

Interação genótipo x ambiente na produtividade de grãos de linhagens e cultivares de feijão

Anderson Paranzini Faria¹, Vania Moda-Cirino^{2*}, Juliana Sawada Buratto¹, Camila Farah Borges da Silva² e Deonísio Destro³

¹Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina Paraná, Brasil. ²Área de Melhoramento e Genética Vegetal, Secretaria da Agricultura e do Abastecimento, Instituto Agronômico do Paraná, Rod. Celso Garcia Cid, km 375, 86001970, Londrina, Paraná, Brasil. ³Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brasil.
*Autor para correspondência. E-mail: vamoci@lappar.br

RESUMO. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da interação genótipo por ambiente na produtividade de grãos em linhagens e cultivares de feijoeiro, com a finalidade de orientar programas de melhoramento visando ao desenvolvimento de cultivares superiores. No ano agrícola 2005/2006, foi estabelecido um ensaio, na safra das águas e da seca, em três Estações Experimentais do Iapar, num total de seis ambientes. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com 20 tratamentos e três repetições. As parcelas foram constituídas por duas linhas de 5 m, com espaçamento de 0,5 m entre linhas e com densidade de 15 plantas por metro. Foram efetuadas avaliações para o número médio de dias para florescimento e maturação fisiológica e produtividade de grãos por parcela. As análises de variância individuais e conjuntas para produtividade de grãos revelaram efeitos significativos para genótipos, ambientes e para a interação G x A, em nível de 1 e 5% de probabilidade, revelando que os genótipos comportaram-se diferentemente de acordo com os ambientes. As linhagens LPSIA04-103, LPSIA04-104 LPSIA04-106 e LPSIA04-108 destacaram-se por apresentarem precocidade, ou seja, menor número médio de dias para florescimento e maturação fisiológica dos grãos, produtividade de grãos média elevada e ampla adaptabilidade.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., produtividade de grãos, cultivares.

ABSTRACT. Genotype x environment interaction in the grain yield of lines and cultivars in common bean. The objective of this work was to evaluate the effects of the genotype x environment interaction in the grain yield in lines and cultivars of common bean, as well as to give directions for breeding programs to develop superior cultivars. During the 2005/2006 agricultural year, an assay was conducted in the wet and dry cropping seasons, at three IAPAR Experimental Stations, totaling six environments. Complete randomized blocks, with 20 genotypes and three replications were used. Each plot had two lines of 5 m, 0.5 m between rows, and 15 plants m⁻¹. Number of days to flowering and physiological maturity of the grains and grain yield were assessed. The individual and combined analyses of variance indicated significant differences among genotypes, environments and for the G x A interaction, at 1 and 5% levels of probability, revealing that the evaluated genotypes performed differently according to the environment in which the tests were performed. The following lines were selected: LPSIA04-103, LPSIA04-104 LPSIA04-106 and LPSIA04-108. All lines showed precocity (shorter number of days to flowering and physiological maturity of the grains), high grain yield and wide adaptability.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L., grain yield, cultivars.

Introdução

O feijão é cultivado em, praticamente, todo o território nacional, nas mais variadas condições edafoclimáticas e em diferentes épocas e sistemas de cultivo. Sua semeadura é efetuada em três épocas: safra das águas, safra da seca e safra de outono/inverno. No Paraná, a semeadura da safra das águas ocorre nos meses de agosto a novembro, e sua produção, no ano agrícola de 2006/2007, representou 71,9% da produção

paranaense; a safra da seca, com a semeadura nos meses de dezembro a fevereiro, contribuiu com 26,1% e a safra de inverno, com 2,0% da produção total do Estado (SEAB/DERAL, 2007). Na safra das secas, predomina o cultivo de lavouras altamente tecnificadas, o que caracteriza uma agricultura empresarial com grande utilização de tecnologia e resulta em elevada produtividade média de grãos. A safra de outono/inverno concentra-se nas Regiões Norte e Noroeste do Estado, em sucessão às culturas

de soja, milho e algodão. A semeadura neste período, abril a junho, constitui-se em uma atividade de alto risco pela falta de chuva e pelas baixas temperaturas, durante o desenvolvimento da planta. Quando associado ao baixo nível tecnológico adotado, tal fato resulta em produtividades de grãos muito reduzidas (SEAB, 2008).

