

Comparação de métodos de avaliação da adaptabilidade e da estabilidade de cultivares de feijoeiro

Glauco Vieira Miranda^{1*}, Clibas Vieira¹, Cosme Damião Cruz² e Geraldo Antônio de Andrade Araújo¹

¹Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, 36571-000, Viçosa-Minas Gerais, Brazil. ²Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Viçosa, 36571-000, Viçosa-Minas Gerais, Brazil. *Author for correspondence.

RESUMO. O objetivo do presente trabalho foi o de comparar alguns métodos de avaliação da adaptabilidade e da estabilidade de cultivares, utilizando dados de produção da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Os métodos utilizados foram os de Finlay e Wilkinson (1963), Eberhart e Russell (1966) e Tai (1971), que se baseiam em regressões lineares simples, e os de Verma *et al.* (1978) e Cruz *et al.* (1989), que se baseiam em regressões bi-segmentadas. Foram observados resultados contraditórios entre o método de Finlay e Wilkinson (1963) e os demais e a perfeita correlação entre o método de Eberhart e Russell (1966) e o de Tai (1971). O método de Cruz *et al.* (1989) mostrou-se mais adequado que o de Verma *et al.* (1978). Com exceção do método de Finlay e Wilkinson (1963), os demais permitiram chegar aos mesmos resultados quanto à adaptabilidade e à estabilidade de comportamento de cultivares.

Palavras-chave: adaptabilidade, estabilidade, feijão (*Phaseolus vulgaris*).

ABSTRACT. Comparison between evaluation methods of bean cultivars adaptability and stability. This study compares evaluation methods of cultivar adaptability and stability in bean production (*Phaseolus vulgaris*). Two different groups of methods were used: the first based on simple linear regressions by Finlay and Wilkinson (1963), Eberhart and Russell (1966) and Tai (1971); and the second based on non-linear regressions by Verma *et al.* (1978) and Cruz *et al.* (1989). The results showed contradictions between Finlay and Wilkinson's method and the others, but showed perfect correlation between Eberhart and Russell's method and Tai's. The method of Cruz *et al.* showed to be more adequate, than the one of Verma *et al.* All the methods, except Finlay and Wilkinson's, led to the same results as for cultivars adaptability and stability.

Key words: adaptability, stability, *Phaseolus vulgaris*.

A interação genótipos x ambientes pode ser definida como a inconsistência de comportamento dos genótipos quando submetidos a vários ambientes. Essa interação é importante, pois afeta o ganho da seleção e a recomendação de cultivares com ampla adaptabilidade. Eberhart e Russell (1966) citam, como medidas amenizadoras do efeito da interação dos genótipos com os ambientes, a estratificação dos ambientes, o uso de multilinhas e o emprego de genótipos com estabilidade fenotípica.

Os genótipos com alta estabilidade fenotípica são identificados por meio de análises de adaptabilidade e de estabilidade. Essas análises, com o passar dos anos, foram sendo aprimoradas e incorporadas aos programas de melhoramento possibilitando mais informações e apresentando maior precisão em suas estatísticas.

Finlay e Wilkinson (1963) apresentaram uma metodologia que permite avaliar a resposta de cada cultivar ao efeito das variações ambientais. Para cada cultivar, realiza-se uma análise de regressão linear simples da variável dependente transformada para logaritmos em relação ao índice ambiental, obtido pela média do rendimento (transformado) de todos os cultivares no ambiente.

Eberhart e Russell (1966) ampliaram o modelo de Finlay e Wilkinson (1963), considerando, também, o desvio da regressão como estimativa de estabilidade. Esse desvio mede a estabilidade de produção, entendida como a previsibilidade da produção do material genético sob estímulo ambiental. Por esta metodologia, a análise é feita sem a transformação prévia para a escala logarítmica.

Tai (1971), tomando por base os métodos de Finlay e Wilkinson (1963) e de Eberhart e Russell (1966), desenvolveu um processo para contornar o inconveniente da utilização dos índices ambientais como variável independente, uma vez que esses índices são estimados com base nas produções dos próprios cultivares em estudo, estando, portanto, sujeitos a erros.

Verma *et al.* (1978) definiram como cultivar ideal aquele que apresenta alta capacidade produtiva associada à alta estabilidade em ambientes desfavoráveis, mas capaz de responder satisfatoriamente à melhoria do ambiente.

