

# GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS

## ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE PRODUÇÃO DE CULTIVARES E LINHAGENS DE FEIJOEIRO NO ESTADO DE SÃO PAULO<sup>(1)</sup>

SÉRGIO AUGUSTO MORAIS CARBONELL<sup>(2,6)</sup>; JOAQUIM ADELINO  
DE AZEVEDO FILHO<sup>(3)</sup>; LUIZ ANTÔNIO DOS SANTOS DIAS<sup>(4,6)</sup>;  
CHARLESTON GONÇALVES<sup>(2,5)</sup>; CAMILA BIANCHINI ANTONIO<sup>(2,5)</sup>

### RESUMO

Avaliaram-se a adaptabilidade e a estabilidade de produção de 12 cultivares e linhagens de feijoeiro em 24 ambientes (combinações de épocas de plantio, anos e locais de cultivo), no Estado de São Paulo, bem como a eficiência de dois métodos de análise de estabilidade e adaptabilidade. As cultivares IAC-Carioca e IAC-Una foram utilizadas como padrões de grão tipo carioca e preto respectivamente. O delineamento utilizado foi o de blocos completos casualizados, com quatro repetições e parcelas de quatro linhas de 5 m de comprimento, com as duas centrais como parcela útil. Os métodos utilizados para a avaliação dos parâmetros de adaptabilidade, propostos por Cruz e colaboradores e Lin e Binns, modificados por Carneiro, produziram resultados discrepantes. De acordo com os resultados do primeiro método, as cultivares Rudá, Gen12, IAC-Carioca Eté e FT-Bonito podem ser indicadas para plantio em vários ambientes devido à adaptação ampla. Quanto à adaptabilidade a ambientes específicos, as cultivares mais estáveis foram FT-Nobre, FT-Bonito e Rudá (águas); Rudá, IAC-Carioca Eté e Gen12 (seca); Pérola, FT-Bonito e Gen12 (inverno). Pelo segundo método, entretanto, identificaram-se as cultivares mais estáveis e responsivas, as quais foram consideradas, também, como as mais produtivas. Esse segundo método reuniu eficiência, simplicidade, unicidade de parâmetros e facilidade de interpretação dos resultados. Diante disso, sugere-se que a seleção e a recomendação de cultivares mais produtivas, estáveis e responsivas, tanto para adaptação ampla quanto para a específica, sejam orientadas por sua aplicação.

**Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris* L., adaptabilidade, estabilidade, recomendação de cultivares, produtividade.

### ABSTRACT

#### YIELD STABILITY AND ADAPTABILITY OF COMMON BEANS CULTIVARS AND LINES IN THE STATE OF SÃO PAULO, BRAZIL

Twelve common beans cultivars and lines were evaluated in São Paulo State, Brazil according to 24 environments (growing season, years and locations). The yield stability and adaptability were determined by two methods of analysis and their efficiency evaluated. IAC-Carioca and IAC-Una cultivars were used as standards for grain types carioca and black, respectively. For each environment the experiment was set up in randomized complete block design with four replications, each of them consisting of two central lines of five long flanked by two border lines. Stability and adaptability were

<sup>(1)</sup> Recebido para publicação em 5 de janeiro e aceito em 11 de julho de 2001.

<sup>(2)</sup> Centro de Plantas Graníferas, Instituto Agronômico (IAC), Caixa Postal 28, 13001-970 Campinas (SP). E-mail: carbonel@cec.iac.br

<sup>(3)</sup> Estação Experimental de Agronomia de Monte Alegre do Sul, IAC, Caixa Postal 1, 13910-000 Monte Alegre do Sul (SP).

<sup>(4)</sup> Departamento de Biologia Geral/BIOAGRO, Universidade Federal de Viçosa, 36571-000 Viçosa (MG). E-mail: lasdias@mail.ufv.br

<sup>(5)</sup> Estagiário bolsista da FAPESP.

<sup>(6)</sup> Com bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq.

estimated using two methods, Cruz and colleagues, modified by Carneiro. The results indicated that Rudá, Gen12, IAC-Carioca Eté and FT-Bonito cultivars are recommended for planting in several environments, due to their wide adaptability. Considering the adaptability to specific environment, the more stable cultivars were FT-Nobre, FT-Bonito and Rudá (rainy growing season); Rudá, IAC-Carioca Eté and Gen12 (dry season); and Pérola, FT-Bonito and Gen12 (winter season). The two methods of stability and adaptability evaluated were in disagreement. The Lin and Binns method identified the most stable, responsive and highest yielding cultivars. This method is efficient, simple and has unique parameters that can be easily interpreted. Therefore, it is suggested that the selection and recommendation of cultivars for wide or specific adaptation, be based on results indicated by Lin and Binns method.

