

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS PARA ANÁLISE DE ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE FENOTÍPICA EM FEIJOEIRO COMUM

Helton Santos Pereira¹, Leonardo Cunha Melo¹, Maria José Del Peloso¹, Luís Cláudio de Faria¹, José Luis Cabrera Díaz², Joaquim Geraldo Cáprio da Costa¹ e Adriane Wendland¹

Resumo

O objetivo deste trabalho foi comparar metodologias de estudo de adaptabilidade/estabilidade fenotípica em feijoeiro-comum. Foram utilizadas avaliações de produtividade em 71 ensaios. A adaptabilidade/estabilidade dos genótipos foi avaliada por meio de seis metodologias, e a associação entre as metodologias foi determinada pela correlação de Spearman. Os métodos de Cruz e Eberhart & Russel apresentaram forte correlação entre si. Os métodos de Linn & Binns, Lin & Binns modificado e Annichiarico também apresentaram alta correlação entre si. Correlações intermediárias foram observadas entre as metodologias de Eberhart & Russel e AMMI. A utilização conjunta de métodos que apresentaram alta correlação não é indicada, portanto, um dos métodos, entre Cruz, Eberhart & Russel ou AMMI, deve ser utilizado em conjunto com Lin & Binns, Lin & Binns modificado ou Annichiarico, já que não houve correlação entre métodos desses grupos. Os métodos de Lin & Binns modificado e Annichiarico são indicados para utilização isolada, pois reúnem simplicidade de utilização, separação dos ambientes em favoráveis e desfavoráveis e identificação de genótipos estáveis/adaptados entre os mais produtivos.

Introdução

Na escolha de metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica a serem empregadas, devem-se considerar alguns aspectos, como a facilidade de análise e interpretação dos resultados e as relações existentes entre os métodos, principalmente no que se refere ao ordenamento dos genótipos quanto à estabilidade e adaptabilidade. Alguns estudos já foram realizados com o objetivo de comparar metodologias de análise de estabilidade e adaptabilidade. O conjunto de dados obtidos ao final de cada ciclo de ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU) de feijoeiro comum da Embrapa Arroz e Feijão, com cerca de 80, apresenta enorme variação nas condições ambientais. Esse número de ensaios é superior ao relatado em trabalhos que visam à comparação de metodologias de estabilidade e adaptabilidade e, portanto, esse conjunto de dados reúne características desejáveis para a realização de um estudo dessa natureza. Assim, o objetivo desse trabalho foi comparar métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade na indicação de cultivares de feijoeiro comum.

Material e Métodos

Os ensaios foram instalados nos anos de 2003 e 2004, em blocos ao acaso com três repetições e parcelas de quatro linhas de quatro metros de comprimento, em 71 ambientes nos Estados de Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, São Paulo, Santa Catarina e Paraná, nas épocas das águas, seca e inverno. Cada ensaio foi constituído de 16 genótipos e os dados de produtividade de grãos (kg/ha) foram submetidos à análise de variância e em seguida foi realizada a análise conjunta. Para as análises de estabilidade foram adotadas seis metodologias: Eberhart & Russell; Cruz et al.; Lin & Binns modificado por Carneiro (com decomposição de P_i e trapézio quadrático ponderado pelo coeficiente de variação residual (CV)); Annichiarico; e AMMI. Foram utilizados os aplicativos Genes e Estabilidade. Para a comparação dos métodos, foi estimada a correlação de Spearman entre as ordens de classificação obtidas com base nos parâmetros de estabilidade e adaptabilidade, para cada par de métodos. Os parâmetros fornecidos por cada método

¹Pesquisador(a) da Embrapa Arroz e Feijão. Santo Antônio de Goiás, GO, E-mail: helton@cnpaf.embrapa.br, leonardo@cnpaf.embrapa.br, mjpeloso@cnpaf.embrapa.br, lcfarria@cnpaf.embrapa.br, caprio@cnpaf.embrapa.br, adrianew@cnpaf.embrapa.br

²Analista da Embrapa Arroz e Feijão. Ponta Grossa, PR, E-mail: cabrera@cnpaf.embrapa.br

receberam igual peso para classificação dos genótipos. Para cada método foi estabelecida a ordem de classificação quanto à estabilidade e adaptabilidade, utilizando procedimento semelhante ao relatado por Silva & Duarte (2006), diferindo no ordenamento para AMMI, para qual foi calculada a média dos escores absolutos dos dois primeiros componentes principais para cada genótipo, ponderados pela porcentagem da variação explicada por cada componente (MPEA). Os genótipos foram ordenados pelos valores de MPEA e o de menor média foi considerado mais estável e adaptado.