Tendo em vista a desvantagem do método de Verma *et al.* (1978) de não poder ser aplicado para poucos ambientes, Silva e Barreto (1985) desenvolveram uma técnica em que os parâmetros de adaptabilidade e de estabilidade são estimados pelo ajustamento de uma equação representada por uma reta bi-segmentada. Cruz *et al.* (1989) modificaram essa técnica, tornando-a mais simples e com propriedades estatísticas mais adequadas ao melhoramento.

A comparação entre metodologias de estabilidade tem levantado interesse, existindo diversos trabalhos tratando sobre o assunto, entre os quais Easton e Clements (1973), Oliveira (1976), Becker (1981), Peixoto *et al.* (1985), Riede e Barreto (1985), Lin *et al.* (1986), Duarte (1988), Miranda (1993), Carvalho *et al.* (1995), Miranda *et al.* (1997). Oliveira (1976), trabalhando com a cultura do milho, comparou o método tradicional com os de Plaisted e Peterson (1959), Finlay e Wilkinson (1963), Wricke (1965), Eberhart e Russell (1966) e Tai (1971). Verificou que os métodos que apresentaram resultados semelhantes foram o de Plaisted e Peterson (1959), com o de Wricke (1965), e de Finlay e Wilkinson (1963), com os de Eberhart e Russell (1966) e Tai (1971).

Peixoto *et al.* (1985) também compararam os métodos de Eberhart e Russell (1966), Verma *et al.* (1978) e Silva e Barreto (1985) em relação a clones de cana-de-açúcar, observando a superioridade do método de Silva e Barreto (1985) sobre os outros dois. Segundo os autores, o método de Eberhart e Russell (1966) mostrou eficiência quando o coeficiente de regressão foi igual ou próximo de um, perdendo sensibilidade à medida que procura identificar genótipos de adaptação específica à determinada condição de ambiente. O método de Verma *et al.* (1978), por sua vez, apresentou uma boa discriminação da interação genótipos x ambientes, ao separar os dois níveis de ambiente; mas o método de Silva e Barreto (1985) proporcionou maior representatividade da curva de interação traçada.

Duarte (1988) comparou, na cultura do feijão, os métodos de Finlay e Wilkinson (1963), de Wricke

(1965), de Eberhart e Russell (1966), de St. Pierre (1967), de Lange *et al.* (1979), de Casler e Hovin (1984) e de Silva e Barreto (1985) e concluiu que os métodos de adaptabilidade e de estabilidade fenotípica, baseados num único parâmetro (Wricke, 1965; St. Pierre, 1967; Lange *et al.*, 1979; Casler e Hovin, 1984), mostraram-se pouco informativos, oferecendo menor segurança à recomendação de cultivares do que aqueles baseados em regressão (Finlay e Wilkinson, 1963; Eberhart e Russell, 1966 e Silva e Barreto, 1985). Concluiu, ainda, que o método de regressão linear segmentada, de Silva e Barreto (1985), mostrou-se ligeiramente superior aos métodos de regressões lineares de Finlay e Wilkinson (1963) e de Eberhart e Russell (1966), quanto à capacidade de explicar as variações nas produtividades médias da maioria dos cultivares.

Miranda *et al.* (1997) compararam os métodos de avaliação da estabilidade fenotípica desenvolvidos por Plaisted e Peterson (1959), Wricke (1965), Huehn (1990) e o tradicional (Cruz e Regazzi, 1997). Para isso, utilizaram as produções de doze cultivares de feijão em 20 ensaios realizados na Zona da Mata, de Minas Gerais. Concluíram que o método não-paramétrico de Huehn mostrou-se de fácil interpretação em relação aos de Plaisted e Peterson (1959) e de Wricke (1965). Estes três métodos permitiram chegar às mesmas conclusões quanto ao comportamento dos cultivares. O método tradicional diferiu dos demais.

O objetivo do presente trabalho foi o de comparar alguns métodos de avaliação da adaptabilidade e da estabilidade de cultivares, utilizando dados de produção da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).

Material e métodos

O estudo compreendeu 20 ensaios (ambientes) de competição entre 12 cultivares e linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), conduzidos em Viçosa, Ponte Nova, Coimbra e Leopoldina, na Zona da Mata, de Minas Gerais, nos anos de 1991 e 1992.

O delineamento utilizado em todos os ensaios foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. As parcelas foram compostas por duas fileiras com 5,0 m de comprimento, espaçadas de 0,5 m. A densidade de semeadura foi de 15 sementes por metro.

Os cultivares utilizados foram: Manteigão Fosco 11, Negrito 897, Carioca, Milionário 1732, Rico 1735, Ouro, Ouro Negro 1992, RAB 94, CNF 5547 e WAF-7 e as linhagens 2172 e 2177 (Miranda, 1993).