**Key words:** *Phaseolus vulgaris* L., adaptability, stability, cultivar recommendation, grain yield.

## 1. INTRODUÇÃO

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) é cultivado atualmente no Estado de São Paulo em três épocas: águas, seca e inverno, com a sementeira efetuada em agosto-outubro, janeiro-março e abril-maio respectivamente. Determinaram-se os locais ou regiões mais adequados para o plantio, em cada época, com base no zoneamento ecológico, levando-se em consideração o déficit hídrico e, principalmente, a temperatura (PINZAN et al., 1994). Investigando a estratificação de ambientes visando à seleção de plantas, CARBONELL e POMPEU (1997) avaliaram experimentos instalados no Estado de São Paulo nas três épocas. Para a análise da produtividade, observando a significância das interações genótipos x ambientes, esses autores identificaram ambientes contrastantes causadores de estresse (Pariquera-Açu, Capão Bonito e Itaberá) e ambientes homogêneos (Ribeirão Preto, Votuporanga, Aguai, Mococa e Riversul). Do mesmo modo, DUARTE e ZIMMERMANN (1991) definiram os municípios, denominados 'locais estratégicos', para instalação de experimentos de avaliação do comportamento fenotípico de linhagens visando à recomendação de cultivares.

A avaliação do desempenho em locais estratégicos e dos parâmetros de estabilidade fenotípica permitiu a identificação de linhagens promissoras de feijoeiro para o Estado de Minas Gerais (ABREU et al., 1992). Também com base em análises de estabilidade e adaptabilidade, MIRANDA et al. (1993) recomendaram cultivares para a Zona da Mata de Minas Gerais e indicaram as melhores épocas de cultivo para tais cultivares.

Em São Paulo, tem-se verificado que as condições climáticas diferem de acordo com a época de cultivo, favorecendo o aparecimento de diferentes patógenos e/ou de suas raças (CARBONELL e POMPEU, 1997). Há necessidade, portanto, de conhecer o comportamento das linhagens obtidas no programa de melhoramento genético do feijoeiro, desenvolvido no Estado de São Paulo pelo Instituto Agrônomo (IAC). Essa avaliação é importante para o conhecimento da adaptação

e da estabilidade de produção das linhagens ao longo dos anos, das épocas de plantio e das diferentes regiões de cultivo. Estudos dessa natureza têm demonstrado a significância da interação entre genótipos e ambientes e, conseqüentemente, o comportamento diferencial das linhagens nos locais, nos anos e nas épocas (RAMALHO et al., 1993a; CARBONELL e POMPEU, 2000).

Para a Comissão Técnica de Feijão da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (CTFeijão/SAA-SP), responsável pela avaliação dos experimentos regionais oficiais para fins de recomendação no Estado, tais experimentos devem ser avaliados por época de plantio, pois isso possibilita a comparação entre cultivares em condições específicas de cultivo com propósitos de recomendação regional (WUTKE et al., 1997), obedecendo o zoneamento ecológico da cultura (PINZAN et al., 1994).

Do mesmo modo, o Sistema Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC), do Ministério da Agricultura e do Abastecimento, registra novas cultivares para plantio conforme as regiões edafoclimáticas, embora tais regiões não estejam ainda bem definidas pelo SNPC. Diferenças no comportamento de linhagens e cultivares de acordo com a época de plantio também foram observadas por MIRANDA et al. (1993) e RAMALHO et al. (1993b), justificando, assim, a necessidade da análise por épocas.

Apesar da busca de especificidade de cultivares para ambos os sistemas, dá-se, ainda, preferência a cultivares com adaptação ampla aos vários ambientes. Isso se deve, muitas vezes, à sobreposição e ao descontrole das épocas de plantio pelos agricultores que antecipam ou ultrapassam a época definida pelo zoneamento ecológico da cultura.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o comportamento de linhagens e/ou cultivares analisadas pelo Sistema Estadual de Avaliação de Cultivares de Feijoeiro para provável registro no Ministério da Agricultura e do Abastecimento e recomendação de cultivares pela entidade detentora desse germoplasma.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram instalados em 1997 e 1998, nas três épocas de plantio: águas, seca e inverno, nas principais regiões produtoras de feijão do Estado de São Paulo. As 12 cultivares e/ou linhagens avaliadas foram assim classificadas:

**Grãos tipo carioca:** FT-Bonito, Gen12, IAC-Carioca Eté, Gen14-6, IAC-Carioca, IAPAR-72, Pérola e Rudá;

**Grãos tipo preto:** IAC-Una, FT-Nobre e Xamego;

**Grãos tipo Jalo:** Jalo Precoce.

Utilizaram-se as cultivares IAC-Carioca e IAC-Una como padrões de comparação de médias com as demais cultivares e linhagens, tipos carioca e preto respectivamente, quando aplicado, unilateralmente entre as cultivares, o teste de Dunnett a 5% de probabilidade. Para 'Jalo Precoce' aplicou-se o teste de Dunnett tendo como padrões 'IAC-Carioca' e 'IAC-Una'.

