

Adaptação e estabilidade de produção de cultivares e linhagens-elite de feijão no Estado do Rio Grande do Sul

Adaptability and yield stability of common bean cultivars and elite lines in the State of Rio Grande do Sul

Nerinéia Dalfollo Ribeiro^I Irajá Ferreira Antunes^{II} Juarez Fernandes de Souza^{III}
Nerison Luis Poersch^{IV}

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a adaptação e a estabilidade da produção de linhagens-elite de feijão para o cultivo no Estado do Rio Grande do Sul (RS). Assim, oito linhagens-elite desenvolvidas a partir de programas de melhoramento de feijão do país e quatro cultivares comerciais foram avaliadas em 12 ambientes, no RS, durante o biênio 2004 e 2005. As estimativas de adaptabilidade e de estabilidade foram obtidas pelos métodos de Eberhart & Russel e de Lin & Binns, modificado por Carneiro. Interação genótipos com ambientes significativa foi observada para a produtividade de grãos, indicando resposta diferenciada dos genótipos aos locais, aos anos e às épocas de semeadura. Os resultados obtidos evidenciaram que as metodologias foram concordantes na identificação de genótipos com estabilidade para a produtividade de grãos ("CHP 99-54" e "SCS 202 Guará"), com adaptação a ambientes favoráveis ("TB 98-20") e a ambientes desfavoráveis ("Guapo Brilhante"). Os genótipos "CHP 99-54" e "SCS 202 Guará" apresentam produtividade de grãos acima da média geral, alta adaptação e estabilidade de produção, sendo indicados ao registro no Registro Nacional de Cultivares (RNC), para o cultivo no RS, pelo programa de melhoramento obtentor da cultivar.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., interação genótipos com ambientes, rendimento de grãos.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the adaptability and yield stability of common bean elite lines in the Rio Grande do Sul State. Eight elite lines of the different breeding programs of Brazil and four commercial cultivars were evaluated in the 12 environment, in the RS, during the biennium

2004 and 2005. The adaptability and stability estimates were obtained for the methods of Eberhart & Russel and Lin & Binns, modified to Carneiro. Significant genotype by environment interaction was observed to grain yield showed different response to the locations, years and planting times. The results showed that methods were coincided to identify genotypes with yield stability ('CHP 99-54' and 'SCS 202 Guará'), with adaptability to favorable environment ('TB 98-20') and unfavorable environment ('Guapo Brilhante'). The 'CHP 99-54' and 'SCS 202 Guará' genotypes showed grain yield above general mean, broad adaptability and yield stability, and the genotypes are recommend to register in the RNC, to cultivation in the RS state, for the breeding program obtainment of the common bean cultivar.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L., genotype with environment interaction, grain yield.

INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é cultivado no Estado do Rio Grande do Sul em duas épocas: safra e safrinha, com a semeadura realizada em agosto-outubro e em janeiro-março, respectivamente. Assim, a cultura é submetida a diferentes condições de ambiente, especialmente temperatura e precipitação pluvial, e fatores bióticos. Como consequência, alteração na produtividade de grãos tem sido constatada em cultivares comerciais e em linhagens-elite de feijão quando cultivadas em diferentes épocas (RAMALHO et al., 1998; CARBONELL & POMPEU, 2000;

^IDepartamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: neiadr@mail.ufsm.br. Autor para correspondência.

^{II}EMBRAPA Clima Temperado, Pelotas, RS, Brasil.

^{III}Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), Porto Alegre, RS, Brasil.

^{IV}Curso de Agronomia, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil

CARBONELL et al., 2001; RIBEIRO et al., 2004). Por isso, a inscrição das novas cultivares de feijão, no Registro Nacional de Cultivares, no Ministério da Agricultura (RNC-MA), está sendo realizada por época de semeadura (BRASIL, 2006) e a seleção será baseada no desempenho em cada sistema de cultivo.