Visando obter diferentes níveis de produtividade nos ensaios, estes recebiam 350 ou 700kg/ha de 4-14-8, sem nenhum exame prévio do solo. Os tratos

culturais foram os recomendados para a cultura do feijão, inclusive a irrigação, realizada sempre que necessária, mas apenas nos plantios de inverno. O controle de doenças foi realizado, pois as enfermidades não foram consideradas como verdadeiros componentes do ambiente, uma vez que o ataque aos diferentes cultivares é dependente das raças fisiológicas que aparecem, não sendo, portanto, um fator que atinge igualmente todos os cultivares, como acontece com o clima e o solo, num experimento.

De cada parcela experimental, tomaram-se a produção de grãos e o *stand* final; este apenas para verificar se atendia à população mínima de feijoeiros por área, conforme indicado pela pesquisa (Vieira, 1983).

Considerou-se que cada ensaio representava um “ambiente”, uma vez que foram conduzidos em condições diferentes de solo, de adubação, de clima, de época de plantio e de irrigação.

Foi realizada uma análise da variância de cada ensaio. Posteriormente, foi feita a análise conjunta, incluindo os ensaios em que o menor quadrado médio residual não diferiu em mais de sete vezes do maior; havendo, portanto, homogeneidade da variância residual (Pimentel Gomes, 1985).

Utilizaram-se as metodologias para análise de estabilidade e da adaptabilidade de Finlay e Wilkinson (1963), Eberhart e Russell (1966) e Tai (1971), que se baseiam em regressões lineares simples, e os de Verma *et al.* (1978) e Cruz *et al.* (1989), que se baseiam em regressão bi-segmentada.

Resultados e discussão

Comportamento de cultivares. Os coeficientes de regressão e de determinação, segundo a metodologia de Finlay e Wilkinson (1963), encontram-se nas Tabelas 1 e 2. Os cultivares RAB-94 e CNF 5547, ambos com excelentes produções, apresentaram adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis ($\hat{\beta}_{1i} < 1$); o cultivar Carioca e a Linhagem 2177 apresentaram $\hat{\beta}_{1i} > 1$. No entanto, esse fato só tem significado quando associado a altos rendimentos, o que não aconteceu com esses cultivares, não sendo, portanto, recomendados para plantio em condições desfavoráveis ($\hat{\beta}_{1i} < 1$) nem em favoráveis ($\hat{\beta}_{1i} > 1$). Os cultivares que responderam de forma satisfatória à melhoria do ambiente ($\hat{\beta}_{1i} = 1$) e com rendimentos acima da média geral (1.396kg/ha) são o Ouro Negro 1992, o Ouro, o CNF 5.547 e o Rico 1.735, portanto, considerados ideais.

As estimativas do coeficiente de regressão ($\hat{\beta}_{1i}$) e do componente do desvio da regressão ($\hat{\sigma}_{di}^2$), de

cada cultivar, obtidas segundo o método de Eberhart e Russell (1966), são fornecidas pelas Tabelas 1 e 2. Os cultivares Ouro, Ouro Negro 1992, RAB-94 e CNF 5547 produziram acima da média geral e apresentaram valores de $\hat{\beta}_{1i}$ significativamente acima de 1,00, evidenciando adaptação a ambientes de alta produtividade. Quanto à estabilidade, estes cultivares apresentaram $\hat{\sigma}_{di}^2$ significativamente diferente de zero, ou seja, têm comportamento instável. Os cultivares Negrito 897, Milionário 1732 e Rico 1735 e a Linhagem 2172 apresentaram coeficientes de regressão que variaram de 85% a 93%. Cruz e Regazzi (1997) consideram que alta estimativa para R^2 caracteriza um genótipo com boa estabilidade. No que se refere à estabilidade, somente o Milionário 1732 mostrou-se estável, por apresentar ausência de significância para $\hat{\sigma}_{di}^2$ (Tabela 2). Os cultivares Manteigão Fosco 11, Carioca, WAF-7 e a Linhagem 2177 apresentaram $\hat{\beta}_{1i} < 1$ e produção abaixo da média geral, não se sobressaindo nem em condições desfavoráveis de ambiente. Porém, o Carioca e a Linhagem 2177 mostraram-se altamente estáveis.

