimento de grãos em cultivares comerciais de feijoeiro, quantificar as possíveis relações entre estes caracteres, e verificar a similaridade genética entre as cultivares avaliadas a fim de sugerir possíveis genitores para compor

combinações promissoras a serem adotadas em cruzamentos artificiais pelos programas de melhoramento.

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido no município de Caçador-SC (latitude 26°46'S, longitude 51° W e altitude 960 metros), no ano agrícola 2005/2006. Segundo classificação de Köppen, a região de cultivo apresenta clima classificado como Cfb – temperado constantemente úmido, com verão ameno, com média de precipitação pluvial anual de 1653,2 mm e com umidade relativa do ar média de 77,9 %.

A área utilizada para a realização do experimento foi explorada com a cultura do alho em primeira safra, sendo realizado o cultivo em sucessão com a cultura do milho, não sendo efetuada a semeadura com a cultura do feijoeiro e nem utilizado inoculantes com *Rhizobium* nos ciclos de cultivo anteriores. O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Bruno distrófico, apresentando as seguintes características químicas: M.O.3,1%; pH-H<sub>2</sub>O 5,9; pH-SMP 6,1; P 20,0 mg dm<sup>-3</sup>; K 345,0 mg dm<sup>-3</sup>; Al 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca 8,6 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg 4,9 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. O preparo do solo da área experimental foi realizado por meio de gradagem, após a colheita da cultura do alho, não sendo realizadas correções da acidez e nem realizada adubação com macronutrientes (NPK) em função dos teores verificados na análise química estarem acima dos recomendados para a cultura do feijoeiro, segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2005).

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, com quatro repetições, seguindo arranjo fatorial 6 x 2, obtido da combinação de seis níveis do fator cultivar e dois níveis do fator inoculação. Foram avaliadas seis cultivares comerciais de feijão: IAPAR 81, Carioca e SCS-202 Guará, pertencentes ao grupo Carioca, e

as cultivares BRS Valente, FTS Soberano e IPR Uirapuru, pertencentes ao grupo Preto; e dois níveis do fator inoculação com bactérias do gênero *Rhizobium*: com e sem uso de inoculação. Cada parcela foi constituída por seis linhas de três metros de comprimento, espaçadas em 0,50 m, sendo as medições efetuadas com base no produto obtido com a colheita dos dois metros centrais das quatro linhas internas da parcela, constituindo a área útil de 4,00 m<sup>2</sup>.

A inoculação das sementes foi realizada com a utilização de inoculante turfoso contendo as estirpes de *Rhizobium tropici* SEMIA 4077 e SEMIA 4080, estirpes estas recomendadas para a inoculação de sementes de feijão (HUNGRIA et al., 1999; BERTON JUNIOR, 2003). A dose de inoculante utilizada foi equivalente a 200 g de inoculante turfoso para 50 kg de sementes, sendo considerada concentração mínima de 10<sup>8</sup> células de *Rhizobium* viáveis/grama de turfa. A semeadura foi realizada na segunda quinzena de dezembro (26.12.2005), utilizando uma densidade de 12 sementes viáveis por metro linear.

No momento da colheita foram coletadas dez plantas ao acaso na área útil da parcela para determinação dos componentes do rendimento: número de legumes por planta (NLP), número de grãos por legume (NGL), número de grãos por planta (NGP), em unidade, a massa de mil grãos (MMG), em miligramas, e a produção de grãos por planta (PGPP), em gramas. As demais plantas de cada parcela foram coletadas para estimar a produtividade de grãos (PG), em quilogramas por hectare (kg ha<sup>-1</sup>), corrigida para 13% de umidade. Nesta ocasião também foi efetuada a contagem do número total de plantas compondo a área útil de cada parcela a fim de determinar o estande final de plantas colhidas. Diante da variação entre parcelas quanto ao estande final de plantas, foi efetuada análise de co-variação entre os caracteres componentes do rendimento de grãos e o estande final de plantas, a fim de verificar

a existência de relação polinomial linear entre estas variáveis, conforme descrito em Piana, Silva e Antunes (2007). Para as variáveis número de grãos por planta, produção de grãos por planta e produtividade de grãos foi necessário ajuste dos dados visando a remoção da variação advinda do estande final sobre as estimativas dos efeitos de genótipo, da inoculação e do erro experimental. Por meio de regressões lineares entre o estande final de plantas e os componentes do rendimento influenciados pelo mesmo, foram obtidos os valores ajustados para as variáveis número de grãos por planta, produção de grãos por planta e produtividade de grãos.