A preferência por cultivares com ampla adaptação aos vários ambientes de cultivo deve ser considerada (CARBONELL et al., 2001). Isso porque a época de semeadura, definida pelo zoneamento ecológico da cultura, é muitas vezes antecipada ou retardada pelos agricultores devido à ocorrência de fatores climáticos. Além disso, a interação de genótipos com ambientes ainda é o principal problema na fase de seleção ou de indicação de cultivares pelo programa de melhoramento. Nesse contexto, a identificação de cultivares de feijão com ampla adaptabilidade e maior estabilidade fenotípica constitui numa alternativa para atenuar os efeitos dessa interação. Nos últimos anos, vários métodos foram desenvolvidos para identificar cultivares com alto desempenho médio nos vários ambientes de cultivo (CRUZ & REGAZZI, 2001; CRUZ & CARNEIRO, 2003).

Na cultura do feijão, as metodologias de EBERHART & RUSSEL (1966) e de LIN & BINNS (1988) têm sido as mais utilizadas (ABREU et al., 1998; COIMBRA et al., 1999; NUNES et al., 1999; PIANA et al., 1999; BORGES et al., 2000; CARBONELL et al., 2001; RIBEIRO et al., 2004; BACKES et al., 2005; CARBONELL et al., 2007; MELO et al., 2007). Isso porque esses métodos são de simples interpretação, pois agregam adaptabilidade, estabilidade e produtividade em uma única estatística. Pelo método de EBERHART & RUSSEL (1966), a cultivar ideal é aquela que apresenta coeficiente de regressão igual à unidade ($\beta_i = 1$), desvio de regressão o menor possível ($\sigma_d^2 = 0$) e alta produtividade média. Essa metodologia pressupõe uma relação linear entre o comportamento individual de um genótipo e o índice ambiental. No entanto, quando essa linearidade falha, o modelo de efeitos aditivos principais e interação multiplicativa (AMMI) é recomendado (ZOBEL et al., 1998).

Por sua vez, o método de LIN & BINNS (1988) mede a estabilidade pela estimativa do índice de superioridade P_i . Assim, são desejáveis as cultivares com menor P_i , pois apresentam menor desvio em relação à produtividade máxima em cada ambiente, isto é, tem desempenho próximo do máximo na maioria dos ambientes.

CARNEIRO (1998) propôs uma modificação na metodologia de LIN & BINNS (1988), ou seja, fez a decomposição do estimador P_i em duas partes P_{if} (ambientes favoráveis) e em P_{id} (ambientes

desfavoráveis). Desse modo, foi possível identificar germoplasma de feijão com maior estabilidade ($<P_i$), mais responsivos a ambientes favoráveis ($<P_{if}$) e mais adaptados a ambientes desfavoráveis ($<P_{id}$) (CARBONELL et al., 2001; MELO et al., 2007).

O objetivo do melhoramento genético é obter cultivares de feijão mais produtivas, com estabilidade de produção e com características adequadas à preferência do consumidor. Nesse contexto, os Programas Públicos de Melhoramento do RS, formados pela Embrapa Clima Temperado, pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e pela Fundação de Pesquisa Agrônômica (FEPAGRO), decidiram avaliar, de maneira conjunta, as linhagens promissoras desenvolvidas pelos diferentes programas de melhoramento para a inscrição das novas cultivares no RNC-MA. Essas três instituições de pesquisa integram a Comissão Técnica Sul-Brasileira de Feijão (CTSBF), que instituiu, em 2004, o Ensaio de Valor de Cultivo e Uso Sul-Brasileiro de Feijão (EVCU-SB). O EVCU-SB é conduzido, simultaneamente, em quatro Estados: Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e Goiás. Desse modo, é possível comparar o germoplasma de feijão desenvolvido pelas dez instituições que constituem a CTSBF, na região Sul do Brasil, e fazer a extensão da área indicada para o cultivo das novas cultivares. Ao mesmo tempo, a informação decorrente pode servir de indicativo sobre o desempenho de cultivares para os órgãos de assistência técnica.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a adaptação e a estabilidade da produção de linhagens-elite de feijão do EVCU-SB no Estado do Rio Grande do Sul, no biênio 2004 e 2005, com a finalidade de registrá-las no RNC-MA pelo programa de melhoramento obtentor da cultivar.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos do EVCU-SB do biênio 2004 e 2005, conduzidos no Rio Grande do Sul, foram instalados em Pelotas (52°10'W - 31°70'S), Sobradinho (53°01'W - 29°25'S), Santa Maria (53°43'W - 29°42'S), Maquiné (50°12'W - 29°40'S) e Santo Augusto (53°46'W - 27°51'S). A Embrapa Clima Temperado foi responsável pela condução dos experimentos nos municípios de Pelotas e de Sobradinho. A UFSM foi responsável em Santa Maria e a FEPAGRO em Maquiné e Santo Augusto. Todos os EVCU-SB foram instalados no cultivo de safra, sendo que em Maquiné e Santo Augusto também foi realizado o cultivo de safrinha em 2006.