As estimativas dos parâmetros propostos por Tai (1971) podem ser vistas nas Tabelas 1 e 2. Os cultivares Ouro Negro 1992, RAB-94, Ouro e CNF 5547 apresentaram $\hat{\beta}_{1i}$ maior que 1,00, indicando que se sobressaíram nos melhores ambientes, justificando-lhes o cultivo em tais condições, uma vez que todos produziram acima da média geral dos ensaios. Os cultivares Negrito 897, Milionário 1732 e Rico 1735 e a Linhagem 2172 apresentaram $\hat{\beta}_{1i}$ aproximadamente igual a 1,00, mostrando resposta satisfatória à melhoria do ambiente, porém somente o Rico 1735 e a Linhagem 2172 produziram acima da média geral dos ensaios. Os cultivares Manteigão Fosco 11, Carioca e WAF-7 e a Linhagem 2177 apresentaram $\hat{\beta}_{1i}$ menores que 1,00 e rendimentos abaixo da média geral, não se sobressaindo nem em condições desfavoráveis. Ao considerar a estabilidade dos cultivares, somente o Carioca, a Linhagem 2177, o Milionário 1732 e o Ouro Negro 1992 mostraram-se estáveis.

Os estimadores dos parâmetros de adaptabilidade e de estabilidade nos ambientes desfavoráveis e favoráveis, segundo o método de Verma *et al.* (1978), encontram-se nas Tabelas 1 e 2. Nos ambientes desfavoráveis, todos os cultivares apresentaram coeficientes de regressão ($\hat{\beta}_{1i}$) que não diferiram significativamente de 1,00, indicando que todos os cultivares aproveitaram de maneira semelhante a melhoria dos ambientes. Quanto à estabilidade, observa-se que o Negrito 897, o Carioca, o Milionário 1732 e a Linhagem 2177 apresentaram alta previsibilidade de comportamento. Nos ambientes favoráveis, o Milionário 1732, o Ouro e o CNF 5547

foram os que mais responderam à melhoria do ambiente. O Ouro Negro 1992, o RAB-94 e a Linhagem 2172 mostraram adaptabilidade intermediária e os demais produziram abaixo da média geral. Os cultivares que se apresentaram estáveis foram o Carioca, o Milionário 1732, o Ouro Negro 1992 e as Linhagens 2172 e 2177.

Verma *et al.* (1978) consideraram como genótipo ideal aquele que possui, nos ambientes desfavoráveis, $\hat{\beta}_{1i} < 1$, e, nos ambientes favoráveis, $\hat{\beta}_{1i} > 1$ e altas produções. Nenhum dos cultivares aqui estudados apresentou tais características.

O genótipo ideal, conforme Cruz *et al.* (1989), é aquele que apresenta alta capacidade produtiva, $\hat{\beta}_{1i} < 1$, $(\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}) > 1$ e desvio da regressão zero. Nenhum dos cultivares satisfaz essa condição (Tabelas 1 e 2). Para ambientes favoráveis, o genótipo ideal seria aquele que desse rendimento alto e $\hat{\beta}_{1i}$ e $(\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i})$ maiores que 1,00. Os cultivares que mostraram essas características foram o Ouro, o Ouro Negro 1992 e o RAB 94. Em ambientes desfavoráveis, o genótipo ideal deveria mostrar alta produtividade e $\hat{\beta}_{1i}$ e $(\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i})$ menores que um. Nenhum dos cultivares satisfaz essa condição.

Comparação entre os métodos de adaptabilidade e de estabilidade. Verifica-se, pela Tabela 1, que o método de Eberhart e Russell (1966) apresentou o dobro de cultivares com $\hat{\beta}_{1i}$ significativamente diferente de 1,00, em relação ao método de Finlay e Wilkinson (1963). Possivelmente esta discrepância é devida à transformação logarítmica que, além de forçar a linearização dos dados, altera a escala dos mesmos.

Verifica-se, pela Tabela 2, que o método de Finlay e Wilkinson (1963) produziu maiores valores de R^2 do que o de Eberhart e Russell (1966), no caso dos

cultivares de produções mais baixas, como o Manteigão Fosco 11, o Negrito 897, o Carioca, o WAF-7 e a Linhagem 2177. Por outro lado, os cultivares mais produtivos, RAB-94, Ouro Negro 1992, CNF 5547 e Ouro, apresentaram R^2 do método de Eberhart e Russell (1966) superior ao do método de Finlay e Wilkinson (1963). Fato semelhante foi descrito por Jowett (1972) e Duarte (1988), que argumentaram que o método de Finlay e Wilkinson (1963) é mais eficiente do que o de Eberhart e Russell (1966), para explicar a variação em cultivares de baixo rendimento, principalmente quando o grupo de cultivares estudados mostra-se bastante heterogêneo.