As 12 cultivares e/ou linhagens foram instaladas em 24 ambientes em experimentos de campo a saber (Quadro 1):

**Época das águas (10 ambientes):** Ataliba Leonel, Capão Bonito (2), Itaberá, Monte Alegre do Sul, Mococa, Taquarituba, Tatuí, Espírito Santo do Pinhal e Paranapanema;

**Época da seca (7 ambientes):** Capão Bonito (2), Espírito Santo do Pinhal (2), Mococa, Ataliba Leonel e Tatuí;

**Época de inverno (7 ambientes):** Espírito Santo do Pinhal, Adamantina, Casa Branca, Pindamonhangaba, Pindorama, Vargem Grande do Sul e Votuporanga.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, com quatro repetições. A parcela foi constituída de quatro linhas de 5 m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,60 m (inverno) e 0,50 m (águas e seca) por 0,20 m na linha e três sementes por cova. No desbaste, deixaram-se duas ou três plantas por cova ou 60 plantas por linha. Realizou-se a colheita nas duas linhas centrais da parcela.

Aplicaram-se nesses experimentos 430 kg.ha<sup>-1</sup> da fórmula 4-14-8 no plantio e 65 kg.ha<sup>-1</sup> de sulfato de

**Quadro 1.** Análise da variância de dados de produtividade de grãos (kg.ha<sup>-1</sup>) obtidos de 24 experimentos regionais no Estado de São Paulo, referente a 12 cultivares e/ou linhagens de feijoeiro

Fontes de variação	Águas			Inverno		
	GL	QM (10 <sup>4</sup> )	F	GL	QM (10 <sup>4</sup> )	F
Repetição/Experimento	30	42,82	5,34	21	18,33	1,80
Genótipo	11	228,78	28,55**	11	118,13	11,62**
Experimento	9	163,71	204,26**	6	1.786,08	175,75**
Genótipo x experimento	99	41,46	5,17**	66	347,47	4,67**
Erro	330	8,01	-	231	10,16	-
Total	479	5,28	-	335	53,38	-
Média	-	2.257	-	-	2.479	-
CV%	-	12	-	-	13	-

  

Fontes de variação	Seca			Águas, inverno e seca		
	GL	QM (10 <sup>4</sup> )	F	GL	QM (10 <sup>4</sup> )	F
Repetição/Experimento	21	45,58	4,79	72	36,48	4,02
Genótipo	11	66,75	7,02**	11	31,62	34,84**
Experimento	6	5.024,48	528,46**	23	2.467,30	271,85**
Genótipo x experimento	66	32,66	3,43**	253	41,36	4,56**
Erro	230	9,50	-	791	9,08	-
Total	334	108,45	-	1.150	70,03	-
Média	-	2.434	-	-	2.373	-
CV%	-	13	-	-	13	-

\*\* : Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

amônio em cobertura. Realizaram-se pulverizações para o controle de agentes patogênicos e insetos, utilizando-se a mistura de paration metil, mevinfós e manzate, na proporção 2cc:2cc:2g por litro. No plantio das águas e no da seca, efetuou-se a semeadura em condições de umidade propícias para a germinação e a emergência das plântulas. No cultivo de inverno, realizou-se a irrigação pelo sistema convencional e pivô central, em todas as fases de desenvolvimento da cultura.

As plantas das parcelas, após atingirem a maturação morfológica, foram colhidas e colocadas em sacos de algodão para efetuar a trilha por meio da batida com galhos. Após a limpeza, os grãos foram pesados, obtendo-se os dados de produção de grãos por parcela útil, os quais foram analisados neste estudo.

As análises conjuntas da variância (GOMES, 1985) foram efetuadas para produtividade de grãos obtida no total dos ambientes e por época de plantio considerando efeitos fixos para a fonte de variação genótipo e aleatório para repetição, experimento e interação genótipo por experimento. Efetuaram-se as análises de estabilidade para produtividade, utilizando-se os métodos de CRUZ et al. (1989) e de LIN e BINNS (1988), modificado por CARNEIRO (1998), descritos a seguir.

O método de CRUZ et al. (1989) tem como parâmetro de adaptabilidade a média ( $\beta_{0i}$ ) e a resposta linear aos ambientes desfavoráveis ( $\beta_{1i}$ ) e favoráveis ( $\beta_{1i} + \beta_{2i}$ ) e, como parâmetro de estabilidade, os desvios de regressão  $\sigma_{\delta_i}^2$ , sendo  $R_i^2$  medida auxiliar da previsibilidade da cultivar. Na análise, utilizou-se o seguinte modelo linear:

$$Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i} I_j + \beta_{2i} T(I_j) + \delta_{ij} + \bar{\varepsilon}_{ij} \quad (1)$$

em que:

$Y_{ij}$ : é a produtividade da  $i$ -ésima cultivar no  $j$ -ésimo ambiente;

$I_j$ : índice ambiental codificado, sendo  $I_j = \frac{1}{g} \sum_i Y_{ij} - \frac{1}{ag} Y$  para  $g$  cultivares e  $a$  ambientes;

$$T(I_j) = 0 \text{ se } I_j < 0;$$

$T(I_j) = I_j - \bar{I}_+$  se  $I_j > 0$ , sendo  $\bar{I}_+$  a média dos índices  $I_j$  positivos.