Os 12 experimentos foram conduzidos no delineamento em blocos ao acaso, com três repetições,

seguinte os requisitos mínimos para a determinação do valor de cultivo e uso, para a indicação de cultivares de feijão (BRASIL, 2006). As parcelas foram compostas de quatro fileiras de 4m de comprimento, espaçadas de 0,50m, e a área útil de 3m². Os tratamentos incluíram a avaliação de quatro cultivares de feijão (“BRS Expedito”, “Guapo Brilhante”, “Pérola” e “Carioca”) e de oito linhagens-elite de diferentes programas de melhoramento obtentores de germoplasma: “TB 96-13” e “TB 98-20”, da EMBRAPA Clima Temperado, RS; “SM 98-09”, da FEPAGRO, RS; “CHP 99-54” e “SCS 202 Guará”, da EPAGRI, SC; “LP 01-51” e “LP 99-79” do IAPAR, PR; “CNFP 7762”, da EMBRAPA Arroz e Feijão, GO.

O solo foi preparado de maneira convencional e a adubação foi realizada de acordo com a interpretação da análise química do solo. O controle de insetos foi efetuado com a aplicação de Metamidofós e o controle de plantas invasoras foi realizado manualmente sempre que necessário, de modo que a cultura não sofresse competição. O controle de doenças não foi realizado.

A colheita e a trilha das plantas foram realizadas manualmente na maturação fisiológica. Após a retirada das impurezas, os grãos foram secados ao sol e em estufa (65 a 70°C) até a umidade média de 13%, quando se determinou o rendimento de grãos.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância individual e conjunta, considerando o efeito de genótipos como fixo e os efeitos de ambientes e de blocos aleatórios. As análises de adaptabilidade e de estabilidade foram realizadas de acordo com os métodos de EBERHART & RUSSELL (1966) e de LIN & BINNS (1988), modificado por CARNEIRO (1998). Os testes estatísticos de Barlett e F máximo (STELL et al., 1997; GOMES, 1990; CRUZ & REGAZZI, 2001) foram aplicados para verificar a homogeneidade das variâncias residuais. As análises

estatísticas foram realizadas no programa GENES (CRUZ, 2001) e no aplicativo Office Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A relação entre o maior e o menor quadrado médio do erro (QMr^+ / QMr^-) da análise de variância individual dos 12 experimentos foi superior ao valor (sete) sugerido por GOMES (1990), indicando que as variâncias residuais não foram homogêneas. Por isso, foi realizado o ajuste dos graus de liberdade da interação dos genótipos com ambientes e do erro combinado, conforme descrito em GOMES (1990), para a interpretação correta dos testes de hipóteses e para a apresentação adequada da análise de variância conjunta (Tabela 1).