Na produção de alimentos básicos, o cultivo de feijão, provavelmente, é o que apresenta o ciclo mais curto. Sendo assim, a busca por cultivares que completem o ciclo em torno de 65 a 70 dias tem sido o objetivo de muitos programas de melhoramento.

A utilização de cultivares precoces possibilita a semeadura do feijão das águas na época indicada e permite o cultivo de outra cultura de verão. Evitam-se, dessa forma, a semeadura antecipada do feijão e a exposição da cultura ao risco de geada. O cultivo do feijão de ciclo precoce também possibilita ao agricultor obter melhor preço de venda, pela colheita antecipada (DALLA CORTE et al., 2002).

Por ser uma espécie com ciclo anual e desenvolvimento precoce, o feijão é mais sensível às variações ambientais (ROSSE; VENCOVSKY, 2000). Assim, alterações nas condições climáticas podem provocar mudanças acentuadas na produtividade de grãos.

Entre as características associadas com a precocidade, o número de dias da emergência ao florescimento tem sido o mais utilizado pelos pesquisadores (DALLA CORTE et al., 2003). Outra característica relacionada com a precocidade é o período entre a emergência e a maturidade fisiológica das sementes.

A diversidade das condições ambientais a que a cultura é submetida contribui para que ocorra a interação cultivar x ambiente, ou seja, a alteração no desempenho relativo das cultivares em virtude das diferenças entre ambientes. Portanto, os materiais precoces, além de alta produtividade de grãos, devem ter um comportamento previsível e responder aos estímulos propostos pelo ambiente. Essa influência da interação do genótipo por ambiente (G x A), no desempenho fenotípico do feijão, foi reportada por Redden et al. (2000) e Dalla Corte et al. (2002).

De acordo com Omar et al. (1999), as plantas não devem apresentar somente alta capacidade de produtividade de grãos, mas também alta estabilidade produtiva para obter boas produtividades de grãos em diferentes ambientes. Segundo Truberg e Hühn (2000), para reduzir o impacto dos efeitos da interação de G x A, estratificam-se geralmente genótipos ou ambientes em grupos homogêneos, de modo que as interações

dentro dos grupos sejam minimizadas.

Allard e Bradshaw (1964) consideram a existência de duas condições que contribuem para a interação dos genótipos com o ambiente ao qual é submetido. A primeira é previsível e inclui as variações ambientais que ocorrem de local para local, dentro da área de distribuição da cultura. Entre as condições ambientais previsíveis estão características como clima, solo e técnicas agrônomicas. A segunda condição é a variação imprevisível, como frequência e distribuição de chuvas, temperatura do ar e do solo e a ocorrência de geadas, entre outras.

As análises de adaptabilidade e estabilidade tornam possível a identificação de cultivares de comportamento previsível e que respondam às variações ambientais, seja em condições específicas ou amplas (CRUZ; REGAZZI, 2003).

Sendo assim, as análises de adaptabilidade e de estabilidade tornam-se necessárias. A utilização do método proposto por Eberhart e Russell (1966) possibilita a identificação de cultivares de feijão com comportamento previsível. O processo em si está baseado na análise de regressão linear, em que o índice ambiental é a variável independente, e a média do caráter avaliado de cada cultivar, em cada ambiente, é a variável dependente (EBERHART; RUSSELL, 1966).

Com a finalidade de orientar programas de melhoramento visando ao desenvolvimento de cultivares precoces superiores, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da interação genótipo x ambiente na produtividade de grãos de linhagens e de cultivares precoces de feijão.

Material e métodos

As avaliações para as características relacionadas ao ciclo da cultura e os efeitos da interação genótipo x ambiente, para a característica produtividade de grãos, foram avaliados em 20 genótipos de feijão, provenientes do banco ativo de germoplasma do Iapar, pertencentes a diferentes grupos comerciais. Alguns genótipos presentes nesse estudo foram avaliados anteriormente, em trabalho preliminar realizado na safra 2004/2005, conduzido por Buratto et al. (2007).