No método de LIN e BINNS (1988), definiu-se, como medida para estimar o desempenho genotípico ( $P_i$ ), o quadrado médio da distância entre a média da cultivar e a resposta média máxima para todos os ambientes. Desde que a resposta máxima esteja no limite superior em cada ambiente, o quadrado médio menor, ou seja, o  $P_i$  menor indicará uma superioridade

geral da cultivar em questão. Esta medida de superioridade é dada por:

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^n (Y_{ij} - M_j)^2}{2a} \quad (2)$$

em que:

$P_i$ : é a estimativa do parâmetro de estabilidade da cultivar  $i$ ;

$Y_{ij}$ : é a produtividade da  $i$ -ésima cultivar no  $j$ -ésimo ambiente;

$M_j$ : é a resposta máxima observada entre todas as cultivares no ambiente  $j$ ;

$a$ : é o número de ambientes.

Para que a recomendação de cultivares atenda, como no método de CRUZ et al. (1989), ao conceito de grupos de ambientes favoráveis e desfavoráveis, que refletem, de certa forma, ambientes onde há emprego de alta e baixa tecnologia respectivamente, fez-se a decomposição desse estimador ( $P_i$ ), nas partes devidas a ambientes favoráveis ( $P_{if}$ ) e desfavoráveis ( $P_{id}$ ), conforme CARNEIRO (1998). Realizou-se a classificação desses ambientes com base nos índices ambientais, definidos como a diferença entre a média das cultivares avaliadas em cada ambiente e a média geral dos experimentos.

Para os ambientes favoráveis, com índices maiores ou iguais a zero, estimou-se:

$$P_{if} = \frac{\sum_{j=1}^f (Y_{ij} - M_j)^2}{2f} \quad (3)$$

em que:  $f$ : é o número de ambientes favoráveis e  $Y_{ij}$  e  $M_j$ : como definidos anteriormente.

Para os ambientes desfavoráveis, cujos índices são negativos, utilizou-se a fórmula anterior, sendo  $d$  o número de ambientes desfavoráveis.

$$P_{id} = \frac{\sum_{j=1}^d (Y_{ij} - M_j)^2}{2d} \quad (4)$$

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises conjuntas da variância foram efetuadas com ambientes (experimentos e épocas de cultivo) que apresentavam coeficientes de variação inferiores a 20%; as combinações desses ambientes indicaram significância para a interação entre genótipos e ambientes (Quadro 1). Considerando o comportamento diferencial nos ambientes, é possível selecionar os genótipos mais estáveis e produtivos,

atendendo ao objetivo principal do Programa de Melhoramento Genético do Feijoeiro para o Estado de São Paulo, desenvolvido pelo IAC.

No quadro 1, observa-se também coeficientes de variação iguais ou inferiores a 13% nas análises por época e no total das épocas e produtividades superiores a 2.250 kg.ha<sup>-1</sup> para o conjunto dos genótipos avaliados, o que demonstra a qualidade dos resultados obtidos e o alto potencial de produtividade desses genótipos.

Em todos os ambientes, verifica-se que sete das doze cultivares e/ou linhagens em estudo apresentaram produtividade média superior à média geral, com destaque para aqueles de grãos tipo carioca: Rudá, FT-Bonito, FT-Nobre, Gen12, Pérola, IAC-Carioca Eté e IAC-Una. Em ambientes favoráveis, sete cultivares também apresentaram alta produtividade, destacando-se novamente aquelas de grãos tipo carioca. Esses resultados sugerem a presença de maior concentração de genes para alta produção nos genótipos de grãos tipo carioca e a maior responsividade deles à melhoria do ambiente. Entre si, os genótipos de grãos pretos não se diferenciaram do padrão IAC-Una. No geral, e também para ambientes desfavoráveis e favoráveis, a cultivar que mais se destacou foi Rudá (Quadro 2).

A aplicação do método de estabilidade da reta bi-segmentada (CRUZ et al., 1989) descreve que a cultivar ideal é aquela que exibe alta produtividade média, adaptabilidade aos ambientes desfavoráveis ( $\beta_{1i} \leq 1$ ), responsividade à melhoria ambiental ( $\beta_{1i} + \beta_{2i} \geq 1$ ), menores desvios de regressão e alta previsibilidade em relação à reta bi-segmentada. Assim, apenas a cultivar IAC-Una pôde ser considerada ideal; exibiu alta produtividade média (superior à média geral), adaptabilidade aos ambientes desfavoráveis ( $\beta_{1i} \leq 1$ ), responsividade à melhoria ambiental ( $\beta_{1i} + \beta_{2i} \geq 1$ ), menor desvio de regressão possível e alta previsibilidade em relação à reta bi-segmentada. As três cultivares mais próximas do perfil exigido por esse método foram IAC-Carioca, FT-Nobre e Rudá (Quadro 2), as quais, embora responsivas à melhoria ambiental, não apresentaram adaptabilidade a ambientes desfavoráveis, além de exibirem desvios significativos de regressão e baixa previsibilidade. 'IAC-Carioca apresentou, ainda, produtividade abaixo da média geral.