Interação genótipos com ambientes significativa ($P \leq 0,05$) foi observada para a produtividade de grãos de feijão, revelando resposta diferenciada dos genótipos em relação às mudanças de ambiente (Tabelas 1 e 2). Essa alteração ocorreu devido às condições edafoclimáticas que foram diferentes nos locais, nos anos e nas épocas de avaliação, conforme também constatada por ABREU et al. (1998), COIMBRA et al. (1999), NUNES et al. (1999), PIANA et al. (1999), BORGES et al. (2000), CARBONELL et al. (2001), RIBEIRO et al. (2004), BACKES et al. (2005), CARBONELL et al. (2007) e MELO et al. (2007). Como a pressão de seleção é variável e não-previsível, a expressão da produtividade de grãos, nas diversas condições de cultivo, não foi concordante, pois essa é uma característica complexa que envolve mecanismos genéticos, fisiológicos e morfológicos (MEKBIB, 2002).

A média obtida para a produtividade de grãos nos experimentos conduzidos em Pelotas (safra 2004), Santo Augusto (safra 2005), Santo Augusto (safra 2006) e Pelotas (safra 2005) foi superior à média geral (2097kg ha⁻¹), caracterizando ambientes favoráveis (índices ambientais positivos) (Tabela 2). Os demais

Tabela 1 - Análise de variância conjunta da produtividade de grãos (kg ha⁻¹) de 12 genótipos de feijão, avaliados em 12 ambientes no Estado do Rio Grande do Sul, no biênio 2004 e 2005.

Fonte de variação	GL ¹	SQ	QM ²
Genótipo	11	11706703,89	1064245,81*
Ambiente	11	161038492,54	14639862,96*
Genótipos. Ambientes	121 (83)	42622414,65	513523,07*
Erro	396 (265)	43933067,25	165785,16
Média (kg ha ⁻¹)	2097		
CV(%)	19,41		

⁽¹⁾ Valores entre parênteses referem-se aos graus de liberdade ajustados da fonte de variação.

⁽²⁾ * Significativo a 0,05 de probabilidade de erro pelo teste F. ^{ns} Não-significativo.

Tabela 2 - Médias dos genótipos de feijão para produtividade de grãos (kg ha⁻¹), coeficiente de variação (CV%) e índice ambiental (IA) obtidos em 12 ambientes, avaliados no biênio 2004 e 2005, no Estado do Rio Grande do Sul.

Genótipo ²	(1) ¹	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
LP 99-79 (C)	1438 b*	2475 b*	2103 ns	3490 ns	2283 a*	2404 a*	2090 a*
CHP 99-54 (P)	1646 a	2154 c	1888	3220	2035 a	2300 a	1412 b
Guapo Brilhante (T - P)	1944 a	1838 d	2441	3112	1915 a	2232 a	1980 a
SCS 202 Guará (C)	1613 a	2029 c	1841	3035	1667 b	2483 a	1821 a
BRS Expedito (T - P)	1704 a	1817 d	2091	2994	1572 b	2075 b	1735 a
CNFP 7762 (P)	1787 a	2108 c	1819	2718	1965 a	1925 b	867 c
SM 98-09 (P)	1620 a	1833 d	2041	3226	1637 b	2288 a	1921 a
TB 98-20 (P)	1193 b	1858 d	2144	3393	1709 b	2032 b	886 c
TB 96-13 (P)	1539 b	2992 a	2056	2821	1606 b	1959 b	887 c
LP 01-51 (P)	1484 b	1967 c	1856	2953	1286 c	1677 b	1187 b
Carioca (T - C)	455 c	1092 e	1391	3230	1819 a	1767 b	1428 b
Pérola (T - C)	1317 b	1125 e	2409	2963	1245 c	1571 b	1136 b
Média das testemunhas (T)	1355	1468	2083	3075	1638	1911	1570
Média das linhagens (L)	1540	2177	1968	3107	1774	2134	1384
Contraste (T - L) ³	-185 *	-709 *	115 ns	-32 ns	-136 ns	-223 *	186 ns
Média geral	1478	1941	2006	3096	1728	2059	1446
QME	40337	13890	272133	109930	65829	119909	105604
CV(%)	13,6	6,1	26,0	10,7	14,8	16,8	22,5
IA	-619	-156	-90	999	-369	-37	-651