Os locais para a instalação do experimento foram escolhidos de acordo com as diferentes condições edafoclimáticas das regiões, e a semeadura foi realizada segundo o Zoneamento da cultura do feijão no Estado do Paraná (CARAMORI et al., 1998). Na safra das águas 2005/2006, o experimento foi instalado nas estações experimentais do Iapar, localizadas nos municípios de Londrina, Estado do Paraná (23°18'37"S, 51°09'46"W, 585 m de altitude), Pato Branco, Estado do Paraná (26°13'43"S,

52°40'14"W, 761 m de altitude) e Irati, Estado do Paraná (25°28'02"S, 50°39'04"W, 820 m de altitude). Na safra da seca 2006, o experimento foi conduzido em Ponta Grossa, Estado do Paraná (25°05'42"S, 50°09'43"W, 969 m de altitude), Pato Branco, Estado do Paraná (26°13'43"S, 52°40'14"W, 761 m de altitude) e Irati, Estado do Paraná (25°28'02"S, 50°39'04"W, 820 m de altitude).

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, com 20 tratamentos e três repetições para cada local/safra. Cada parcela era constituída por duas linhas de 5 m, com espaçamento de 0,5 m entre linhas e com densidade de semeadura de 20 sementes por metro linear. Após a emergência, foi efetuado o desbaste deixando-se 15 plantas por metro linear. A adubação de base foi efetuada de acordo com os resultados das análises químicas do solo, elevando-se os nutrientes para níveis recomendados para a cultura (PARRA, 2000).

No experimento conduzido em Londrina, Estado do Paraná, na safra das águas 2005/2006, foram marcadas, ao acaso, com etiquetas, 20 plantas por parcela no estádio de desenvolvimento R5 (CIAT, 1987), nas quais foram efetuadas as seguintes avaliações: número de dias da emergência ao aparecimento da primeira flor (DPF) e o número de dias da emergência à maturidade fisiológica (DMF), isto é, quando somente uma ou duas vagens permanecerem verdes na planta.

A produtividade de grãos das parcelas foi avaliada por meio da colheita das plantas de 8 m² de cada parcela, na época da maturação fisiológica dos grãos, e os dados obtidos foram transformados para kg ha⁻¹ e corrigidos para 13% de umidade. As análises de variância individuais e conjuntas dos locais para as características estudadas foram realizadas utilizando o programa Genes (CRUZ, 2001). Os genótipos foram agrupados de acordo com o teste de Scott e Knott (1974). Para o estudo da adaptabilidade e estabilidade, foi utilizada a metodologia proposta por Eberhart e Russell (1966) a qual baseia-se na análise de regressão linear em que a adaptabilidade é medida por meio dos coeficientes de regressão (β_{1i}) e a estabilidade, pelos desvios da regressão (σ^2_{di}).

Resultados e discussão

Os resultados das avaliações das características relacionadas ao ciclo da cultura DPF e DMF, bem como a cor das sementes dos genótipos avaliados, são apresentados na Tabela 1. A análise de variância detectou efeito significativo de genótipo a 1% de probabilidade, indicando que esses apresentaram comportamento diferenciado para ciclo.

Tabela 1. Coloração do tegumento das sementes, resultado da análise de variância, estimativas do coeficiente de variação genética (CVg), coeficiente de variação ambiental (CVe), índices B (CVg/CVe) e coeficiente de determinação genotípica (h²) das características número de dias para a primeira flor (DPF) e número de dias para a maturação fisiológica (DMF) de 20 genótipos de feijão, avaliados no ensaio conduzido em Londrina, Estado do Paraná, safra das águas 2005/2006.

Genótipos	Cor da semente	DPF	DMF
IPR Juriti	bege c/ estrias marrons	41,3 a	80,5 a
IPR Colibri	bege c/ estrias marrons	32,9 d	69,6 b
Goiano Precoce	creme	28,8 f	67,2 c
Capixaba Precoce	preta	36,4 b	73,3 c
IPR Chopim	preta	41,2 a	82,9 a
Cranberry	bege c/estrias vermelhas	30,0 f	69,0 b
Red Hawk	vermelha	28,7 f	65,6 c
Jalo Precoce	amarelada	32,7 d	66,3 c
Mancha Negra	preta	34,8 c	71,3 b
Preto de Malet	preta	27,9 f	69,3 b
Preto de 60 Dias	preta	36,7 b	70,6 b
Pinto Beans	bege c/rajados marrons	31,0 e	66,9 c
Vermelhão	vermelha	28,2 f	65,6 c
LPSIA 04 103	rosa c/estria vermelha	29,2 f	64,9 c
LPSIA 04 104	rosa c/estria vermelha	28,2 f	64,6 c
LPSIA 04 105	rosa c/estria vermelha	28,5 f	65,0 c
LPSIA 04 106	rosa c/estria vermelha	28,3 f	63,6 c
LPSIA 04 108	rosa c/estria vermelha	28,2 f	63,9 c
LPSIA 04 109	rosa c/estria vermelha	28,9 f	63,6 c
LPSIA 04 114	branca	28,8 f	68,3 c
FV			
Genótipo		**	**
Resíduo			
CVe (%)		0,9	1,3
CVg (%)		6,6	3,6
B		6,6	2,6
h ² (%)		99,2	95,3

Valores seguidos da mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 5%; ** significativo em nível de 1% de probabilidade.