Nota-se, de forma ainda mais evidente, que a transformação logarítmica dos dados, no método de Finlay e Wilkinson (1963), ocasionou resultados completamente diferentes dos outros, confirmados pelas correlações negativas (Tabela 3). No entanto, Oliveira (1976) e Duarte (1988) encontraram correlações positivas e significativas entre os estimadores dos métodos anteriormente citados.

A correlação entre a produtividade média e o coeficiente de regressão $\hat{\beta}_{1i}$ do método de Eberhart e Russell (1966) foi significativa e positiva (0,92) (Tabela 3). Langer *et al.* (1966) encontraram correlações que variaram de moderadas a altas (0,47 a 0,82), e citam Gonzales-Rosquel (1976) e outros que também obtiveram altos valores dessa correlação. Essa significância da correlação entre produtividade e $\hat{\beta}_{1i}$ não recomendaria utilizar os dois parâmetros na seleção, uma vez que, ao selecionarem-se cultivares mais produtivos, obter-se-iam, conseqüentemente, cultivares com $\hat{\beta}_{1i} > 1$. No entanto, Langer *et al.* (1979) acreditam que possam ser selecionados cultivares altamente produtivos e com $\hat{\beta}_{1i}$ alto, médio e baixo.

Tabela 1. Produção média dos cultivares e linhagens de feijão e estimadores de adaptabilidade estimados pelos métodos de Finlay e Wilkinson (1963) (FW), Eberhart e Russell (1966) (ER), Tai (1971) (T), Verma *et al.* (1978) (V) e Cruz *et al.* (1989) (C)

Cultivares e linhagens	Produção média (kg/ha)	FW	ER	T	V		C	
		$\hat{\beta}_{1i}$	$\hat{\beta}_{1i}$	$\hat{\beta}_{1i}$	$\hat{\beta}_{1i}$ (D)	$\hat{\beta}_{2i}$ (F)	$\hat{\beta}_{1i}$	$\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}$
Manteigão Fosco 11	1237c ⁺	1,07ns	0,81**	0,80	1,20ns	-0,19**	0,91ns	-0,19**
Negrito 897	1365d	1,05ns	1,00ns	1,00	1,15ns	1,04	1,00ns	1,04ns
Carioca	1014g	1,13*	0,74**	0,73	0,97ns	0,67*	0,75**	0,67ns
Milionário 1732	1366d	0,98ns	1,02	1,02	0,91ns	1,70**	0,96ns	1,70**
Rico 1735	1486c	1,02ns	1,07	1,08	1,06ns	0,82	1,10ns	0,82ns
Ouro	1522bc	0,99ns	1,19**	1,20	0,86ns	1,60**	1,15*	1,60**
Ouro Negro 1992	1711a	1,03ns	1,29**	1,31	1,17ns	1,31	1,29**	1,31ns
RAB-94	1759a	0,84**	1,19**	1,21	0,82ns	1,14	1,20**	1,14ns
CNF 5547	1592b	0,87*	1,14*	1,15	0,80ns	1,97**	1,07ns	1,99**
2172	1487c	0,95ns	1,03	1,03	0,94ns	1,16	1,02ns	1,16ns
2177	1077fg	1,15*	0,86*	0,85	0,95ns	0,81	0,86*	0,81ns
WAF-7	1133f	0,93ns	0,63**	0,61	1,10ns	-0,06**	0,70**	-0,06**

*,** Diferem significativamente de 1 pelo teste t, a 5% e 1%, respectivamente; ns não significativo; + Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente, em nível de 5%, pelo teste de Duncan.

Tabela 2. Estimadores dos parâmetros de estabilidade obtidos pelos métodos de Finlay e Wilkinson (1963) (FW), Eberhart e Russell (1966) (ER), Tai (1971) (T), Verma *et al.* (1978) (VD e VF) e Cruz *et al.* (1989)(C)