Genótipo	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	Média
LP 99-79 (C)	2656 a*	3030 a*	2979 ns	1730 ns	1944 ns	2385
CHP 99-54 (P)	2456 a	2531 b	3191	2044	1958	2236
Guapo Brilhante (T - P)	2073 b	2189 b	2951	1955	1560	2182
SCS 202 Guará (C)	2264 a	2747 a	2872	1744	1597	2143
BRS Expedito (T - P)	2656 a	2473 b	3258	1649	1527	2129
CNFP 7762 (P)	2281 a	2847 a	3150	1856	2200	2127
SM 98-09 (P)	1973 b	2597 b	2925	1584	1674	2110
TB 98-20 (P)	2381 a	2389 b	3492	1724	1964	2097
TB 96-13 (P)	1682 c	2531 b	2786	1774	1668	2025
LP 01-51 (P)	2339 a	2797 a	2964	1936	1743	2016
Carioca (T - C)	2431 a	2947 a	2620	1666	1848	1891
Pérola (T - C)	1565 c	2348 b	3165	1596	1418	1822
Média das testemunhas (T)	2181	2489	2998	1717	1588	2006
Média das linhagens (L)	2254	2684	3045	1799	1844	2142
Contraste (T - L)	-73 ns	-195 *	-47 ns	-82 ns	-256 *	
Média geral	2230	2619	3029	1771	1758	2097
QME	53465	38549	257656	122901	131102	110942
CV(%)	10,4	7,5	16,8	19,8	20,6	19,4
IA	133	522	932	-325	-338	

¹ (1) Maquiné - safra 2004; (2) Santo Augusto - safra 2004; (3) Sobradinho - safra 2004; (4) Pelotas - safra 2004; (5) Santa Maria - safra 2004; (6) Maquiné - safra 2005; (7) Maquiné - safrinha 2006; (8) Santo Augusto - safra 2005; (9) Santo Augusto - safrinha 2006; (10) Pelotas - safra 2005; (11) Sobradinho - safra 2005; (12) Santa Maria - safra 2005.

² Letras seguindo a identificação do genótipo representam: (C): grãos tipo carioca; (P): grãos tipo preto; (T) cultivares testemunhas.

³ * Estimativa do contraste significativo, pelo teste F, a 0,05 de probabilidade. ns = Não-significativo.

* Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 0,05 de probabilidade de erro. ns Não-significativo.

experimentos apresentaram índices ambientais negativos, representando ambientes desfavoráveis. Assim, será possível identificar genótipos com adaptação ampla e específica e verificar a sua previsibilidade de comportamento.

As novas linhagens de feijão desenvolvidas pela EMBRAPA (Clima Temperado e Arroz e Feijão), FEPAGRO, EPAGRI e IAPAR apresentaram produtividade de grãos superiores às cultivares testemunhas em cinco ambientes (contrastes

significativos) (Tabela 2). Nos demais ambientes, os contrastes não foram significativos e as linhagens apresentaram desempenho médio semelhante à média das testemunhas. Assim, linhagens com produtividade média superior ou similar às cultivares testemunhas – “BRS Expedito”, “Guapo Brilhante”, “Pérola” e “Carioca” – foram avaliadas no EVCU-SB do biênio 2004 e 2005, representando os avanços tecnológicos no desenvolvimento de germoplasma com alto potencial de produtividade de grãos.

Os coeficientes de variação experimental variaram de 6,1% (Santo Augusto – safra 2004) a 26,0% (Sobradinho – safra 2004). Como a instrução normativa número 25, de 23 de maio de 2006, considera que apenas experimentos com coeficiente de variação de 25%, no máximo, sejam aproveitados para a inscrição de cultivares de feijão no RNC-MA (BRASIL, 2006), apenas o experimento de Sobradinho (safra 2004) não será considerado para fins de registro.