O DPF variou de 27,9 a 41,3 dias. O teste de agrupamento de médias de Scott e Knott (1974) agrupou os genótipos em seis classes, e as cultivares IPR Juriti e IPR Chopim apresentaram o maior DPF. Os genótipos que apresentaram o menor DPF foram as cultivares Goiano Precoce, Cranberry, Red Hawk, Vermelhão, Preto de Malet e as linhagens LPSIA04-103, LPSIA04-104, LPSIA04-105, LPSIA04-106, LPSIA04-108, LPSIA04-109 e LPSIA04-114. O DMF variou de 63,6 a 82,9, e as cultivares IPR Juriti e IPR Chopim apresentaram maior ciclo. Os genótipos de ciclo mais precoce foram Goiano Precoce, Red Hawk, Jalo Precoce, Pinto Beans, Vermelhão e as linhagens LPSIA04-103, LPSIA04-104, LPSIA04-105, LPSIA04-106, LPSIA04-108, LPSIA04-109 e LPSIA04-114.

As estimativas dos coeficientes de variação ambiental e genética e índice B (Tabela 1) revelaram a presença de variabilidade genética, entre as cultivares e linhagens avaliadas, para as características DPF e DMF. O índice B, que trata da relação entre CVg e o CVe, fornece indicação da variabilidade genética da característica sem a influência da média geral da mesma. Os valores de índice B obtidos estão acima de um (1), indicando que os efeitos de genótipos são

muito significativos e apresentam grande contribuição na variância total, o que evidencia situação favorável à seleção (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992). As estimativas dos coeficientes de determinação genotípica (h^2) para ambas as características também foram elevadas, evidenciando pouca influência ambiental na expressão dessas características. Resultados similares na cultura de feijão, em cultivares provenientes de programa de melhoramento genético, desenvolvido pelo Iapar, e implantadas em locais de mesmo zoneamento climático, de acordo com Caramori et al. (1998), foram obtidos por Dalla Corte et al. (2002).

As correlações genotípicas e fenotípicas obtidas entre DPF e DMF foram positivas e significativas em nível de 1%, sendo de 0,93 e 0,90, respectivamente. De acordo com os resultados obtidos por Buratto et al. (2007), os genótipos testados apresentaram o mesmo comportamento em relação ao ciclo na safra de 2005. As altas correlações positivas entre essas características também foram obtidas por Dalla Corte et al. (2002), indicando a possibilidade de seleção simultânea entre elas.

Os resultados das análises de variância individuais da característica produtividade de grãos e estimativas dos coeficientes de variação ambiental (CVe) do ensaio conduzido em Londrina, Pato Branco e Irati, na safra das águas 2005/2006, e de

Ponta Grossa, Pato Branco e Irati, na safra da seca 2006, são apresentados na Tabela 2.

Na safra das águas 2005/2006, as análises de variância revelaram efeito significativo de genótipos a 1% de probabilidade, indicando a presença de variabilidade genética entre os genótipos avaliados. Nos ensaios de Londrina e Irati, o teste de Scott e Knott (1974) agrupou os genótipos em duas classes e, em Pato Branco, em quatro classes. Na safra da seca 2006, as análises de variância revelaram efeito significativo de genótipo a 1 e 5% de probabilidade. No ensaio de Ponta Grossa e Pato Branco, os genótipos foram agrupados em quatro classes pelo teste de Scott e Knott (1974); em Irati, em duas classes.

A análise de variância conjunta (Tabela 3) revelou efeitos significativos de genótipos, ambientes e para a interação G x A a 1% de probabilidade. Esses resultados indicam a existência de variabilidade entre os genótipos avaliados e diferença entre os ambientes estudados. A significância da interação G x A indicou comportamento diferenciado dos genótipos frente às variações ambientais. A avaliação dessa interação no melhoramento é importante pela possibilidade de um genótipo se destacar em um determinado ambiente e não em outro, por isso torna-se necessário o estudo da adaptabilidade e estabilidade dos genótipos.