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância, onde as variáveis que revelaram significância pelo teste F, a 5% de probabilidade de erro, tiveram as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância. Estes procedimentos e análises foram realizados no programa computacional Sas Learning Edition (2002). Posteriormente foram estimados os coeficientes de correlação fenotípica ( $r_p$ ), genética ( $r_G$ ) e de ambiente ( $r_E$ ) pelo método proposto por Steel e Torrie (1980), buscando verificar a relação entre os caracteres mensurados (NLP, NGL, NGP, MMG, PG e PGPP). Para estimar a dissimilaridade genética foi utilizada a distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ) entre os pares de genótipos a partir de médias padronizadas utilizando o programa computacional Genes (CRUZ, 2001). Com base na matriz de dissimilaridade genética gerada, foi construído um dendrograma pelo método de agrupamento UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*), fazendo uso do programa computacional NTSYS pc 2.1 (ROHLF, 2000). Após a construção do dendrograma, foi calculando o coeficiente de correlação cofenética através do Teste de Mantel

e a separação dos grupos foi realizada utilizando a dissimilaridade média (SOKAL; ROHLF, 1962). Além disso, foi realizada a identificação da importância relativa de cada caráter na formação dos respectivos agrupamentos segundo Singh (1981).

## Resultados e Discussão

Na (Tabela 1) é apresentado o resumo da análise de variância para os caracteres mensurados em cultivares de feijoeiro submetidas a dois níveis de inoculação com estirpes de *Rhizobium*. Os coeficientes de variação para as variáveis consideradas revelaram valores de reduzida magnitude considerando as condições experimentais adotadas (5,15 à 15,73%), refletindo o adequado controle das técnicas experimentais e número de indivíduos avaliados, proporcionando confiabilidade nos resultados obtidos.

Os resultados obtidos pela análise de variância indicaram a existência de variabilidade genética entre as cultivares testadas em relação a todos os caracteres avaliados. Contudo, não foram detectadas modificações na expressão destes perante a prática da inoculação (Tabela 1). A ausência de resposta da inoculação com *Rhizobium* nos componentes do rendimento do feijoeiro pode estar relacionada a ocorrência de um período de estiagem na região de cultivo no início do desenvolvimento da cultura, determinando um maior tempo para o início da emergência das plântulas, diminuindo a eficiência da inoculação. Segundo Hungria, Vargas e Araújo. (1997), altas temperaturas e baixa disponibilidade hídrica podem causar grande mortalidade de células de rizóbio, o que pode refletir em reduzida ou mesmo ausência de resposta frente à prática de inoculação.

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância para os caracteres componentes do rendimento de grãos mensurados em cultivares comerciais de feijoeiro cultivadas sob dois níveis de inoculação com *Rhizobium*. Caçador/SC, 2006.

Fonte de variação	GL	QM					
		NLP	NGL	NGP	MMG	PGPP	PG
		----- unidade -----			--- mg ---	----- g -----	-- kg ha <sup>-1</sup> --
Cultivar (C)	5	239,42*	3,22*	2108,75*	3370,86*	90,43*	434924,20*
Inoculação (I)	1	0,05 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	190,40 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	8,16 <sup>ns</sup>	39163,75 <sup>ns</sup>
C x I	5	11,03 <sup>ns</sup>	0,76 <sup>ns</sup>	174,92 <sup>ns</sup>	224,11 <sup>ns</sup>	7,50 <sup>ns</sup>	36067,49 <sup>ns</sup>
Bloco	3	4,84	0,56	41,05	336,62	1,77	8480,41
Erro	33	9,99	0,56	92,25	267,98	3,96	19034,94
Média geral	-	20,10	4,89	96,00	234,46	22,31	2677,24
CV%	-	15,73	15,34	10,01	6,98	8,92	5,15

NLP = Número de legumes por planta; NGL = Número de grãos por legume; NGP = Número de grãos por planta; NPH = Número de plantas por hectare; MMG = Massa de mil grãos; PGPP = Produção de grãos por planta; PG = Produtividade de grãos; GL = Graus de liberdade; QM= Quadrado médio; CV= Coeficiente de variação; \*Significativo a 5% de probabilidade de erro; ns= não significativo.