A avaliação dos genótipos pelo método de EBERHART & RUSSELL (1966) permitiu identificar a cultivar “Guapo Brilhante” com adaptação específica a ambientes desfavoráveis ($\beta_i < 1$) (Tabela 3). Por sua vez, a linhagem “TB 98-20” e a cultivar “Carioca” apresentaram adaptação a ambientes favoráveis ($\beta_i > 1$). Os demais genótipos foram de adaptação geral às condições de cultivo da região Sul do Brasil, pois o coeficiente β_i foi semelhante à unidade ($\beta_i = 1$). Entretanto, apenas as cultivares “SCS 202 Guará” e

“BRS Expedito” e as linhagens “CHP 99-54”, “SM 98-09” e “LP 01-51” mostraram-se estáveis (desvio da regressão não-significativo). No entanto, a linhagem LP 01-51 obteve produtividade média inferior à média geral.

A linhagem “LP 99-79” pode ser considerada promissora, pois, além de apresentar a maior média de produtividade de grãos (2385 kg ha⁻¹), tem ampla adaptabilidade. Porém, sua desvantagem é a baixa previsibilidade de comportamento ($\sigma^2 d \neq 0$), que pode representar prejuízos econômicos ao agricultor, se o cultivo for realizado em condições de ambiente desfavoráveis.

Os genótipos “SCS 202 Guará”, “BRS Expedito”, “CHP 99-54” e “SM 98-09” foram considerados desejáveis, segundo os critérios de EBERHART & RUSSELL (1966), ou seja, apresentaram coeficiente de regressão igual à unidade (ampla adaptabilidade), desvio da regressão igual a zero (estabilidade alta) e produtividade de grãos superior à média geral (2097 kg ha⁻¹). Em trabalho conduzido por PIANA et al. (1999), em 23 municípios do RS, entre 1988 e 1994, totalizando 72 ambientes, não foi possível identificar nenhuma cultivar de feijão com estabilidade de produção para o RS. Assim como neste trabalho, a maioria dos genótipos pertencia à Embrapa e à Fepagro e na época não se tinha a tradição de se realizar a avaliação da produtividade em outros Estados. Assim, a pressão de seleção contribuiu para o

Tabela 3 - Produtividade média de grãos (produção, kg ha⁻¹) de 12 genótipos de feijão e estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e de estabilidade obtidos pelos métodos de EBERHART e RUSSELL (1966) - β_i , $\sigma^2 d_i$ e R^2 , e de LIN & BINSS (1988), modificado por CARNEIRO (1998) - P_i , P_{if} e P_{id} , avaliados em 12 ambientes no Estado do Rio Grande do Sul, no biênio 2004 e 2005.

Genótipo	Produção	$(\beta_i)^1$	$(\sigma^2 d_i)^2$	R^2 (%) ³	10^4		
					P_i^4	P_{if}^4	P_{id}^4
LP 99-79	2385	0,959 ^{ns}	40306,92*	81,95	4,4659	3,2992	5,0492
CHP 99-54	2236	0,963 ^{ns}	-5924,43 ^{ns}	93,45	9,0114	5,6600	10,2870
Guapo Brilhante (T)	2182	0,693*	37353,44*	71,23	14,3523	18,5394	12,2588
SCS 202 Guará	2143	0,883 ^{ns}	10188,73 ^{ns}	87,34	13,0229	10,3119	14,3784
BRS Expedito (T)	2129	0,985 ^{ns}	22538,79 ^{ns}	86,62	14,9187	7,6530	18,5516
CNFP 7762	2127	0,934 ^{ns}	68003,43*	75,35	16,7663	11,0854	19,6068
SM 98-09	2110	0,916 ^{ns}	15222,88 ^{ns}	86,76	15,0987	13,0648	16,1157
TB 98-20	2097	1,335*	19047,32 ^{ns}	92,74	19,0638	6,1981	25,4966
TB 96-13	2025	0,885 ^{ns}	151587,56*	59,46	20,8054	26,8077	17,8042
LP 01-51	2016	1,061 ^{ns}	15857,15 ^{ns}	89,66	20,8518	9,0261	26,7646
Carioca (T)	1891	1,228*	163422,02*	72,58	38,5420	11,0718	52,2772
Pérola (T)	1822	1,157 ^{ns}	85026,67*	79,92	39,7940	25,4937	46,9442
Média geral	2097						

¹ $H_0 = \beta_i = 1$ * significativo a 5% de probabilidade pelo teste t; ns: não-significativo.