Tabela 2. Resultados das análises de variância individuais da característica produtividade de grãos (kg ha^{-1}) de 20 genótipos de feijão avaliados no ensaio conduzido na safra das águas 2005/2006, em Londrina, Pato Branco e Irati, e na safra da seca 2006, em Ponta Grossa, Pato Branco e Irati, Estado do Paraná.

Genótipos	Safra das Águas 2005/2006			Safra da Seca 2006		
	Londrina	Pato Branco	Irati	Ponta Grossa	Pato Branco	Irati
IPR Juriti	3.147 a	2.675 a	1.484 a	1.966 a	2.812 a	2.409 a
IPR Colibri	2.451 b	2.218 b	1.609 a	1.652 b	1.943 b	2.641 a
Goiano Precoce	2.380 b	1.009 c	1.029 b	1.308 c	1.397 c	1.966 b
Capixaba Precoce	1.793 b	2.086 b	1.606 a	1.474 b	2.680 a	2.372 a
IPR Chopim	2.691 a	2.590 a	1.445 a	1.569 b	3.187 a	2.363 a
Cranberry	2.264 b	954 c	1.293 a	1.896 a	1.056 d	2.148 a
Red Hawk	2.126 b	473 d	909 b	1.180 c	728 d	1.601 b
Jalo Precoce	2.706 a	1.487 c	1.272 a	1.735 a	2.280 b	2.339 a
Mancha Negra	2.162 b	1.195 c	760 b	1.481 b	2.152 b	2.241 a
Preto de Malet	2.007 b	360 d	758 b	777 d	785 d	1.697 b
Preto de 60 Dias	2.182 b	1.508 c	1.577 a	1.155 c	2.044 b	1.928 b
Pinto Beans	1.845 b	1.837 c	1.426 a	1.185 c	1.672 c	1.690 b
Vermelho	2.359 b	604 d	1.318 a	1.079 c	863 d	2.133 a
LPSIA 04 103	2.708 a	1.363 c	1.799 a	2.009 a	1.458 c	2.608 a
LPSIA 04 104	2.985 a	1.536 c	1.774 a	1.924 a	1.381 c	2.328 a
LPSIA 04 105	3.032 a	1.223 c	1.365 a	1.807 a	1.505 c	2.486 a
LPSIA 04 106	2.702 a	1.532 c	1.668 a	1.589 b	1.201 c	2.099 a
LPSIA 04 108	2.724 a	1.231 c	1.581 a	1.877 a	1.306 c	2.374 a
LPSIA 04 109	2.948 a	1.118 c	1.619 a	1.557 b	1.362 c	2.257 a
LPSIA 04 114	2.413 b	1.424 c	1.263 a	1.407 c	1.541 c	1.939 b
EV						
Genótipos	**	**	**	**	*	**
Resíduo						
Médias	2.481	1.421	1.377	1.531	1.667	2.180
CVe (%)	11,1	23,9	22,2	13,8	15,9	14,6

Valores seguidos da mesma letra, na coluna, pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott e Knott (1974) a 5% de probabilidade; *, ** Significativo em nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

A resposta diferenciada de genótipos de feijão a diferentes ambientes também foi observada por Truberg e Huhn (2000), Redden et al. (2000), Dalla Corte et al. (2002) e Londero et al. (2006). A interação G x A é de grande importância para o melhoramento de plantas, porém não proporciona informações sobre o comportamento de cada genótipo frente às variações ambientais, dificultando a identificação de linhagens e cultivares superiores para diferentes ambientes.

Tabela 3. Análise de variância conjunta, em blocos casualizados com interação genótipos x ambientes, considerando-se os efeitos de blocos aleatórios e genótipos e ambientes fixos, em seis ambientes, sendo o experimento conduzido, na safra das águas 2005/2006, em Londrina, Pato Branco e Irati, e, na safra da seca 2006, em Ponta Grossa, Pato Branco e Irati, Estado do Paraná.