Resultados e Discussão

Na análise conjunta, todos os efeitos foram significativos, indicando a presença de variabilidade entre os genótipos, entre ambientes e a ocorrência de resposta diferencial dos genótipos aos ambientes. Os resultados das análises de estabilidade estão apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3. O método de Cruz et al. somente se correlacionou com o de Eberhart & Russel, o que indica existir redundância nas informações fornecidas pelos métodos baseados em regressão. As metodologias de Lin & Binns, Linn & Binns modificada e Annichiarico apresentaram alta correlação entre si, evidência de que proporcionam informação semelhante (Tabela 1). Isso pode ser explicado pelo fato de que essas metodologias avaliam a superioridade dos genótipos, tomando-se como referência os melhores genótipos em cada ambiente (Lin & Binns e Lin & Binns modificado) e a média de cada um dos ambientes (Annichiarico). As metodologias de Lin & Binns modificada e de Annichiarico não mostraram associação com AMMI, o que indica que uma dessas pode ser utilizada em conjunto com AMMI. O método de Lin & Binns apresentou correlação (0,51*) com AMMI, indicando certo grau de semelhança nas informações obtidas, e está de acordo com Melo et al. (2007). As metodologias de Lin & Binns, Linn & Binns modificada e Annichiarico não apresentaram correlação com Eberhart & Russel, de forma semelhante ao relatado na literatura. Assim, pode-se inferir que a utilização de um desses métodos em conjunto com Eberhart & Russel pode fornecer informações complementares sobre a estabilidade fenotípica. No presente trabalho, a correlação entre Eberhart & Russel e AMMI foi intermediária (0,67*), mostrando um maior grau de associação do que o relatado em trabalhos anteriores (SILVA; DUARTE, 2006) (MELO *et al.* 2007) o que contra-indicaria a utilização conjunta das metodologias. Entre os métodos avaliados, Eberhart e Russel, Cruz e AMMI não apresentaram correlação significativa com a média dos genótipos, o que indica que os genótipos identificados como mais estáveis e adaptados não são, necessariamente, os mais produtivos (Tabela 1). Já as metodologias de Lin e Binns, Linn e Binns modificada e Annichiarico mostraram alta correlação com as médias, indicativo de que os genótipos mais estáveis/adaptados estão entre os mais produtivos.

Conclusões

É recomendada a utilização conjunta de métodos de adaptabilidade/estabilidade, sendo um entre os métodos de Linn & Binns, Linn & Binns modificado ou Annichiarico e outro entre os métodos de Eberhart & Russel, Cruz ou AMMI. Os métodos de Lin & Binns modificado e Annichiarico são indicados, isoladamente, para uso na indicação de cultivares de feijoeiro-comum, apresentando simplicidade de utilização e identificando genótipos estáveis/adaptados entre os mais produtivos.

Referências

MELO, L.C.; MELO, P.G.S.; FARIA, L.C. de; DIAZ, J.L.C; DEL PELOSO, M.J.; RAVA, C.A.; COSTA, J.G.C. da. Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum na Região Centro-Sul do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v.42, n.5, p.715-723, 2007.

SILVA, W.C.J.; DUARTE, J.B. Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 41, p.23-30, 2006.

Tabela 1. Estimativas de coeficientes de correlação de Spearman para os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de cada par de métodos e médias (kg ha⁻¹) obtidas para 16 genótipos em 71 ensaios de feijoeiro comum no Brasil em 2003 e 2004.

