

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DA PRODUTIVIDADE DE GRÃOS DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO CAUPI PROSTRADO UTILIZANDO O MODELLO AMMI

Francisco Rodrigues Freire Filho¹, Maurisrael de Moura Rocha¹, Valdenir Queiroz Ribeiro² e Ângela Celis de Almeida Lopes³

Palavras-Chaves: *Vigna unguiculata*, interação genótipos x ambientes, previsibilidade.

INTRODUÇÃO

Em estudos sobre a adaptabilidade e a estabilidade, em feijão caupi, tem predominado o uso das metodologias de Finlay & Wilkinson (1963) e Eberhart & Russel (1966) que utilizam regressão linear. Esses estudos têm subsidiado o lançamento de cultivares em vários estados do Nordeste (Miranda et al., 1997; Freire Filho et al., 2002). Atualmente, entretanto, vem sendo usado o modelo AMMI (efeitos aditivos principais e interação multiplicativa). Este combina a análise de variância para os efeitos aditivos principais de genótipos e ambientes com a Análise de Componentes Principais para o efeito multiplicativo da interação G x E (Zobel et al., 1988; Duarte & Vencovsky, 1999). O modelo AMMI tem sido mais adequado e eficiente que a regressão linear, para explicar a interação (Yau, 1995). Freire Filho et al. (2001a, 2001b) utilizaram o modelo em feijão caupi de porte semi-ereto e de porte prostrado, de tegumento mulato, obtendo resultados diferentes dos obtidos por Borges et al., 2000, em feijoeiro comum, e semelhantes àqueles reportados por Rocha (2002), em soja. O objetivo desse trabalho foi estudar a adaptabilidade e a estabilidade da produtividade de grãos de genótipos de feijão caupi, utilizando o método AMMI.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliados 16 genótipos de feijão caupi prostrado de tegumento branco (TE-96-282-7G: G1; TE96-290-1G: G2; TE96-290-3G: G3; TE96-290-4G: G4; TE96-290-5G: G5; TE96-290-6G: G6; TE96-290-8G: G7; TE96-290-10G: G8; TE93-204-10G: G9; TE93-210-12F: G10; TE93-210-13F: G11; TE93-222-11F: G12; TE96-290-12G: G13; TE97-427-01F: G14; TE87-98-8G: G15; e Olho de pomba-10: G14) em doze ambientes, representando a

¹Eng. Agr., D. Sc., Embrapa Meio-Norte, Av. Duque de Caxias, 5650, Bairro B. Aires, CEP: 64006220. Teresina, Piauí. E-mail: freire@cpamn.embrapa.br; mmrocha@cpamn.embrapa.br

²Eng. Agr., M. S., Embrapa Meio-Norte, E-mail: valdenir@cpamn.embrapa.br

³Eng. Agr., D. Sc., Departamento de Biologia, UFPI, CEP: 64049550, Teresina, Piauí. E-mail: acalopes@bol.com.br

combinação de local e ano (Teresina, PI, 2000: TE00; Teresina, PI, 2001: TE01; Palmeira do Piauí, PI, 2001: PA01; Baixa Grande do Ribeiro, PI, 2000: BG00; Baixa Grande do Ribeiro, PI, 2001: BG01; Castelo do Piauí, PI, 1999: CP99; Bom Jesus, PI, 2000: BJ00; Barra do Corda, MA, 2000: BC00; Barra do Corda, MA, 2001: BC01; Sambaíba, MA, 2000: SA00; Brejo, MA, 2001: BR01; Anapurus, MA, 2000: AN00). Foi utilizado o delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. A parcela foi composta de quatro fileiras e a área útil foi representada pelas duas fileiras centrais. As parcelas tiveram as dimensões de 3,0 m x 5,0 m, e em alguns ensaios de 2,0 m x 5,0 m.

A análise de adaptabilidade e estabilidade foi realizada utilizando o método AMMI, no qual os efeitos aditivos principais de genótipos e ambientes foram investigados pela Análise de Variância (ANAVA) e o efeito multiplicativo da interação G x E foi decomposto pela Análise de Componentes Principais (ACP). A análise foi realizada usando-se o programa Statistical Analysis System (SAS Institute, 1997), de acordo com o algoritmo sugerido por Duarte & Vencovsky (1999). Foi adotado o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + e_j + \sum_{k=1}^n \lambda_k \gamma_{ik} \alpha_{jk} + \rho_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