Por outro lado, a aplicação do método de LIN e BINNS (1988), modificado por CARNEIRO (1998), também possibilitou a identificação dos genótipos mais estáveis ( $<P_i$ ), dos mais responsivos a ambientes favoráveis ( $<P_{if}$ ) e dos mais adaptados a ambientes desfavoráveis ( $<P_{id}$ ). As cultivares e/ou linhagens

Rudá, Gen12, IAC-Carioca Eté e FT-Bonito (Quadro 2), mostraram-se mais estáveis ( $<P_i$  e  $<P_{id}$ ) e responsivas ( $<P_{if}$ ); destacaram-se como os genótipos de maior estabilidade. Convém observar que essas quatro cultivares mais estáveis compõem também o grupo das cultivares mais produtivas, pois quanto menor o  $P_i$ , menor será também o desvio em torno da produtividade máxima de cada ambiente, indicando que a maior estabilidade está obrigatoriamente associada à maior produtividade. Diante disso, as referidas cultivares podem ser recomendadas para os diversos ambientes observados no Estado de São Paulo, em termos de épocas de plantio, anos e locais de cultivo.

Se, no entanto, o objetivo for a recomendação de genótipos específicos para cada época de plantio, é preciso complementar a análise com os resultados do quadro 3. Observa-se que a produtividade média de grãos na época das águas (2.257 kg.ha<sup>-1</sup>) foi inferior, aproximadamente 9%, às produtividades médias obtidas na seca (2.434 kg.ha<sup>-1</sup>) e no inverno (2.479 kg.ha<sup>-1</sup>). Essa menor produtividade nas águas deve-se, provavelmente, às chuvas observadas por ocasião da colheita, o que afetou a produção de grãos. Por outro lado, a maior produtividade de grãos, obtida na seca e também no inverno, deve-se à ocorrência de chuvas regulares e bem distribuídas durante todo o ciclo da cultura na época das secas e à irrigação artificial aplicada durante o inverno. Os resultados das análises pelo método de CRUZ et al. (1989) - Quadro 3 - mostram que a cultivar Rudá se destaca pela estabilidade de produção na época das águas; apresenta, porém, baixa previsibilidade de comportamento.

Para as épocas da seca e inverno, destacou-se a cultivar Gen12, de grãos tipo carioca, de alto valor comercial, dotada de alta produtividade média, alta estabilidade geral e específica para ambientes favoráveis e desfavoráveis e alta previsibilidade de comportamento, em ambos os ambientes.

Pela aplicação do método de LIN e BINNS (1988) modificado por CARNEIRO (1998) - Quadro 4 - apresentam-se como as mais estáveis ( $<P_i$ ), para a época das águas, as cultivares FT-Nobre, FT-Bonito e Rudá, sendo essa última mais tolerante aos ambientes desfavoráveis e as duas primeiras mais responsivas à melhoria do ambiente. A cultivar Rudá também se destacou como a mais estável no ambiente de seca e a mais responsiva à melhoria desse ambiente, seguida por 'Gen12' e 'IAC-Carioca Eté', que se revelaram também como as mais adaptadas a ambientes desfavoráveis. Para plantio no inverno, as cultivares de maior estabilidade geral e alta tolerância à queda do nível ambiental foram Pérola, FT-Bonito e Gen12.

**Quadro 2.** Produtividade média de grãos ( $\beta_{0i}$ ) e estimativas de parâmetros de estabilidade e adaptabilidade ( $\beta_{1i}$ ,  $\beta_{2i}$ ) obtidas pelo método de CRUZ et al. (1989) e LIN e BINNS (1988), modificado por CARNEIRO (1998) -  $P_i$ ,  $P_{if}$  e  $P_{id}$ , referentes às 12 cultivares e/ou linhagens de feijoeiro avaliadas em 24 ambientes no Estado de São Paulo