Cultivares e linhagens	FW	ER		T	VD		VF		C	
	R ²	R ²	$\hat{\sigma}_{di}^2$	λ_i	R ²	$\hat{\sigma}_{di}^2$	R ²	$\hat{\sigma}_{di}^2$	R ²	$\hat{\sigma}_{di}^2$
Manteigão Fosco 11	59	49	158549**	10,78	58	94393**	01	215244**	56	143574**
Negrito 897	93	89	13870**	1,89	93	-2125ns	49	39510**	89	15632**
Carioca	91	89	97ns	0,99	92	-3212ns	51	879ns	89	953ns
Milionário 1732	92	93	3660ns	1,26	87	833ns	95	-14791ns	97	-6654ns
Rico 1735	85	85	36881**	3,30	75	25824**	31	62818**	85	38469**
Ouro	81	82	61994**	4,83	56	47043**	58	80734**	83	62390**
Ouro Negro 1992	92	94	10852*	1,63	77	29286**	85	-6711ns	94	12463*
RAB-94	72	73	119852**	8,39	71	15015**	20	270315**	73	127741**
CNF 5547	70	73	104852**	7,48	51	49921**	55	156278**	77	94167**
2172	89	89	17980**	2,14	68	29228**	68	11950ns	89	19619**
2177	94	89	7305ns	1,47	87	1779ns	46	20219ns	89	8678ns
WAF-7	51	38	151255**	10,25	59	73039**	00	243909**	42	148967**

*,** Significativo a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste de F, respectivamente. ns não significativo

Tabela 3. Coeficientes de correlação linear de Spearman entre estimativas da adaptabilidade dos métodos de Finlay e Wilkinson (1963) (FW), Eberhart e Russell (1966) (ER), Tai (1971) (T), Verma *et al.* (1978) (VD e VF) e Cruz *et al.* (1989)(C)

Estimadores	$\hat{\beta}_{0i}$	(FW)	(ER)	(T)	(VD)	(VF)	(C)	
		$\hat{\beta}_{1i}$	$\hat{\beta}_{1i}$	$\hat{\beta}_{1i}$	$\hat{\beta}_{1i}$	$\hat{\beta}_{2i}$	$\hat{\beta}_{1i}$	$\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}$
$\hat{\beta}_{1i}$ (FW)	-0,65*	-	-0,38	-0,42	0,59*	-0,50	-0,37	-0,50
$\hat{\beta}_{1i}$ (ER)	0,92**	-0,38	-	0,99**	-0,40	0,76**	0,97**	0,76**
$\hat{\beta}_{1i}$ (T)	0,94**	-0,42	0,99**	-	-0,41	0,73**	0,98**	0,73**
$\hat{\beta}_{1i}$ (VD)	-0,43	0,59	-0,40	-0,41	-	-0,65*	-0,27	0,65*
$\hat{\beta}_{2i}$ (VF)	0,71*	-0,50	0,76**	0,73**	-0,65*	-	0,63*	1,00**
$\hat{\beta}_{1i}$ (C)	0,93**	-0,37	0,97**	0,98**	-0,27	0,63*	-	0,63*
$\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}$ (C)	0,71*	-0,50	0,76**	-0,73**	-0,65**	1,00*	0,63*	-

*,** significativo pelo teste t, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 4. Coeficientes de correlação linear de Spearman entre estimativas da estabilidade dos métodos de Finlay e Wilkinson (1963) (FW), Tai (1971) (T), Eberhart e Russell (1966) (ER), Verma *et al.* (1978) (VD e VF) e Cruz *et al.* (1989)(C)

	(T)	(ER)		(VD)		(VF)		(C)	
	λ_i	$\hat{\sigma}_{di}^2$	R ²	$\hat{\sigma}_{di}^2$	R ²	$\hat{\sigma}_{di}^2$	R ²	$\hat{\sigma}_{di}^2$	R ²
R ² (FW)	-0,61*	-0,70*	0,74**	-0,85**	0,76**	-0,70**	0,77**	-0,96**	0,96**
λ_i (T)		-0,10	0,06	0,73**	-0,42	-0,02	-0,55	0,61*	-0,59
$\hat{\sigma}_{di}^2$ (ER)			-0,90**	0,38	-0,60*	0,96**	-0,49	0,72**	-0,64*
R ² (ER)				-0,43	0,48	-0,84**	0,58	-0,67*	0,77**
$\hat{\sigma}_{di}^2$ (VD)					-0,86**	0,31	-0,55	0,79**	-0,79**
R ² (VD)						-0,51	0,37	-0,75**	0,63*
$\hat{\sigma}_{di}^2$ (VF)							-0,61*	0,77**	-0,66*
R ² (VF)								-0,80**	0,86**
$\hat{\sigma}_{di}^2$ (C)									-0,92**

*,** significativo pelo teste t, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Comparando os coeficientes de regressão dos métodos de Eberhart e Russell (1966) e Tai (1971), nota-se (Tabela 3) que a correlação entre eles foi igual a 0,99. O método de Tai (1971) apenas proporciona uma correção no estimador usado por Eberhart e Russell (1966), tornando-o não-tendencioso (Cruz e Regazzi, 1997). O segundo parâmetro proposto por Tai (1971), λ_i , apresentou correlação positiva e unitária com os desvios da regressão, sugeridos por Eberhart e Russell (1966) (Tabela 4).