FV	GL	F
Bloco/Ambiente	12	
Genótipo	19	**
Ambiente	5	**
Genótipo x Ambiente	95	**
Resíduo	228	
Total	359	

** significativo a 1% de probabilidade.

A média geral da produtividade de grãos nos ambientes variou de 1.392 a 2.488 kg ha⁻¹ (Figura 1). Os valores obtidos estão muito abaixo do potencial produtivo dos genótipos. Isso deve-se ao intenso déficit hídrico ocorrido durante o estágio de florescimento das plantas, em ambas as safras. O período reprodutivo das cultivares mais precoces não coincidiu com o período de escassez de chuvas. Dos locais avaliados, Londrina foi o único que recebeu irrigação suplementar e, portanto, apresentou a maior média de rendimento de grãos.

A produtividade do feijão é afetada pela falta de água, principalmente quando ocorre no estágio R₆ do início da floração em diante (DOURADO NETO; FANCELLI, 2000). Molina et al. (2001) concluíram que genótipos de feijão respondem de maneira diferente ao déficit hídrico. De acordo com Pimentel e Perez (2000), o potencial da água na folha é um indicador do efeito do déficit hídrico na cultura do feijão e, aliado à área foliar e à massa da matéria seca da parte aérea, pode discriminar genótipos mais tolerantes à seca. Trabalhando com feijão-caupi, Nascimento et al. (2004) evidenciaram claramente que a exigência de água por esta cultura aumenta com a proximidade da fase reprodutiva, ressaltando a situação de déficit hídrico encontrada no presente trabalho.

As estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica dos genótipos avaliados para o caráter produtividade de grãos são apresentadas na Tabela 4. Observa-se que 60% dos genótipos testados

apresentaram ampla adaptabilidade, sendo o coeficiente de regressão estatisticamente igual a 1 ($\beta_{ii} = 1$). Quanto à estabilidade, 70% dos genótipos apresentaram desvio de regressão diferente de zero ($\sigma_{di}^2 \neq 0$) tendo baixa previsibilidade de comportamento.

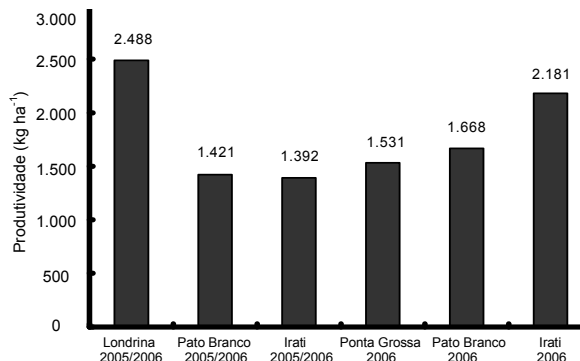


Figura 1. Média geral do ensaio conduzido na safra das águas 2005/2006, em Londrina, Pato Branco e Irati, e na safra da seca 2006, em Ponta Grossa, Pato Branco e Irati, Estado do Paraná.

Tabela 4. Produtividade média de grãos (kg ha⁻¹), estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica por meio do coeficiente de regressão (β_{ii}) e dos desvios da regressão (σ_{di}^2), estimados segundo a metodologia de Eberhart e Russell (1966), para 20 genótipos avaliados pela média de produtividade de grãos em seis ambientes.

Genótipos	Média ¹	β_{ii} ²	σ_{di}^2 ³	R _i ² (%)
IPR Juriti	2.415 a	0,844 ^{ns}	247.910,9 ^{**}	39,6
IPR Colibri	2.086 a	0,734 ^{ns}	58.550,5 [*]	61,2
Goiano Precocce	1.515 b	1,208 ^{ns}	-24.093,1 ^{ns}	98,9
Capixaba Precocce	2.002 a	0,182 ^{**}	234.307,2 ^{**}	3,1
IPR Chopim	2.308 a	0,610 ^{**}	450.527,1 ^{**}	16,5
Cranberry	1.602 b	1,010 ^{ns}	121.307,2 ^{**}	63,5
Red Hawk	1.169 b	1,224 ^{ns}	53.090,8 [*]	82,4
Jalo Precocce	1.970 a	1,121 ^{ns}	38.979,2 ^{ns}	82,6
Mancha Negra	1.665 b	1,084 ^{ns}	145.321,6 ^{**}	63,3
Preto de Malet	1.064 b	1,370 [*]	4.694,9 ^{ns}	93,5
Preto de 60 Dias	1.732 b	0,634 [*]	55.893,6 [*]	54,9
Pinto Beans	1.609 b	0,283 ^{**}	34.421,8 ^{ns}	24,6
Vermelhão	1.393 b	1,400 [*]	95.089,5 ^{**}	80,2
LPSIA 04 103	1.991 a	1,089 ^{ns}	72.695,4 ^{**}	74,9
LPSIA 04 104	1.988 a	1,147 ^{ns}	69.860,4 ^{**}	77,3
LPSIA 04 105	1.903 a	1,527 ^{**}	11.785,4 ^{ns}	93,7
LPSIA 04 106	1.799 a	1,004 ^{ns}	64.695,1 [*]	73,4
LPSIA 04 108	1.849 a	1,186 ^{ns}	61.179,2 [*]	80,0
LPSIA 04 109	1.810 a	1,391 ^{**}	58.323,9 [*]	86,5
LPSIA 04 114	1.665 b	0,944 ^{ns}	-20.675,4 ^{ns}	96,8