Cultivares/ Linhagens	Tipo de grão	$\beta_{0i}$	Ambiente desfavorável	Ambiente favorável	$\hat{\beta}_{1i}$	$\hat{\beta}_{2i}$	$\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}$	QMd	$R^2_{1i}$	$P_i$	$P_{if}$	$P_{id}$
			kg.ha <sup>-1</sup>					10 <sup>4</sup>	%		10 <sup>4</sup>	
IAC-Carioca	Carioca	2.184	1.636	2.831	1,01	0,25	1,26	50,85**	83	31,3	35,6	27,6
IAC-Carioca Eté	Carioca	2.469 <sup>D</sup>	1.969	3.059	0,89	-0,11	0,78	19,64	90	12,3	17,8	7,7
Gen12	Carioca	2.472 <sup>D</sup>	1.942	3.099	0,97	0,01	0,98	19,00	92	10,1	9,9	10,1
Gen14-6	Carioca	2.342 <sup>D</sup>	1.649	3.161	1,21 <sup>++</sup>	0,03	1,24	35,71**	90	20,8	15,1	25,7
Pérola	Carioca	2.471 <sup>D</sup>	1.907	3.138	1,02	-0,24	0,78	50,71**	81	15,7	20,2	11,9
Rudá	Carioca	2.560 <sup>D</sup>	2.002	3.221	1,06	0,18	1,24	35,11**	88	8,9	8,4	9,2
FT-Bonito	Carioca	2.520 <sup>D</sup>	1.942	3.203	1,09	-0,70 <sup>++</sup>	0,39 <sup>++</sup>	32,79**	88	12,4	12,4	9,2
IAPAR-72	Carioca	2.316 <sup>D</sup>	1.752	2.983	1,06	-0,11	0,94	25,21*	91	19,4	20,0	19,5
IAC-Una	Preto	2.398	1.906	2.980	0,86	0,53 <sup>++</sup>	1,39 <sup>+</sup>	21,27	91	16,5	20,6	13,1
FT-Nobre	Preto	2.495	1.973	3.111	1,03	0,23	1,25	41,37**	86	20,1	20,1	9,3
Xamego	Preto	2.348	1.842	2.946	0,96	-0,16	0,80	31,29**	86	18,2	23,0	14,2
Jalo Precoce	Jalo/manteiga	1.902	1.448	2.438	0,84	0,09	0,93	10,35**	61	59,7	64,1	56,0
Média geral	-	2.373	1.830	3.014								

<sup>+</sup> e <sup>++</sup>: Valores de  $\beta_{1i}$  e  $\beta_{2i}$  diferentes de 1,0 e valores de  $\beta_{2i}$  diferentes de 0,0 significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste T.

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

<sup>D</sup>: Teste de Dunnett a 5% de probabilidade, aplicado unilateralmente, indicando valores significativamente superiores ao padrão IAC-Carioca (Grupo diversos - D).  
QMd: Quadrado médio do desvio.

**Quadro 3.** Produtividade média de grãos ( $\beta_{0i}$ ) e estimativas de parâmetros de estabilidade e adaptabilidade, obtidas pelo método de CRUZ et al. (1989), referentes às 12 cultivares e/ou linhagens de feijoeiro avaliadas nos plantios das águas, da seca e de inverno, no Estado de São Paulo

Cultivares/ Linhagens	$\beta_{0i}$ kg.ha <sup>-1</sup>			$\beta_{1i}$			$\beta_{1i} + \beta_{2i}$			QM desvio 10 <sup>4</sup>			$R^2_i$ %	
	Águas	Inverno	Seca	Águas	Inverno	Seca	Águas	Inverno	Seca	Águas	Inverno	Seca	Águas	Inverno
IAC-Carioca	2.097	2.345	2.145	1,05	1,00	1,41	-0,15 <sup>+</sup>	0,99	9,97	51,10*	116,00**	95	92	75
IAC-Carioca Eté	2.351 <sup>D</sup>	2.567	2.538 <sup>D</sup>	0,94	0,81	0,85	1,11	0,56	44,09**	12,02	6,57	77	97	97
Gen12	2.301 <sup>D</sup>	2.573 <sup>D</sup>	2.615 <sup>D</sup>	1,10	0,93	1,05	1,28	1,56	20,89	12,31	18,21	91	98	90
Gen14-6	2.157	2.507	2.441 <sup>D</sup>	1,07	1,10	1,08	1,66	2,30	39,52**	17,33	30,60	83	98	95
Pérola	2.273 <sup>D</sup>	2.466	2.760 <sup>D</sup>	1,08	0,92	1,26	1,39	0,90	58,24**	66,51**	29,80	79	89	85
Rudá	2.397 <sup>D</sup>	2.720 <sup>D</sup>	2.637 <sup>D</sup>	0,77	1,21	1,34	1,28	0,38	35,59**	28,32	45,74	81	97	83
FT-Bonito	2.515 <sup>D</sup>	2.315	2.732 <sup>D</sup>	1,24	0,95	1,27	0,50	0,73	39,13**	6,74	69,88**	87	99	71
IAC-Una	2.298	2.425	2.513	0,66 <sup>+</sup>	1,03	0,86	1,65	1,35	34,01*	31,59	21,44	72	96	90
FT-Nobre	2.513 <sup>D</sup>	2.467	2.496	1,15	1,12	1,11	1,36	0,76	43,85**	21,91	77,85**	84	97	69
IAPAR-72	2.226	2.329	2.433 <sup>D</sup>	1,10	1,03	0,58	0,91	2,36	31,34*	7,25	27,13	85	99	92
Xamego	2.343	2.395	2.309	0,91	1,05	0,88	0,86	0,29	42,71**	47,88	4,53	77	93	97
Jalo Precoce	1.608	2.102	2.121	0,89	0,86	0,29 <sup>+</sup>	0,14	-0,22	103,35**	97,64**	112,62**	52	82	60
Média geral	2.257	2.434	2.479											

<sup>+</sup> e <sup>++</sup>: Valores de  $\beta_{1i}$  e  $\beta_{1i} + \beta_{2i}$  diferentes de 1,0 e valores de  $\beta_{2i}$  diferentes de 0,0 significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste T.