Os cultivares Negrito 897 e Ouro Negro 1992 e a Linhagem 2172, com desvios da regressão significativos pelo método de Eberhart e Russell (1966), apresentaram desvios não significativos ou nos ambientes favoráveis ou nos desfavoráveis do método de Verma et al. (1978) (Tabelas 2 e 4). Deve-se considerar, no entanto, que o critério para classificar os ambientes é empírico, uma vez que um ambiente com índice positivo não é necessariamente ambiente favorável.

O $\hat{\beta}_{1i}$ e o $\hat{\beta}_{2i}$, no método de Verma et al. (1978), correlacionaram-se negativamente (Tabela 3), indicando que é possível identificar, entre o material estudado, o cultivar ideal com $\hat{\beta}_{1i} < 1$ e com o $\hat{\beta}_{2i} > 1$. Observa-se que os coeficientes de determinação nos ambientes favoráveis e desfavoráveis, no método de Verma et al. (1978), foram quase sempre menores do que os coeficientes de determinação no método de Eberhart e Russell (1966).

As correlações entre os estimadores da adaptabilidade do método de Cruz et al. (1989) mostraram que a produção média correlacionou-se com $\hat{\beta}_{1i}$ e $(\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i})$ (Tabela 3), demonstrando que os cultivares mais produtivos tenderam a sobressair-se nos ambientes desfavoráveis e favoráveis. Resultados com indicação semelhante têm sido encontrados (Souza, 1989; Cruz e Regazzi, 1997, entre outros). O $\hat{\beta}_{1i}$ também correlacionou-se positivamente com o $(\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i})$, mostrando a dificuldade de se encontrar o cultivar ideal, isto é, com $\hat{\beta}_{1i} < 1$ e $(\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}) > 1$.

Comparando o método de Verma et al. (1978) com o de Cruz et al. (1989), observa-se (Tabela 3) que $\hat{\beta}_{1i}$ e $\hat{\beta}_{2i}$, no método de Verma et al. (1978), correlacionaram-se de forma negativa e positiva, respectivamente, com $(\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i})$. A correlação entre $\hat{\beta}_{2i}$ e $(\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i})$ acontece porque a equação de regressão bi-segmentada não possui uma linha contínua, em razão das diferentes convergências das linhas bi-segmentadas do lado esquerdo e direito do

índice ambiental igual a zero (Cruz et al., 1989). No método de Cruz et al. (1989), é mais fácil avaliar o comportamento bi-segmentado dos cultivares, pois somente é necessário verificar se o $\hat{\beta}_{2i}$ é diferente de zero.

O $\hat{\beta}_{1i}$, do método de Eberhart e Russell (1966), mostrou-se altamente correlacionado com o $\hat{\beta}_{2i}$ do método de Verma et al. (1978) e com $\hat{\beta}_{1i}$ e $(\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i})$ do método de Cruz et al. (1989) (Tabela 3), indicando que, à medida que se selecionam cultivares produtivos e que se sobressaem com a melhoria do ambiente ($\hat{\beta}_{1i} > 1$), no método de Eberhart e Russell (1966), esses cultivares também seriam indicados para ambientes favoráveis pelo método de Verma et al. (1978).

Cruz et al. (1989) afirmam que, do ponto de vista estatístico, a preferência pelo método de Eberhart e Russell (1966), em relação ao deles, pode ser avaliada pela não-rejeição, naquele método, da hipótese $H_0: \beta_2 = 0$ para cultivar i. Esta não-rejeição indica que o comportamento do cultivar pode ser predito por uma única equação de regressão. Considerando $H_0: \beta_2 = 0$, cinco cultivares (Manteigão Fosco 11, Milionário 1732, Ouro, CNF 5547 e o WAF-7) mostraram-se melhor representados pelo método bi-segmentado. Entretanto, Cruz et al. (1989) ressaltam que a escolha dos métodos bi-segmentados deve fundamentar-se no interesse do melhorista em identificar cultivares com comportamento diferenciado nos ambientes desfavoráveis e favoráveis.