sendo Y_{ij} a média do genótipo "i" no ambiente "j"; μ a média geral; g_i e e_j os efeitos do i-ésimo genótipo e j-ésimo ambiente, respectivamente; λ_k o k-ésimo valor singular da matriz G x E; γ_{ik} e α_{jk} os k-ésimos valores singulares correspondentes ao i-ésimo genótipo e j-ésimo ambiente, respectivamente; ρ_{ij} resíduo da interação G x E; n o número de eixos ou CPIs retidos pelo modelo; e ε_{ij} o erro experimental médio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise AMMI mostraram que houve diferenças significativas para os efeitos de genótipos, ambientes e interação G x E ($P < 0,01$). Os dois primeiros eixos da interação (CPI1 e CPI2) foram significativos e explicaram, respectivamente, 46,38 e 18,80 %, somando um total de 65,18 % da soma de quadrados da interação G x E ($SQ_{G \times E}$). O resíduo do CPI2 foi não significativo (Tabela 1). Isto indica, pelo critério do Teste F_R (Piepho, 1995), que o modelo mais preditivo foi o AMMI2 e que os dois primeiros eixos são suficientes para explicar o padrão da interação G x E. Segundo Rocha (2002), o padrão da interação se concentra mais nos primeiros eixos e os remanescentes concentram uma variação aleatória (ruído) que contribui para diminuir a acurácia das estimativas de interações e respostas dos genótipos com os ambientes.

Em um estudo conduzido em feijão caupi de porte prostrado por Freire Filho et al. (2001a), o CPI1 e o CPI2 explicaram, respectivamente, 37,50 e 23,75 % da $SQ_{G \times E}$. Em feijão caupi de porte semi-ereto três eixos, os CPI1, CPI2 e CPI3, explicaram 27,30; 25,18

e 20,34 %, respectivamente (Freire Filho et al., 2001b). Em soja, o CPI1 explicou de 23 a 39% da $SQ_{G \times E}$ (Rocha, 2002). Nesses trabalhos, a baixa variação da $SQ_{G \times E}$ contida nos primeiros eixos foi suficiente para explicar a variação diretamente relacionada com o fenômeno da interação (padrão) e de interesse agrônomo.

Tabela 1. Análise AMMI incluindo os dois primeiros eixos ou componentes principais da interação (CPI) para o caráter produtividade de grãos (kg/ha) de 16 genótipos de feijão caupi, avaliados em 12 ambientes do Meio-Norte do Brasil.

F.V.	G.L.	Q.M.	$R^2(\%)^1$
Genótipos (G)	15	110713**	
Ambientes (E)	11	8424950**	
G x E	165	40500**	
CPI1	25	123985**	46,38
Resíduo _{AMMI1}	140	25591**	-
CPI2	23	54615**	18,80
Resíduo _{AMMI2}	117	19886 ^{ns}	-
Erro médio/ r^2	540	14570	

¹Porcentagem da soma de quadrados da interação genótipos x ambientes explicada por CPI;

²Número de repetições; **Significativo a 1% de probabilidade; ^{ns}Não-significativo.

Tabela 2. Médias previstas pelo modelo AMMI2 para o caráter produtividade de grãos (Kg/ha) de 16 genótipos de feijão caupi, avaliados em 12 ambientes do Meio-Norte do Brasil.

Genótipo	Ambiente												Média/ genótipo
	BC01	BR01	BG01	PA01	TE01	BC00	SA00	TE00	AN00	BG00	BJ00	CP99	
G1	1226	715	2528	1654	950	1332	2067	1010	227	824	1124	533	1182
G2	1226	680	3148	1686	1175	1536	2158	1312	234	898	1093	344	1291
G3	1301	838	2746	1732	940	1399	2216	1019	304	875	1202	646	1268
G4	1239	784	3191	1693	969	1467	2264	1113	248	846	1121	485	1285
G5	1237	716	2967	1686	1080	1469	2154	1194	243	875	1116	435	1264
G6	1216	741	3699	1696	1113	1609	2329	1325	231	879	1074	315	1352
G7	1316	887	3273	1768	983	1520	2366	1129	325	904	1203	599	1356
G8	1212	632	2884	1663	1190	1487	2061	1294	217	890	1083	335	1246
G9	1157	679	2380	1579	784	1209	2013	834	158	725	1064	530	1093
G10	1223	716	2674	1658	972	1366	2097	1051	226	830	1116	502	1202
G11	1337	796	2746	1773	1162	1503	2170	1233	340	966	1226	575	1319
G12	1151	638	2377	1576	865	1238	1974	915	152	745	1052	471	1096
G13	1291	708	3452	1765	1383	1702	2236	1549	301	1008	1142	302	1403
G14	1252	659	1789	1652	1014	1231	1860	971	246	853	1166	606	1108
G15	1229	673	2845	1675	1135	1465	2090	1232	234	884	1107	400	1247
G16	1116	840	3254	1564	446	1220	2348	621	127	606	1023	584	1146
Média/ Ambiente	1233	731	2872	1676	1010	1422	2150	1113	238	850	1119	479	