\* e \*\*: Teste F significativo a 5% e 1% de probabilidade respectivamente.

<sup>D</sup> e <sup>F</sup>: Teste de Dunnett a 5% de probabilidade aplicado unilateralmente, indicando valores significativamente superiores aos padrões com base no tipo de grãos, tendo como padrões as cultivares IAC-Carioca (Grupo diversos - D) e o IAC-Una (Grupo preto - P) respectivamente.

**Quadro 4.** Produtividade média de grãos ( $\beta_{0i}$ ) e estimativa do parâmetro de estabilidade  $P_i$ , obtidas pelo método de LIN e BINNS (1988), modificado por CARNEIRO (1998) a partir da decomposição nas partes devidas a ambientes favoráveis ( $P_{if}$ ) e desfavoráveis ( $P_{id}$ ), referentes às 12 cultivares e/ou linhagens de feijoeiro avaliadas nos plantios das águas, da seca e de inverno, no Estado de São Paulo

Cultivares/ Linhagens	$\beta_{0i}$			$P_i$			$P_{if}$			$P_{id}$		
	Águas	Seca	Inverno	Águas	Seca	Inverno	Águas	Seca	Inverno	Águas	Seca	Inverno
	kg.ha <sup>-1</sup>						10 <sup>4</sup>					
IAC-Carioca	2.097	2.345	2.145	24,3	22,4	51,3	22,6	24,3	13,4	27,0	20,9	79,7
IAC-Carioca Eté	2.351 <sup>fD</sup>	2.567	2.538 <sup>fD</sup>	13,4	8,0	12,9	16,4	13,2	9,2	9,5	5,0	15,6
Gen12	2.301 <sup>fD</sup>	2.573	2.615 <sup>fD</sup>	14,5	8,2	8,4	10,6	12,4	10,8	20,2	5,0	6,5
Gen14-6	2.157	2.507	2.441 <sup>fD</sup>	24,1	11,6	24,0	22,9	5,1	3,4	25,9	16,5	39,4
Pérola	2.273	2.466	2.760 <sup>fD</sup>	19,6	11,4	3,1	19,9	8,1	5,0	19,1	13,8	1,6
Rudá	2.397 <sup>fD</sup>	2.720 <sup>fD</sup>	2.637 <sup>fD</sup>	10,0	4,8	11,1	12,8	0,5	7,2	5,8	8,1	14,1
FT-Bonito	2.515 <sup>fD</sup>	2.315	2.732 <sup>fD</sup>	7,9	19,6	5,8	6,3	25,4	7,6	10,2	15,1	4,5
IAC-Una	2.298	2.425	2.513	18,1	14,6	16,3	20,2	9,6	8,4	14,9	18,4	22,3
FT-Nobre	2.513	2.467 <sup>fP</sup>	2.496	7,7	12,4	25,5	4,7	7,9	10,5	12,2	15,8	36,8
IAPAR-72	2.226	2.329	2.433 <sup>fD</sup>	21,0	18,4	17,4	18,4	15,8	13,1	25,0	20,4	20,7
Xamego	2.343	2.395	2.309	13,3	17,2	26,6	12,7	18,0	27,7	14,1	16,6	25,8
Jalo Precoce	1.608	2.102	2.121	84,0	46,0	49,6	77,6	62,8	43,4	93,6	33,5	54,3
Média geral	2.257	2.434	2.479	-	-	-	-	-	-	-	-	-

<sup>fD</sup> e <sup>fP</sup>: Teste de Dunnett a 5% de probabilidade aplicado unilateralmente, indicando valores significativamente superiores aos padrões com base no tipo de grãos, tendo como padrões os cultivares IAC-Carioca (Grupo diversos - D) e o IAC-Una (Grupo preto - P) respectivamente.

Como observado nos quadros 2, 3 e 4, os dois métodos de análise de estabilidade aplicados produziram resultados discrepantes na identificação das cultivares mais produtivas e estáveis. O método de LIN e BINNS (1988), modificado por CARNEIRO (1998), permitiu, entretanto, identificar as cultivares mais estáveis e responsivas, como sendo também as mais produtivas. O referido método mostrou-se eficiente e simples quanto ao número de parâmetros utilizados para avaliar o desempenho genotípico. Apresenta, ainda, como vantagens a unicidade do parâmetro para estimar a adaptabilidade e a estabilidade de comportamento e a simplicidade na interpretação dos resultados.