Métodos	Média	E&R	Cruz	L&B	L&B mod.	Annic.
E&R ⁽¹⁾	0,06	-				
Cruz ⁽²⁾	0,09	0,75*	-			
L&B ⁽³⁾	0,84*	0,27	0,15	-		
L&B mod. ⁽⁴⁾	0,92*	0,01	0,06	0,81*	-	
Annic ⁽⁵⁾	0,95*	0,02	0,11	0,80*	0,94*	-
AMMI ⁽⁶⁾	0,23	0,67*	0,43	0,51*	0,26	0,21

⁽¹⁾ Eberhart e Russel (1966); ⁽²⁾ Cruz et al. (1989); ⁽³⁾ Lin & Binns (1988); ⁽⁴⁾ Lin & Binns (1988), modificado por Carneiro (1998); ⁽⁵⁾ Annichiarico (1992); ⁽⁶⁾ Método AMMI; ⁽⁷⁾ Eberhart e Russel (1966), Cruz et al., (1989) e AMMI utilizando a média como um dos parâmetros de estabilidade; *significativo a 5% de probabilidade pelo teste t de student.

Tabela 2. Estimativas de parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica de 16 genótipos de feijoeiro comum avaliados em 71 ambientes no Brasil nos anos de 2003 e 2004, pelos métodos de Lin & Binns (L&B) e Lin & Binns modificado por Carneiro (L&B mod), com decomposição de P_i (Índice de superioridade do genótipo) em favorável (P_{if}) e desfavorável (P_{id}) e pelo método de Annichiarico (I – Índice de confiança genotípico), também com decomposição em ambientes favoráveis (I_f) e desfavoráveis (I_d).

Genótipo	Média ⁽¹⁾ (kg ha ⁻¹)	L&B mod						L&B mod CV						Annichiarico					
		P _i (x10 ³)	C ²	P _{if} (x10 ³)	C	P _{id} (x10 ³)	C	P _i (x10 ⁶)	C	P _{if} (x10 ⁶)	C	P _{id} (x10 ⁶)	C	I _i	C	I _f	C	I _d	C
BRS Estilo	2.435 a	163	1	187	1	141	2	491	1	253	1	237	2	107,1	1	105,7	1	108,2	1
CNFC 9518	2.391 a	189	2	258	2	129	1	503	2	279	2	225	1	105,6	2	102,9	2	108,2	2
Pérola	2.268 b	298	7	406	9	204	6	561	5	316	7	245	3	97,9	5	98,9	5	97,1	6
CNFC 9458	2.263 b	253	3	334	4	183	3	546	3	294	3	252	7	98,7	3	99,7	3	97,7	5
CNFC 9506	2.241 b	266	4	360	6	183	4	560	4	309	4	251	5	98,0	4	97,0	8	99,3	3
Carioca Pitoco	2.216 b	350	13	448	11	264	12	574	7	328	12	246	4	96,8	6	97,4	7	96,3	7
Iapar 81	2.215 b	291	5	318	3	268	13	581	8	311	5	270	14	94,9	8	99,3	4	91,2	11
CNFC 9471	2.188 c	297	6	352	5	250	10	584	9	320	9	264	12	94,1	12	98,8	6	90,4	13
CNFE 8009	2.185 c	340	12	448	12	246	9	587	12	334	14	253	8	94,5	10	94,8	11	94,6	10
CNFC 9484	2.182 c	324	9	475	14	193	5	570	6	318	8	251	6	96,2	7	93,6	14	98,7	4
CNFC 9504	2.170 c	325	10	446	10	221	8	588	13	325	11	263	11	94,4	11	94,0	13	95,0	8
CNFC 9500	2.163 c	326	11	455	13	214	7	586	11	325	10	262	9	94,5	9	94,1	12	95,0	9
CNFC 9494	2.138 c	322	8	395	8	259	11	593	14	331	13	262	10	92,9	13	96,0	9	90,5	12
Magnífico	2.119 c	361	14	392	7	334	15	585	10	311	6	274	15	90,7	14	95,3	10	87,1	15
BRS 9435 Cometa	2.016 d	499	15	738	15	291	14	642	15	374	15	268	13	86,7	15	85,6	15	87,6	14
Carioca 11	1.908 e	597	16	743	16	470	16	688	16	391	16	297	16	79,8	16	85,0	16	75,5	16

⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra são iguais (Scott-Knott, $\alpha=0,10$); ² Classificação dos genótipos quanto a estabilidade segundo os parâmetros de cada método.