A não significância do fator inoculação também pode ser justificada pela reduzida simbiose estabelecida entre as cultivares de feijoeiro e as estirpes de *Rhizobium* utilizadas, visto que tais cultivares foram desenvolvidas sem considerar a sua eficiência na simbiose com *Rhizobium*. Segundo Flesch, Hemp e Nicknich, (2001), além da melhoria das características voltadas ao maior rendimento, os programas de melhoramento do feijoeiro tem por objetivo obter cultivares precoces para possibilitar um maior número de safras. De acordo com Tsai et al. (1993), na América Latina têm-se priorizado a obtenção de cultivares com altos índices de produtividade e altamente responsivas a adubação mineral. Entretanto, a redução no ciclo da cultura a torna mais dependente de boas condições de fertilidade do solo para a obtenção de rendimentos satisfatórios, como disponibilidade de nitrogênio mineral. As cultivares avaliadas neste trabalho apresentam ciclo de desenvolvimento variando de 75 a 90 dias da emergência à maturidade fisiológica, porém, devido a maior temperatura média diária ocorrida na época em que foi realizada a semeadura, a duração do ciclo de desenvolvimento limitou-se

à 71 dias (dados não apresentados). Desta forma, o menor período de desenvolvimento do feijoeiro pode comprometer o estabelecimento da simbiose com o *Rhizobium*, visto que o feijão se caracteriza por apresentar rápida senescência dos nódulos logo após a floração, com conseqüente redução da fixação biológica de nitrogênio (ALCANTARA et al., 2009). De acordo com Puppo et al. (2005), a senescência dos nódulos ocorre naturalmente no começo da antese devido à síntese de sinais generalizados na parte aérea ou durante o enchimento dos grãos, sugerindo que em genótipos com menor ciclo a senescência de nódulos é antecipada, diminuindo o período ativo de fixação biológica de nitrogênio. Associado a isto, segundo Ferreira et al. (2000), o aumento excessivo da disponibilidade de nitrogênio mineral pode limitar a capacidade de fixação de nitrogênio através da simbiose com *Rhizobium*. Por essa razão, a alta disponibilidade de nitrogênio na área experimental pode ter sido outro fator contribuinte para a ineficiência da prática da inoculação.

Considerando o desempenho individual geral de cada cultivar testada, é possível verificar que os maiores desempenhos médios quanto à

produtividade de grãos (PG) foram evidenciados pelas cultivares FTS Soberano, IPR Uirapuru e SCS-202 Guará, conforme apresentado na (Tabela 2). Associado à elevada produtividade de grãos, as cultivares FTS Soberano e SCS-202 Guará apresentaram desempenho superior para o número de grãos por legume (NGL). Juntamente com as cultivares IAPAR 81 e Carioca, a SCS-202 Guará e a IPR Uirapuru evidenciaram elevado desempenho em relação à massa de mil grãos (MMG). Tais atributos destacam as cultivares FTS Soberano, IPR Uirapuru e SCS-202 Guará como possíveis genitores promissores a serem adotados em programas de

melhoramento da cultura do feijoeiro. A cultivar BRS Valente evidenciou elevado desempenho para os caracteres número de legumes por planta (NLP) e número de grãos por planta (NGP), contribuindo diretamente para a elevada produção de grãos por planta (PGPP) apresentada por este genótipo, contudo, a reduzida massa de mil grãos (MMG) possivelmente auxiliou diferencialmente na definição do potencial produtivo, a qual cultivar evidenciou a menor produtividade de grãos (PG) entre os genótipos avaliados, juntamente com a cultivar Carioca.

**Tabela 2.** Desempenho médio de cultivares comerciais de feijoeiro em relação aos caracteres componentes do rendimento de grãos cultivadas sob dois níveis de inoculação com *Rhizobium*. Caçador/SC, 2006.