Analisando a estabilidade dos cultivares pelo desvio da regressão, nota-se que o método de Eberhart e Russell (1966) e o de Cruz et al. (1989) consideraram os mesmos cultivares como sendo instáveis (Tabelas 2 e 4). Ao considerar os ajustes da regressão, por meio dos R^2 , verifica-se que o método de Cruz et al. (1989) foi, em apenas cinco dos cultivares, ligeiramente superior ao de Eberhart e Russell (1966). Também nota-se que os $\hat{\beta}_{1i}$ de Eberhart e Russell (1966) alcançaram valores intermediários em relação aos coeficientes de regressão para ambientes favoráveis e desfavoráveis, do método de Cruz et al. (1989).

Referências bibliográficas

- Becker, H.C. Correlations among some statistical measures of phenotypic stability. *Euphytica*, 30:835-840, 1981.
- Cruz, C.D.; Torres, R.A.; Vencovsky, A. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva & Barreto. *Rev. Bras. Genet.*, 12:567-580, 1989.
- Cruz, C.D.; Regazzi, A.J. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa: Imprensa Universitária. UFV, 1997. 393 p.

- Duarte, J.B. *Estudo da adaptabilidade e estabilidade fenotípica em linhagens e cultivares de feijão mulatinho (Phaseolus vulgaris (L.))*. Goiânia, 1988. (Master's Thesis in Genetics and Improvements of Plants) - Universidade Federal de Goiás.
- Easton, H.S.; Clements, R.J. The interaction of wheat genotypes with a specific factor of the environment. *J. Agric. Sci.*, 80:43-52, 1973.
- Eberhart, S.A.; Russell, W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.*, 6:36-40, 1966.
- Finlay, K.W.; Wilkinson, G.N. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Aust. J. Agric. Res.*, 14:742-754, 1963.
- Jowett, D. Yield stability parameters for sorghum in East Africa. *Crop Sci.*, 12:314-317, 1972.
- Langer, I.; Frey, K.J.; Bailey, T. Associations among productivity, production response, and stability indexes in oat varieties. *Euphytica*, 28:17-24, 1979.
- Lin, C.S.; Binns, M.R.; Lefkovich, L.P. Stability analysis: where do we stand? *Crop Sci.*, 26:894-900, 1986.
- Miranda, G.V. *Comparação de métodos de avaliação da adaptabilidade e estabilidade de comportamento de cultivares: Exemplo com a cultura do feijão (Phaseolus vulgaris (L.))*. Viçosa, 1993. (Master's Thesis in Genetics and Improvements) - Universidade Federal de Viçosa.
- Miranda, G.V.; Vieira, C.; Cruz, C.D.; Araújo, G.A.A. Comparação de quatro métodos de avaliação da estabilidade fenotípica de cultivares de feijão. *Revista Ceres*, 44(256):627-638, 1977.
- Oliveira, A.C. *Comparação de alguns métodos de determinação da estabilidade de plantas cultivadas*. Brasília, 1976. (Master's Thesis in Statistic) - Universidade de Brasília.
- Peixoto, T.C.; Silva, J.G.C. da; Barreto, J.N. Técnicas de análise de interação genótipo por ambiente e estabilidade de clones de cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 1, 1985, Campinas. *Anais...* Campinas: Fundação Cargill, 1985. p.53-54.
- Pimentel Gomes, F. *Curso de estatística experimental*. Piracicaba: Nobel, 1985. 466 p.
- Riede, C.R.; Barreto, J.N. Estudo da estabilidade de cultivares de trigo recomendadas para as regiões norte e oeste do Estado do Paraná. In: SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 1, Campinas, 1985. *Anais...* Campinas: Fundação Cargill, 1985. p.51-52.
- Silva, T.G.C.; Barreto, J.N. Aplicação da regressão linear segmentada em estudos da interação genótipo x ambiente. In: SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 1, 1985, Campinas. *Anais...* Campinas: Fundação Cargill, 1985. p.49-50.
- Souza, F.R.S. *Estabilidade de cultivares de milho (Zea mays (L.)) em diferentes épocas e locais de plantio em Minas Gerais*. Lavras, 1989. (Master's Thesis in Genetics and Improvements of Plants) - Universidade Federal de Lavras.
- Tai, G.C.C. Genotypic stability analysis and its application to potato regional trials. *Crop Sci.*, 11:184-190, 1971.
- Verma, M.M.; Chahal, G.S.; Murty, B.R. Limitations of conventional regression analysis: a proposed modification. *Theor. Appl. Genet.*, 53:89-91, 1978.
- Vieira, C. *Cultura do feijão*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1983. 146 p.

Received on February 18, 1998.

Accepted on August 07, 1998.