¹Valores seguidos da mesma letra pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott e Knott (1974) a 5%; ²** * estatisticamente diferente de um, pelo teste t, a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; ³ns não-estatisticamente diferente de zero pelo teste t, em nível de 1% de probabilidade; ⁴***, **, estatisticamente diferente de zero, pelo teste F, a 1 e 5% de probabilidade e ⁵ ns não-estatisticamente diferente de zero pelo teste F, em nível de 1% de probabilidade.

A cultivar Jalo Precocce (Tabela 4) apresentou elevada produtividade média de grãos, ampla adaptabilidade ($\beta_{ii} = 1$) e comportamento altamente previsível ($\sigma_{di}^2 = 0$), e a sua performance melhora em resposta à melhoria das condições ambientais. As cultivares IPR Juriti e IPR Colibri e as linhagens LPSIA04-103, LPSIA04 -104 LPSIA04-106 e LPSIA04-108 apresentaram elevada produtividade

de grãos e ampla adaptabilidade, porém com baixa estabilidade de comportamento nos ambientes estudados ($\sigma^2_{di} \neq 0$). Segundo Omar et al. (1999), além de apresentarem alta capacidade de produtividade de grãos, as cultivares também devem ter alta estabilidade para garantir boa produtividade de grãos em diferentes ambientes. Considerando-se as vantagens que uma cultivar precoce proporciona ao agricultor de possibilitar escape às condições de estresses climáticos, garantia de melhores preços pela venda antecipada, alta produtividade de grãos, ampla estabilidade e comportamento altamente previsível, a cultivar Jalo Precoce foi a única que atendeu a todos esses critérios dentre os genótipos avaliados. Com relação à produtividade dos genótipos em Londrina, região que não sofreu com o déficit hídrico, pela irrigação suplementar, os genótipos que se destacaram foram o IPR Juriti, IPR Chopim, Jalo Precoce, e as linhagens promissoras foram LPSIA 04 103, LPSIA 04 104, LPSIA 04 105, LPSIA 04 106, LPSIA 04 108 e LPSIA 04 109.

Conclusão

As cultivares e linhagens avaliadas apresentaram respostas diferenciadas com relação à produtividade de grãos, nos diversos ambientes em que foram avaliadas.

Os genótipos apresentaram variabilidade genética para as características associadas ao ciclo da cultura e para a característica produtividade de grãos.

Os genótipos de ciclo mais precoce foram Goiano Precoce, Red Hawk, Jalo Precoce, Pinto Beans, Vermelhão e as linhagens LPSIA04-103, LPSIA04-104, LPSIA04-105, LPSIA04-106, LPSIA04-108, LPSIA04-109 e LPSIA04-114. As correlações genotípicas e fenotípicas obtidas para DPF e DMF foram significativas e positivas indicando a possibilidade de seleção simultânea para ambas as características.

Os genótipos com elevada produtividade de grãos e ampla adaptabilidade foram as cultivares Jalo Precoce, IPR Colibri e IPR Juriti e as linhagens LPSIA04-103, LPSIA04 -104 LPSIA04-106 e LPSIA04-108. A cultivar Jalo precoce foi a única que atendeu aos requisitos de precocidade, elevada produtividade de grãos, ampla adaptação e estabilidade de produção.

Agradecimentos

Ao CNPq e à Capes, pelo apoio financeiro. Ao Iapar, pela infraestrutura e pelo apoio financeiro para a realização do trabalho. À UEL, pelo apoio dado por meio dos Programas de Graduação e de Pós-graduação em Agronomia.