² $H_0 = \sigma^2 d_i = 0$ * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ns: não-significativo.

³ R^2 = coeficiente de determinação.

⁴ P_i = índice P_i ; P_{if} = adaptação a ambientes favoráveis; P_{id} = adaptação a ambientes desfavoráveis.

desenvolvimento de germoplasma com alta adaptação, mas sem estabilidade de produção. O VCU-SB, por sua vez, avaliou linhagens de cinco programas de melhoramento e em quatro Estados. Como consequência da maior diversidade de clima, de solo e de fatores bióticos, aliada a ações integradas dos programas de melhoramento genético, foi possível selecionar genótipos de base genética ampla e identificar os mais estáveis para a região Sul do Brasil.

Pelo método de LIN & BINNS (1988), os genótipos que apresentaram menor valor de P foram “LP 99-79”, “CHP 99-54” e “SCS 202 Guará”, evidenciando maior estabilidade de produção, além de alta produtividade média nas condições de cultivo na região Sul do Brasil (Tabela 3). Assim, os genótipos com menor P_i são desejáveis, pois apresentaram menor desvio em relação à produtividade máxima em cada ambiente, ou seja, obtiveram desempenho próximo ao máximo na maioria dos ambientes. A metodologia de LIN & BINNS (1988) também possibilitou a identificação de cultivares e de linhagens de feijão com alta estabilidade fenotípica associada ao alto desempenho médio em vários ambientes de cultivo (ABREU et al., 1998; NUNES et al., 1999; BORGES et al., 2000; CARBONELL et al., 2001; BACKES et al., 2005; CARBONELL et al., 2007; MELO et al., 2007).

Considerando a decomposição proposta por CARNEIRO (1998), identificaram-se os genótipos “LP 99-79”, “CHP 99-54” e “TB 98-20” com adaptação a ambientes favoráveis ($<P_{if}$) e os genótipos “LP 99-79”, “CHP 99-54” e “Guapo Brilhante” com adaptação a ambientes desfavoráveis ($<P_{id}$) (Tabela 3). De modo semelhante, CARBONELL et al. (2001) e MELO et al. (2007) também identificaram germoplasma de feijão com maior estabilidade, mais responsivos a ambientes favoráveis e mais adaptados a ambientes desfavoráveis, utilizando a metodologia de LIN & BINNS (1988), modificada por CARNEIRO (1998).

As metodologias de EBERHART & RUSSELL (1966) e de LIN & BINNS (1988), modificada por CARNEIRO (1998), foram concordantes na identificação de genótipos com estabilidade de produção (“CHP 99-54” e “SCS 202 Guará”), com adaptação a ambientes favoráveis (“TB 98-20”) e a ambientes desfavoráveis (“Guapo Brilhante”).

A linhagem “CHP 99-54” (grãos pretos) e a cultivar “SCS 202 Guará” (grãos tipo carioca) apresentaram alta produtividade de grãos, adaptação e estabilidade de produção para o cultivo no Estado do Rio Grande do Sul. Por isso, elas deverão ser indicadas para o registro no RNC-MA pelo programa obtentor da cultivar. Além disso, a utilização dessas cultivares de feijão deverá ser recomendada pela

assistência técnica, pois a estabilidade de produção representará vantagens mercadológicas aos produtores de feijão do RS.