As médias previstas pelo modelo AMMI2 variaram de 152 kg/ha (G16; AN00) a 3.699 kg/ha (G7; BG01) (Tabela 2). Observa-se que os genótipos, praticamente, se agruparam em uma coluna em torno da média geral, sugerindo baixa variabilidade; os ambientes, entretanto, mostraram-se mais dispersos. Os genótipos com maior adaptabilidade (mais produtivos) foram G13, G7, G6 e G11, todos com produtividades superiores à média geral (1.241 kg/ha) (Figura 1).

Os genótipos mais estáveis foram G4, G5, G10, e G11; estes podem ser cultivados em todos os locais onde foram feitos os estudos. Apenas o genótipo G11 foi comum aos dois grupos (maior e ampla adaptabilidade), associando adaptabilidade com estabilidade. Os genótipos G1, G3, G9, G10 e G11 apresentaram similaridade para a interação (Figura 2).

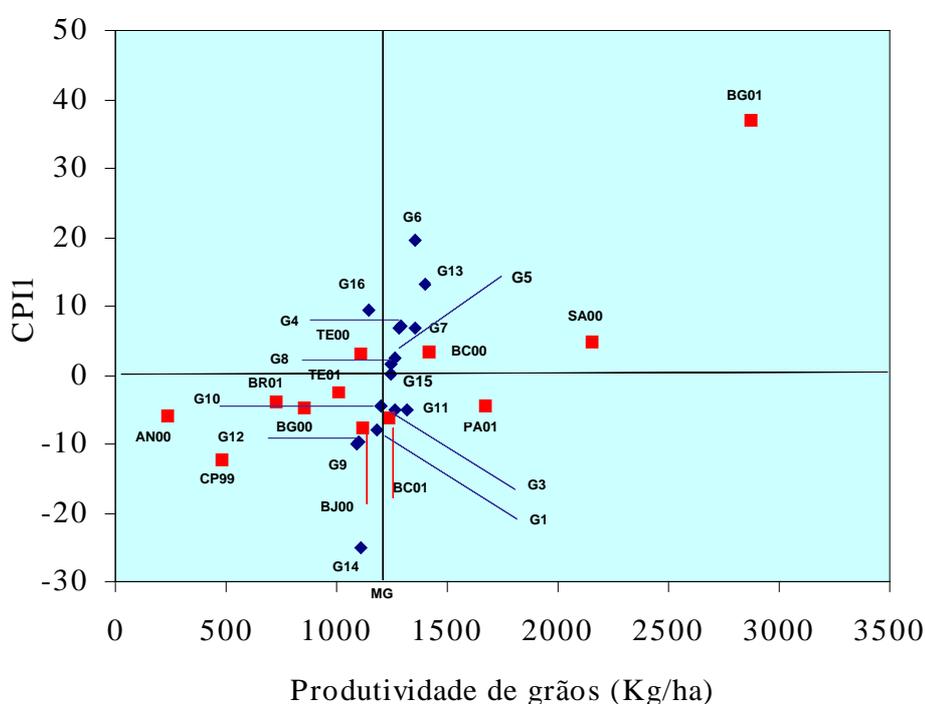


Figura 1 - *Biplot* AMMI1: produtividade de grãos x primeiro componente principal da interação (CPI1) de 16 genótipos de feijão caupi avaliados em 12 ambientes do Meio-Norte do Brasil. Genótipos e ambientes estão representados como losangos (azul) e quadrados (vermelho), respectivamente. MG: média geral.