Cultivar	NLP	NGL	NGP	MMG	PGPP	PG
	----- unidade -----	----- unidade -----	----- unidade -----	--- mg ---	----- g -----	-- kg ha <sup>-1</sup> --
IAPAR 81	20,0 bc	4,1 b	97,2 bc	247,4 a	22,6 bc	2660,0 bc
IPR Uirapuru	19,2 bc	4,9 b	81,8 d	243,1 a	19,4 d	2880,6 a
BRS Valente	29,5 a	4,6 b	118,9 a	204,7 b	27,1 a	2347,8 d
FTS Soberano	13,5 d	6,0 a	80,2 d	212,9 b	19,0 d	2904,3 a
SCS-202 Guará	16,4 cd	5,0 ab	86,2 cd	243,2 a	20,3 cd	2817,8 ab
Carioca	22,0 b	4,8 b	111,6 ab	255,4 a	25,5 ab	2453,0 cd

NLP = Número de legumes por planta (unidade); NGL = Número de grãos por legume (unidade); NGP = Número de grãos por planta (unidade); MMG = Massa de mil grãos (mg); PGPP = Produção de grãos por planta (g); PG = Produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>); Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Os coeficientes de correlação fenotípica ( $r_p$ ), genotípica ( $r_G$ ) e de ambiente ( $r_E$ ) entre caracteres relacionados ao rendimento de grãos (NLP, NGL, NGP, MMG, PGPP e PG,) mensurados nas cultivares comerciais de feijoeiro avaliadas, independente do tratamento com inoculante, são apresentados na

(Tabela 3). Com base nos coeficientes de correlações fenotípicas ( $r_p$ ), genotípicas ( $r_G$ ) e de ambiente ( $r_E$ ) observados nesta avaliação foi possível detectar a existência de diferenças na ocorrência, no sentido e na magnitude das correlações entre os caracteres componentes do rendimento de grãos.

**Tabela 3.** Coeficientes de correlação fenotípica ( $r_p$ ), genotípica ( $r_G$ ) e de ambiente ( $r_E$ ) entre caracteres componentes do rendimento de grãos mensurados em cultivares comerciais de feijoeiro cultivadas sob dois níveis de inoculação com *Rhizobium*. Caçador/SC, 2006.

Caracteres	NLP	NGL	NGP	MMG	PGPP	PG
<b>Coeficiente de correlação fenotípica (<math>r_p</math>)</b>						
NLP	--	-0,62**	0,90**	-0,24 <sup>ns</sup>	0,90**	-0,90**
NGL		--	-0,54**	-0,42**	-0,54**	0,54**
NGP			--	-0,12 <sup>ns</sup>	1,00**	-1,00**
MMG				--	-0,12 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>
PGPP					--	-1,00**
<b>Coeficiente de correlação genotípica (<math>r_G</math>)</b>						
NLP	--	-0,66**	0,92**	-0,26 <sup>ns</sup>	0,92**	-0,92**
NGL		--	-0,62**	-0,49**	-0,62**	0,62**
NGP			--	-0,15 <sup>ns</sup>	1,00**	-1,00**
MMG				--	-0,15 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>
PGPP					--	-1,00**
<b>Coeficiente de correlação de ambiente (<math>r_E</math>)</b>						
NLP	--	-0,35*	0,30*	-0,03 <sup>ns</sup>	0,30*	-0,30*
NGL		--	0,06 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	-0,06 <sup>ns</sup>
NGP			--	0,23 <sup>ns</sup>	1,00**	-1,00**
MMG				--	0,23 <sup>ns</sup>	-0,23 <sup>ns</sup>
PGPP					--	-1,00**

NLP = Número de legumes por planta (unidade); NGL = Número de grãos por legume, (unidade); NGP = Número de grãos por planta (unidade); MMG = Massa de mil grãos (mg); PGPP = Produção de grãos por planta (g); PG = Produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>). \*Significativo a 5% de probabilidade; \*\*Significativo a 1% de probabilidade; ns= Não significativo; GL= n-2 ≈ 46.

Para todas as associações observadas, a magnitude das correlações genéticas foi ligeiramente superior em relação às fenotípicas. De acordo com Gonçalves, Martins e Bortolletto (1996), essa superioridade pode ser justificada pelo resultado dos efeitos modificadores do ambiente na associação entre os caracteres, sendo a expressão fenotípica destes caracteres reduzida diante das influências do ambiente. Os caracteres com elevada magnitude de correlação, fenotípica e genotípica, podem ser considerados nas estratégias de seleção, contudo, somente as correlações genéticas envolvem uma associação de natureza herdável,

podendo, por conseguinte, efetivamente contribuir com a orientação dos programas de melhoramento (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

O caráter NGP evidenciou correlação positiva e de elevada magnitude com o NLP ( $r_G=0,92$ ;  $r_p=0,90$ ), e negativa com o NGL ( $r_G=-0,62$ ;  $r_p=-0,54$ ), enquanto o NGL também apresentou relação negativa com o NLP ( $r_G=-0,66$ ,  $r_p=-0,62$ ) e MMG ( $r_G=-0,49$ ,  $r_p=-0,42$ ). Desta maneira, desempenhos superiores para o número de grãos por planta se mostraram fortemente relacionados ao maior número de legumes por planta e ao menor número de grãos por legume, enquanto o maior número de grãos por

legume foi acompanhado pelo menor número de grãos e legumes por planta, e à menor massa média de grãos, concordando com os resultados obtidos por Kurek et al. (2001).