CONCLUSÕES

Os métodos de Eberhart & Russel e de Lins & Binns, modificado por Carneiro, foram concordantes na identificação de germoplasma de feijão com estabilidade fenotípica. Os genótipos “CHP 99-54” e “SCS 202 Guará” apresentam produtividade de grãos acima da média geral, alta adaptação e estabilidade de produção, sendo indicados para o registro no RNC-MA, para o cultivo no RS, pelo programa de melhoramento obtentor da cultivar.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida. Aos colegas Guido Renato Sander e Antônio Losso, da FEPAGRO, e Luiz Fernando de Oliveira, da EMATER, pelo auxílio na condução dos experimentos em Maquiné, Santo Augusto e Sobradinho, respectivamente.

REFERÊNCIAS

- ABREU, A.F.B. et al. Estabilidade de linhagens de feijão em algumas localidades do Estado de Minas Gerais no período de 1994 a 1995. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.22, n.3, p.308-312, 1998.
- BACKES, R.L. et al. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro no Estado de Santa Catarina. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.27, n.2, p.309-314, 2005.
- BORGES, L.C. et al. Emprego de metodologias de avaliação da estabilidade fenotípica na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v.47, n.269, p.89-102, 2000.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Anexo IV. **Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de feijão (*Phaseolus vulgaris*), para a inscrição no registro nacional de cultivares – RCN**. Capturado em 21 ago. 2006. Online. Disponível na Internet: <http://www.agricultura.gov.br>.
- CARNEIRO, P.C.S. **Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamento**. 1998. 155f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Curso de Pós-graduação em Genética e Melhoramento, Universidade Federal de Viçosa.
- CARBONELL, S.A.M.; POMPEU, A.S. Estabilidade fenotípica de linhagens de feijoeiro em três épocas de plantio no Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.2, p.321-329, 2000.
- CARBONELL, S.A.M. et al. Adaptabilidade e estabilidade de produção de cultivares e linhagens de feijoeiro no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.60, n.2, p.69-77, 2001.

- CARBONELL, S.A.M. et al. Estabilidade de cultivares e linhagens de feijoeiro em diferentes ambientes no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.2, p.193-201, 2007.
- COIMBRA, J.L.M. et al. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica em genótipos de feijão de cor (*Phaseolus vulgaris* L.) em três ambientes distintos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n.3, p.441-448, 1999.
- CRUZ, C.D. **Programa genes: versão Windows, aplicativo computacional em genética e melhoramento**. Viçosa: UFV, 2001. 648p.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2001. 390p.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2003. V.2, 585p.
- EBERHART, S.A.; RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Stanford, v.6, n.1, p.36-40, 1966.
- GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 13.ed. Piracicaba: Nobel 1990. 468p.
- LIN, C.S.; BINNS, M.R. Superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.68, p.193-198, 1988.
- MEKBIB, F. Simultaneous selection for high yield and stability in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.138, n.3, p.249-253, 2002.
- MELO, L.C. et al. Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de feijoeiro- comum na Região Centro-Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.5, p.715-723, 2007.
- NUNES, G.H.S. et al. Estabilidade de cultivares de feijão-comum no Estado de Santa Catarina. **Revista Ceres**, Viçosa, v.46, n.268, p.625-633, 1999.
- PIANA, C.F.B. et al. Adaptabilidade e estabilidade do rendimento de grãos de genótipos de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.4, p.553-564, 1999.
- RAMALHO, M.A.P. et al. Interações genótipos x épocas de semeadura, anos e locais na avaliação de cultivares de feijão nas regiões sul e Alto Paranaíba em Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.22, n.2, p.176-181, 1998.
- RIBEIRO, N.D. et al. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares registradas de feijão em diferentes épocas de semeadura para a depressão central do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, p.1395-1400, 2004.
- SILVA, W.C.J.; DUARTE, J.B. Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, p.23-30, 2006.
- STEEL, R.G.D. et al. **Principles and procedures of statistics a biometrical approach**. 3.ed. New York: McGraw Hill Book, 1997. 666p.
- ZOBEL, R.W. et al. Statistical analysis of a yield trial. **Agronomy Journal**, Madison, v.80, p.388-393, 1988.