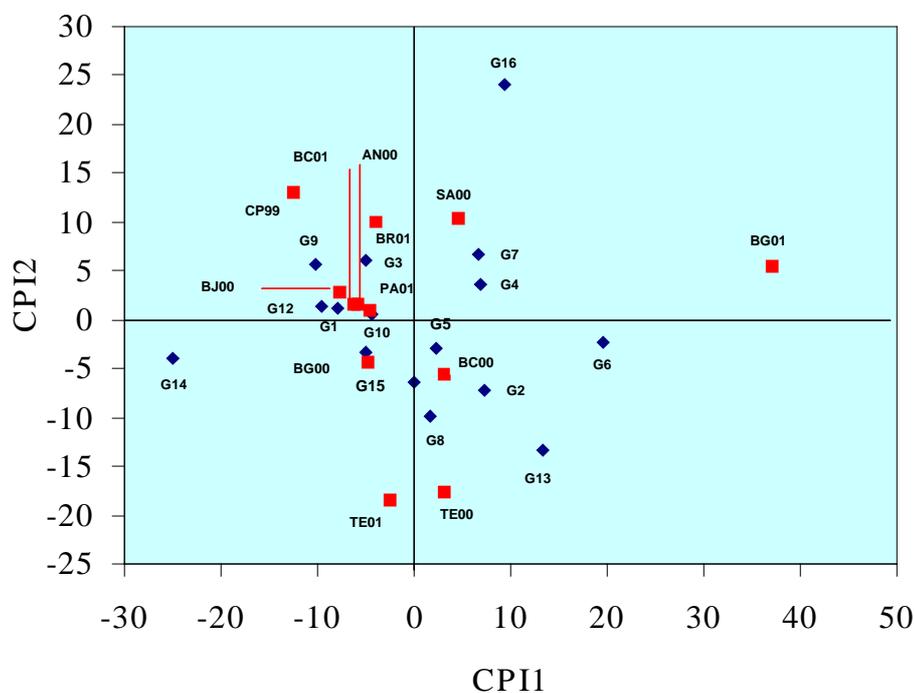


Figura 2 - *Biplot* AMMI2: primeiro componente principal da interação (CPI1) x segundo componente principal da interação (CPI2) de 16 genótipos de feijão caupi avaliados em 12 ambientes do Meio-Norte do Brasil. Genótipos e ambientes estão representados como losangos (azul) e quadrados (vermelho), respectivamente.

CONCLUSÕES

- Os genótipos G4, G5, G10, e G11 são os mais previsíveis, e G11 reúne genes para adaptabilidade e estabilidade.
- Os genótipos G14, G15 e G16 são os mais produtivos, mas apresentam adaptação específica a ambientes de alta qualidade.
- Os ambientes BR01 e BJ00 são os mais previsíveis; já BG01 e SA00 são imprevisíveis, mas representam ambientes de alta qualidade.
- A interação é dissimilar para ambientes dentro de Estado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BORGES, L. C.; FERREIRA, D. F.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P. Emprego de metodologias de avaliação da estabilidade fenotípica na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 47, n. 269, p. 89-102, 2000.
- DUARTE, J. B.; VENCOSKY, R. **Interação genótipos x ambientes**: uma introdução à análise "AMMI". Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1999. 63p. (Série Monografias, 9).

EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v. 6, p. 36-40, 1966.

FINLAY, K. W.; WILKINSON, G. N. The analysis of adaptation in plant breeding programme. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 14, p. 742-754, 1963.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; LOPES, A. C. A. Análise de estabilidade da produtividade em caupi semi-ereto de tegumento mulato através do modelo AMMI. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE CAUPI, 5., 2001b, Teresina. **Avanços tecnológicos no feijão caupi**: anais. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2001a. p. 219-224. (Embrapa Meio-Norte. Documento 56).

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; LOPES, A. C. A. Avaliação da estabilidade da produtividade de genótipos de feijão caupi enramador de tegumento mulato através do modelo AMMI. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE CAUPI, 5., 2001, Teresina. **Avanços tecnológicos no feijão caupi**: anais. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2001b. p. 225-230. (Embrapa Meio-Norte. Documento 56).

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; LOPES, A. C. A. Adaptabilidade e estabilidade da produtividade de grãos de linhagens de caupi de porte enramador. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 49, n. 284, p. 383-389, 2002.

MIRANDA, P.; COSTA, A. F.; OLIVEIRA, L. R.; TAVARES, J. A.; PIMENTEL, M. L.; LINS, G. M. L. Comportamento de cultivares de *Vigna unguiculata* (L.) Walp., nos sistemas solteiro e consorciado. III - tipo ramador. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife, v. 10, p. 67-76, 1997. Número especial.

PIEPHO, H. P. Robustness of statistical test for multiplicative terms in the additive main effects and multiplicative interaction model for cultivar trial. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 90, n. 3-4, p. 438-443, 1995.

ROCHA, M. M. **Seleção de linhagens experimentais de soja para adaptabilidade e estabilidade fenotípica**. 2002. 174f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2002.

SAS INSTITUTE (Cary, Estados Unidos). **SAS/STAT software**: changes and enhancements through release 6.12. Cary, 1997. 1116p.

YAU, S. K. Regresión and AMMI análisis of genotype x environment interactions: an empirical comparison. **Agronomy Journal**, Madison, v. 87, n. 1, p. 121-126, 1995.

ZOBEL, R. W.; WRIGHT, M. J.; GAUCH, H.G. Statistical analysis of a yield trial. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, n. 3, p. 388-393, 1998.