Não foram constatadas correlações fenotípicas e genotípicas significativas entre a MMG e os caracteres NLP, NGP, PGPP e PG. Assim como no presente trabalho, Lana, Cardoso e Cruz (2003) observaram correlações positivas e de reduzida magnitude entre a massa média de grãos com a produção de grãos de plantas individuais. Ao mesmo tempo, em virtude das fortes relações positivas constatadas entre o rendimento de grãos por área e a massa média grãos, Coimbra et al. (2006) e Kurek et al. (2001) sugerem que este caráter representa uma variável importante a ser adotada na seleção indireta visando o aumento do rendimento de grãos por área nesta espécie.

O caráter PG apresentou relações negativas com o NLP ( $r_G = -0,92$ ;  $r_p = -0,90$ ), NGP ( $r_G = -1,00$ ;  $r_p = -1,00$ ) e PGPP ( $r_G = -1,00$ ;  $r_p = -1,00$ ), e correlações positivas com o NGL ( $r_G = 0,62$ ;  $r_p = 0,54$ ), concordando com relatos de Coimbra et al. (2006). Diferentemente do observado para a PG, o caráter PGPP apresentou correlações positivas de elevada magnitude com o NLP ( $r_G = 0,95$ ;  $r_p = 0,92$ ) e NGP ( $r_G = 1,00$ ;  $r_p = 1,00$ ), e negativa com o NGL ( $r_G = -0,62$ ;  $r_p = -0,54$ ). Desta forma, é possível observar que o maior rendimento de grãos por área foi acompanhado pelo menor número de legumes e grãos por planta, e menor produção de grãos individual por planta, contudo, foi diretamente relacionado ao maior número de grãos por legume, sugerindo grande importância deste caráter na definição do potencial produtivo das cultivares avaliadas. Enquanto isso, a maior produção de grãos por planta foi fortemente correlacionada ao maior número de legumes e de grãos por planta, e ao menor número de grãos por legume, sendo que maiores produções de grãos individuais por planta estiveram relacionadas à menor produtividade de grãos por área. Lana, Cardoso e Cruz (2003) relataram a grande contribuição do número de legumes por planta na definição da produção de

grãos por planta, concordando com os resultados observados nesta avaliação, e sugerem a utilização deste caráter em processos de seleção indireta na busca de genótipos de feijoeiro mais produtivos.

A magnitude e sentido dos coeficientes de correlação observados entre a produtividade de grãos e seus caracteres componentes apresentados na literatura são amplamente variáveis. Assim como nesta avaliação, são verificados com frequência coeficientes de correlação negativos entre estes componentes. Estes resultados podem estar relacionados à alta competição entre plantas em decorrência dos fatores de ambiente, o que torna também intensa a competição por nutrientes e metabólitos entre as diferentes partes da planta, sendo esta particularmente expressiva durante a fase de formação das estruturas reprodutivas, o que conduz a uma variação compensatória entre os componentes da produtividade de grãos (LANA; CARDOSO; CRUZ, 2003).