O comportamento diferencial em relação à adaptabilidade e à responsividade das cultivares nas épocas de plantio deve-se, provavelmente, à presença ou ausência de patógenos e, em alguns casos, de suas raças, nas diferentes épocas. Todavia, a avaliação da produtividade média contemplada neste estudo, em conjunto com a estabilidade, possibilitou alguma segurança na recomendação de cultivares, mesmo na ausência da análise de dados de incidência de doenças. No presente caso, a seleção das cultivares mais produtivas e estáveis foi um meio indireto de identi-

ficar a resistência a doenças. Nessas circunstâncias, a resistência é avaliada como proteção contra a perda de produção, considerando-se que as cultivares resistentes seriam aquelas mais produtivas e estáveis e, portanto, com menor perda. Não obstante, características adicionais, como coloração e formato de sementes também foram avaliadas pelos detentores desses genótipos. Assim, pode-se indicar mais uma cultivar para registro no SNPC e recomendar o seu cultivo no Estado de São Paulo.

#### 4. CONCLUSÕES

1. A cultivar Rudá destacou-se pela alta produção e alta estabilidade pelos dois métodos de análise utilizados. As cultivares Rudá, Gen12, IAC-Carioca Eté e FT-Bonito também foram apontadas como as de estabilidade mais ampla pelo método de Lin e Binns, modificado por CARNEIRO (1998), e de produtividade média mais alta. 'IAC-Carioca Eté', 'FT-Bonito' e 'Rudá' foram as cultivares mais estáveis em ambientes desfavoráveis. Em decorrência disso, as quatro cultivares podem ser indicadas para plantio em vários ambientes devido à sua adaptação ampla.

2. As cultivares mais estáveis foram FT-Nobre, FT-Bonito e Rudá (águas); Rudá, IAC-Carioca Eté e

Gen12 (seca); Pérola, FT-Bonito e Gen12 (inverno). Em cada um desses ambientes, as três cultivares identificadas como as mais estáveis foram também as de maior produtividade média, e estiveram, ainda, entre as mais responsivas e as mais adaptadas aos ambientes desfavoráveis.

3. O método de LIN e BINNS (1988), modificado por CARNEIRO (1998), mostrou resultados mais informativos e consistentes, indicando que as cultivares mais estáveis e responsivas foram também as mais produtivas.

### AGRADECIMENTOS

Às Estações Experimentais do IAC, à CATI-SAA-SP, às Cooperativas e aos Agricultores pelo auxílio na instalação dos experimentos. À FAPESP e ao CNPq pelo apoio financeiro ao Programa de Melhoramento Genético do Feijoeiro no Instituto Agrônomico.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A.F.B.; RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos. Desempenho e estabilidade fenotípica de cultivares de feijão em algumas localidades do Estado de Minas Gerais no período de 1989-1991. *Ciência e Prática*, Lavras, v.16, n.1, p.18-24, 1992.
- 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.; POMPEU, A.S. Estratificação de ambientes em experimentos de feijoeiro no Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v.56, n.1, p.207-218, 1997.
- CARNEIRO, P.C.S. *Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamento*. Viçosa, 1998. 155p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa.
- CRUZ, C.D.; TORRES, R.A. de; VENCOVSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva e Barreto. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, v.12, p.567-580, 1989.
- DUARTE, J.B.; ZIMMERMANN, M.J. de. Selection of location for common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) germplasm evaluation. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, v.14, n.3, p.765-770, 1991.
- GOMES, F.P. *Curso de Estatística Experimental*. 11.ed. São Paulo: Nobel, 1985. 466p.
- LIN, C.S.; BINNS, M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. *Canadian Journal Plant Science*, Ottawa, v.68, p.193-198, 1988.
- MIRANDA, G.V.; VIEIRA, C.; CRUZ, C.D.; ARAÚJO, G.A.A. Adaptabilidade e estabilidade de comportamento de cultivares de feijão em quatro municípios da zona da mata de Minas Gerais. *Revista Ceres*, Viçosa, v.41, n.232, p.591-609, 1993.
- PINZAN, N.R.; BULISANI, E.A.; BERTI, A.J. *Feijão: zoneamento ecológico e épocas de semeadura para o Estado de São Paulo*. Campinas: CATI, 1994. 19p. (CATI - Boletim Técnico, 218)
- RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B.; RIGHETTO, G.U. Interação de cultivares de feijão por épocas de semeadura em diferentes localidades do Estado de Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.28, n.10, p.1183-1189, 1993a.
- RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B.; SANTOS, J.B. dos. Desempenho de progênies precoces de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em diferentes locais e épocas de plantio. *Revista Ceres*, Viçosa, v.40, n.229, p.272-280, 1993b.
- WUTKE, E.B.; PIZAN, N.; SANNAZARO, A.M.; BERTI, A.J.; OLIVEIRA, S.H.F. de; EICHEL, O.A.C.; YAZBEK JÚNIOR, W. *Feijão: regimento interno do sistema de avaliação e recomendação de cultivares de feijoeiro para o Estado de São Paulo*. Campinas: Instituto Agrônomico, 1997. 7p. (Documentos IAC, 57)