Referências

- ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of genotype-environment interaction in applied plant breeding. **Crop Science**, v. 4, n. 5, p. 503-508, 1964.
- BURATTO, J. S.; MODA-CIRINO, V.; FONSECA JÚNIOR, N. S.; PRETE, C. E. C.; FARIA, R. T. Adaptabilidade e estabilidade produtiva em genótipos precoces de feijão no Estado do Paraná. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 28, n. 3, p. 373-380, 2007.
- CARAMORI, P. H.; GONÇALVES, S. L.; WREGE, M. S.; OLIVEIRA, D.; LOLLATO, M. A.; MARIOT, E. J.; KRANZ, W. M.; BIANCHINI, A. **Zoneamento da cultura do feijão no Estado do Paraná**. Londrina: Iapar, 1998. (Iapar. Circular, 99).
- CIAT-Centro Internacional de Agricultura Tropical. **Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol**. Cali, 1987.
- CRUZ, C. D. **Programa GENES**: versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística. 1. ed. Viçosa: UFV, 2001. v. 1.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. rev. Viçosa: UFV, 2003.
- DALLA CORTE, A.; MODA-CIRINO, V.; DESTRO, D. Adaptability and phenotypic stability in early common bean cultivars and lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 2, n. 4, p. 525-534, 2002.
- DALLA CORTE, A.; MODA-CIRINO, V.; SCHOLZ, M. B. S.; DESTRO, D. Environment effect on grain quality in early common bean cultivars and lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 3, n. 3, p. 193-202, 2003.
- DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. **Produção de feijão**. Guaíba: Agropecuária, 2000.
- EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v. 6, n. 1, p. 36-40, 1966.
- LONDERO, P. M. G.; RIBEIRO, N. D.; CARGNELUTTI FILHO, A.; RODRIGUES, J. A.; ANTUNES, I. F. Herança dos teores de fibra alimentar e rendimento de grãos em populações de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 1, p. 51-58, 2006.
- MOLINA, J. C.; MODA-CIRINO, V.; FONSECA JÚNIOR, N. S.; FARIA, R. T.; DESTRO, D. Response of common bean cultivars and lines to water stress. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 1, n. 4, p. 363-372, 2001.
- NASCIMENTO, J. T.; PEDROSA, M. B.; TAVARES SOBRINHO, J. Efeito da variação de níveis de água disponível no solo sobre o crescimento e produção de feijão-caupi, vagens e grãos verdes. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 2, p. 174-177, 2004.
- OMAR, M. A.; ABDEL-HAKIM, A. M.; EL-HADY, M. M. Stability parameters for faba bean genotypes as criteria for response to environmental conditions. **Annals of Agricultural Science**, v. 44, n. 1, p. 173-188, 1999.

PARRA, M. S. Calagem e adubação. In: INSTITUTO AGRONÓMICO DO PARANÁ. **Feijão**: tecnologia de produção. Londrina: Iapar, 2000. p. 21-28.

PIMENTEL, C.; PEREZ, A. J. Estabelecimento de parâmetros para avaliação de tolerância à seca, em genótipos de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 31-39, 2000.

REDDEN, R. J.; DELACY, I. H.; BUTLER, D. G.; USHER, T. Analysis of line x environment interactions for yield in navy beans. 2. Pattern analysis of lines and environment within years. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 51, n. 5, p. 607-617, 2000.

ROSSE, L. N.; VENCOVSKY, R. Modelo de regressão não-linear aplicado ao estudo da estabilidade fenotípica de genótipos de feijão no Estado do Paraná. **Bragantia**, v. 59, n. 1, p. 99-107, 2000.

SEAB-Secretaria da Agricultura e Abastecimento. **Perfil da Agricultura Paranaense**. Disponível em: <<http://www.pr.gov.br>>. Acesso em: 21 jan. 2008.

SEAB/DERAL-Secretaria de Agricultura e Abastecimento/Departamento de Economia Agrícola.

Estimativa de safras. Disponível em: <<http://www.pr.gov.br>>. Acesso em: 25 jun. 2007.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analyses of variance. **Biometrics**, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.

TRUBERG, B.; HÜHN, M. Contributions to the analysis of genotype x environment interactions: comparison of different parametric and non-parametric tests for interactions with emphasis on crossover interactions. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 185, n. 4, p. 267-274, 2000.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992.

Received on February 18, 2008.

Accepted on June 27, 2008.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.