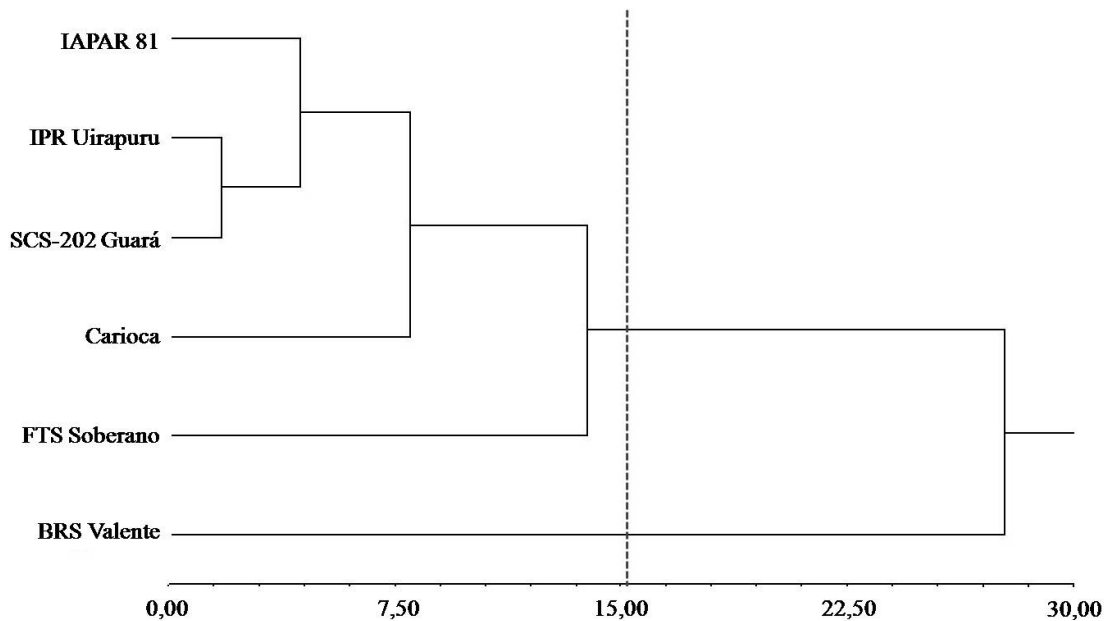
Foi observada considerável influência do ambiente na manifestação dos caracteres avaliados, evidenciada pelos coeficientes de correlação de ambiente significativos positivos e negativos. Valores positivos de correlação de ambiente, tal como as observadas na relação entre os caracteres NLP e NGP ( $r_E = 0,30$ ), NLP e PGPP ( $r_E = 0,30$ ), e entre NGP e PGPP ( $r_E = 1,00$ ) indicam que ambos os caracteres foram prejudicados ou beneficiados pelas mesmas variações de ambiente, enquanto que valores negativos, tal como os observados entre os caracteres NLP e NGL ( $r_E = -0,35$ ), NLP e PG ( $r_E = -0,30$ ), NPG e PG ( $r_E = -1,00$ ), e entre PGPP e PG ( $-1,00$ ) apontam que o ambiente favoreceu um caráter em detrimento do outro, segundo Falconer (1989).

Com base na análise multivariada, realizada englobando todos os caracteres avaliados (NLP, NGL, NGP, MMG, PGPP e PG), é possível observar a relação existente entre as cultivares considerando conjuntamente os dois níveis de inoculação avaliados (Figura 1). Nesta avaliação, é possível



verificar a formação de dois grupos, com base na dissimilaridade média ( $dm = 15,24$ ). O primeiro grupo foi formado pelo genótipo BRS Valente, e o segundo pelas demais cultivares: IAPAR 81, IPR Uirapuru, SCS-202 Guará, Carioca e FTS Soberano.

Tais inferências podem ser efetuadas com segurança, uma vez que o coeficiente de correlação cofenética revelou a magnitude de 0,91, o que indica bom ajuste entre a matriz de dissimilaridade e a representação gráfica apresentada no dendrograma.



**Figura 1.** Dendrograma representativo da dissimilaridade genética entre seis cultivares de feijoeiro cultivadas sob dois níveis de inoculação com *Rhizobium*, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ) e o método de agrupamento UPGMA, considerando a análise conjunta dos caracteres componentes do rendimento de grãos. Caçador/SC, 2006.

Os caracteres produtividade de grãos, produção de grãos por planta e número de grãos por planta foram os mais significativos na contribuição relativa para a determinação das distâncias entre as cultivares consideradas (Tabela 4). Apesar da cultivar SCS-202 Guará pertencer ao grupo Carioca e a cultivar IPR Uirapuru ao grupo Preto, estes genótipos apresentaram pequena distância genética com base nos caracteres componentes do rendimento de grãos, indicando a possível manifestação de reduzido vigor híbrido em tais caracteres em cruzamentos envolvendo estas duas cultivares como genitores. Segundo Bertan (2007), a manifestação do vigor híbrido em espécies autógamas, como o feijoeiro, representa para o melhorista a maior possibilidade de recombinação de alelos em locos distintos, acarretando em maior