Tabela 3. Estimativas de parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica pelos métodos de Eberhart & Russel, Cruz et al. e AMMI, para 16 genótipos de feijoeiro comum avaliados em 71 ambientes no Brasil nos anos de 2003 e 2004.

Genótipo	Média ⁽¹⁾ (kg ha ⁻¹)	Eberhart & Russel			Cruz et al.				AMMI			
		$\hat{\beta}_{1i}$ ⁽²⁾	$\hat{\sigma}_{di}$ ⁽³⁾	C ⁽⁴⁾	$\hat{\beta}_{1i}$	$\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}$ ⁽⁶⁾	$\hat{\sigma}_{di}$	C	CP 1 (17,4%) ⁽⁷⁾	CP 2 (14,2%) ⁽⁷⁾	MPEA ⁽⁸⁾	C
BRS Estilo	2.435 a	1,12 **	62.248 **	14	1,09 *	1,26 **	370.557 **	9	-7,73	25,78	15,85	12
CNFC 9518	2.391 a	1,02 ns	45.210 **	7	0,99 ns	1,16 ns	319.460 **	5	-7,68	-16,14	11,49	5
Pérola	2.268 b	0,98 ns	123.463 **	10	1,02 ns	0,81 *	552.229 **	15	21,43	-7,44	15,13	10
CNFC 9458	2.263 b	1,06 ns	32.162 **	8	1,05 ns	1,11 ns	287.454 **	8	-19,00	10,59	15,21	11
CNFC 9506	2.241 b	1,01 ns	28.596 **	3	0,98 ns	1,17 *	266.072 *	3	-1,15	4,61	2,71	1
Carioca Pitoco	2.216 b	0,91 *	115.038 **	15	0,97 ns	0,69 **	516.285 **	13	33,52	-12,12	23,89	14
Iapar 81	2.215 b	1,07 *	88.893 **	12	1,10 *	0,96 ns	454.867 **	14	6,21	8,89	7,42	2
CNFC 9471	2.188 c	1,05 ns	32.385 **	6	1,08 *	0,93 ns	281.501 **	12	-13,55	3,32	8,94	4
CNFE 8009	2.185 c	0,94 ns	81.004 **	11	0,96 ns	0,87 ns	434.478 **	11	10,76	-24,69	17,03	13
CNFC 9484	2.182 c	0,96 ns	27.705 **	4	0,91 *	1,15 ns	257.898 *	2	-12,86	-15,40	14,01	7
CNFC 9504	2.170 c	1,01 ns	14.799 ns	2	0,96 ns	1,19 *	218.287 ns	1	-13,30	-0,40	7,50	3
CNFC 9500	2.163 c	0,96 ns	38.412 **	5	0,95 ns	1,02 ns	305.606 **	4	-16,68	8,52	13,01	6
CNFC 9494	2.138 c	1,00 ns	9.251 ns	1	1,02 ns	0,89 ns	213.166 ns	7	-11,04	18,38	14,34	8
Magnífico	2.119 c	1,05 ns	41.267 **	9	1,04 ns	1,10 ns	314.683 **	10	10,21	20,39	14,79	9
BRS 9435 Cometa	2.016 d	0,93 *	96.575 **	13	0,90 *	1,06 ns	475.966 **	6	-16,60	-35,98	25,32	15
Carioca 11	1.908 e	0,91 *	150.581 **	16	0,98 ns	0,63 **	611.349 **	16	37,47	11,70	25,87	16

⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra são iguais (Scott-Knott, $\alpha=0,10$); ⁽²⁾ $H_0: \hat{\beta}_{1i} = 1$; ⁽³⁾ $H_0: \hat{\sigma}_{di} = 0$; ⁽⁴⁾ Classificação; ⁽⁵⁾ Classificação com média entre os parâmetros de estabilidade; ⁽⁶⁾ $H_0: \hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i} = 1$; ⁽⁷⁾ Porcentagem da variação explicada pelo componente principal (CP); ⁽⁸⁾ Média ponderada dos escores absolutos; ns, * e **, não significativos, significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.