amplitude de classes fenotípicas que serão obtidas na população básica de seleção (geração  $F_2$ ). Contudo, apesar da combinação entre estas duas cultivares possivelmente proporcionar uma menor amplitude fenotípica em relação aos componentes do rendimento, traria a vantagem da exploração do elevado desempenho dos dois genitores para nestes os caracteres, vinculado a maior facilidade no momento da seleção de genótipos superiores em virtude da menor variabilidade da população segregante, e conseqüente maior semelhança entre os indivíduos. Ao mesmo tempo, por apresentarem elevado desempenho médio em caracteres componentes do rendimento e serem dissimilares em relação às demais cultivares avaliadas, as cultivares SCS-202 Guará e a IPR Uirapuru, poderão representar combinações eficientes

com outros genitores, distantes geneticamente e necessariamente superiores para os caracteres alvo de melhoramento, possibilitando assim a maior

expressão do vigor híbrido e maiores ganhos com a seleção em gerações segregantes.

**Tabela 4.** Importância dos caracteres componentes do rendimento de grãos na análise de distância genética entre cultivares comerciais de feijoeiro cultivadas sob dois níveis de inoculação com *Rhizobium*, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ). Caçador/SC, 2006.

Caráter	Contribuição relativa para a distância genética entre cultivares <sup>1</sup> (%)
Número de legumes por planta (unidade)	0,41
Número de grãos por legume (unidade)	0,12
Número de grãos por planta (unidade)	12,74
Massa de mil grãos (mg)	0,38
Produção de grãos por planta (g)	37,03
Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )	49,32

<sup>1</sup>Importância relativa de cada caráter na formação dos agrupamentos segundo Singh (1981).

## Conclusões

Os componentes do rendimento de grãos em feijoeiro não mostram ser influenciadas pela inoculação com *Rhizobium*.

O caráter número de grãos por legume apresenta relação positiva com a definição da produtividade de grãos por área em cultivares comerciais de feijoeiro, enquanto que os números de legumes e de grãos por planta evidenciam forte correlação positivas com a produção de grãos por planta.

A cultivar BRS Valente apresenta maior dissimilaridade genética no grupo de genótipos avaliados.

As cultivares SCS-202 Guará FTS Soberano e IPR Uirapuru evidenciam elevado rendimento de grãos, caracterizando genitores potenciais a serem adotados em programas de melhoramento do feijoeiro.

## Referências

- ALCANTARA, R. M. C. M.; ARAÚJO, A. P.; XAVIER, G. R.; ROCHA, M. M.; RUMJANEK, N. G. *Relações entre a contribuição da fixação biológica de nitrogênio e a duração do ciclo de diferentes genótipos de cultivares de leguminosas de grãos*. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009. 27 p. Disponível em: <<http://www.cpamn.embrapa.br/publicacoes/documentos/doc197.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2010.
- BERTAN, I. *Implicações da capacidade combinatória e da distância genética entre genitores no desenvolvimento de populações superiores em trigo (Triticum aestivum L.)*. 2007. Tese (Doutorado em Agronomia - Fitomelhoramento) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- BERTON JUNIOR, J. F. *Inoculação com Rhizobium e adubação foliar de cobalto e molibdênio na cultura do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.)*, no município de São José do Cerrito - SC. 2003. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) - Centro de Ciências Agroveterinárias. Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages.
- COIMBRA, J. L. M.; KOPP, M. M.; MISTURA, C.; LUZ, V. K.; MAIA, L. C.; GUIDOLIN, A. F.; OLIVEIRA, A. C. Análise de causa e efeito sobre os componentes do rendimento em genótipos de feijão. *Magistra*, Cruz das Almas, v. 18, n. 2, p. 102-109, 2006.

- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. *Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2005.
- CRUZ, C. D. *Programa genes - versão windows 2001.0.0*. Viçosa: UFV, 2001. 648 p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa: UFV, 2004. 408 p.
- FALCONER, D. S. *Introduction to quantitative genetics*. New York: Longman, 1989. 438 p.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS STATISTICAL DATABASES - FAOSTAT. *Databases*. 2010. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>. Acesso em: 01 nov. 2010.
- FERREIRA, A. N.; ARF, O.; CARVALHO, M. A. C.; ARAÚJO, R. S.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S. Estirpes de *Rhizobium tropici* na inoculação do feijoeiro. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 507-512, 2000.
- FLESCHE, R. D.; HEMP, S.; NICKNICH, W. Feijões precoces em Santa Catarina - Safra 2001. In: REUNIÃO CATARINENSE DE MILHO E FEIJÃO, 3., 2001, Chapecó, SC. *Anais...* Chapecó, SC: Epagri, p. 138-141. 2001.
- GONÇALVES, P. S.; MARTINS, A. L. M.; BORTOLLETO, N. Estimates of genetics parameters and correlations of juvenile characters based on open pollinated of Hevea. *Brazilian Journal of Genetics*, Ribeirão Preto, v. 19, n. 1, p. 105-111, 1996.
- HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T.; ANDRADE, D. de S.; CAMPO, R. J.; CHUEIRE, L. M. de O. FERREIRA, M. C.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. Fixação biológica de nitrogênio em leguminosas de grãos. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Ed.). *Inter-relação biologia, fertilidade do solo e nutrição de plantas*. Viçosa: CBCS; Lavras: UFLA/DCS. 1999. p. 597-620.
- HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T.; ARAÚJO, R. S. Fixação biológica do nitrogênio em feijoeiro. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. (Ed.). *Biologia dos solos dos cerrados*. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1997. p. 187-294.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. *Levantamento sistemático da produção agrícola*. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/> Ispa/defaulttab.shtm>. Acesso em: 19 jan. 2010.
- KASCHUK, G.; HUNGRIA, M.; ANDRADE, D. S.; CAMPO, R. J. Genetic diversity of rhizobia associated with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown under no-tillage and conventional systems in Southern Brazil. *Applied Soil Ecology*, Amsterdam, v. 32, n. 1, p. 210-220, 2006.
- KUREK, A. J.; CARVALHO, F. I. F.; ASSMANN, I. C.; MARCHIORO, V. S.; CRUZ, P. J. Análise de trilha como critério de seleção indireta para rendimento de grãos em feijão. *Revista Brasileira de Agrociências*, Pelotas, v. 7, n. 1, p. 29-32, 2001.
- LANA, A. M. Q.; CARDOSO, A. A.; CRUZ, C. D. Herdabilidade e correlações entre caracteres de linhagens de feijão obtidas em monocultivo e em consórcio com o milho. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 33, n. 6, p. 1031-1037, 2003.
- PIANA, C. F. B.; SILVA, J. G. C.; ANTUNES, I. F. Ajuste do rendimento para a variação do estande em experimentos de melhoramento genético do feijão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 42, n. 12, p. 1687-1696, 2007.
- PINTO, F. G. S.; HUNGRIA, M.; MERCANTE, F. M. Polyphasic characterization of Brazilian *Rhizobium tropici* strains effective in fixing N<sub>2</sub> with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Soil Biology & Biochemistry*, Oxford, v. 39, n. 8, p. 1851-1864, 2007.
- PUPPO, A.; GROTEN, K.; BASTIAN, F.; CARZANIGA, R.; SOUSSI, M.; MERCEDES LUCAS, M.; ROSARIO DE FELIPE, M.; HARRISON, J.; VANACKER, H.; FOYER, C. H. Legume nodule senescence: roles for redox and hormone signalling in the orchestration of the natural aging process. *New Phytologist*, Oxford, v. 165, n. 3, p. 683-701, 2005.
- ROHLF, F. J. *NTSYS-pc: numerical taxonomy and multivariate analysis system*. Version 2.1. New York: Exeter Software, 2000. 38 p.
- SAS LEARNING EDITION. *Programa SAS - getting started with the SAS learning edition*. North Carolina: Cary SAS Publishing, 2002. 200 p.
- SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, New Delhi, v. 41, n. 2, p. 237-245, 1981.
- SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. The comparison of dendrograms by objective methods. *Taxon*, Berlin, v. 11, p. 33-40, 1962.
- STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach*. 2. ed.

New York: McGraw-Hill Inc., 1980. 631 p.

TSAI, S. M.; BONETTI, R.; AGBALA, S. M.; ROSSETO, R. Minimizing the effect of mineral nitrogen on biological nitrogen fixation in common bean by increasing nutrient levels. *Plant Soil*, The Hague, v. 154, n. 1, p. 131-138. 1993.

YOKOYAMA, L. P. Aspectos conjunturais da produção de feijão. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. (Ed.). *Produção de feijoeiro comum em várzeas tropicais*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 249-292.