

Análise de adaptabilidade e estabilidade em soja (*Glycine max* L.) em Mato Grosso

Stability and adaptability analyses in soy (*Glycine max* L.) in Mato Grosso states

Hélio Bandeira Barros¹
Tuneo Sedyama²
Cosme Damião Cruz³
Rita de Cássia Teixeira⁴
Múcio Silva Reis⁵

Resumo

Este trabalho teve o objetivo de avaliar o desempenho, a estabilidade e a adaptabilidade de 17 genótipos de soja [*Glycine max* (L.) Merrill], em seis ambientes no estado do Mato Grosso. O delineamento experimental foram blocos ao acaso, com três repetições. Os ensaios foram conduzidos nos anos agrícolas de 2004/05 e 2005/06 nos municípios de Rondonópolis, Campo Verde e Vera. Para avaliação da adaptabilidade e estabilidade, utilizaram-se os métodos de Eberhart e Russell (1966), Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998), Annicchiarico (1992) e Centróide (ROCHA, et al., 2005). A produtividade média de grãos, em todos os ambientes, foi de 3080,1 kg ha⁻¹. Pela metodologia proposta por Eberhart e Russell, as cultivares M-soy 8329, M-soy 8411, Conquista, FT - 109 e Tucunaré apresentaram coeficientes de regressão estatisticamente igual a 1 ($\beta_1 = 1$) e desvio da regressão (σ_{di}^2) não significativos, ou seja, adaptabilidade geral e alta estabilidade. Pelas metodologias de Lin e Binns, Annicchiarico e Centróide, a linhagem BCR 03 142498 e as cultivares padrões M-soy 8329 e M-soy 8411 foram classificadas para amplas condições ambientais, ou seja, alta estabilidade. Com base nas metodologias de Lin e Binns (1988), Annicchiarico (1992) e Centróide (ROCHA, et al., 2005) foi recomendada a linhagem denominada BCR 03 142498, para amplas condições ambientes.

Palavras-chave: *Glycine max*; produtividade; genótipos.

1 Dr.; Engenheiro Agrônomo; Professor da Universidade Federal do Tocantins, Campus Gurupi, UFTO; E-mail: bhb2006@yahoo.com.br

2 PhD.; Engenheiro Agrônomo; Professor da Universidade Federal de Viçosa, UFV; Bolsista Produtividade em Pesquisa do CNPq; E-mail: ftc@ufv.br

3 Dr.; Engenheiro Agrônomo; Professor da Universidade Federal de Viçosa, UFV; Bolsista Produtividade em Pesquisa do CNPq; E-mail: cdcruz@mail.ufv.br

4 MSc.; Coordenadora de Pesquisa da Bacuri Pesquisa e Sementes, Viçosa (MG); E-mail: rita.cassia@ig.com.br

5 Dr.; Engenheiro Agrônomo; Professor do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, UFV; Bolsista Produtividade em Pesquisa do CNPq; E-mail: msreis@ufv.br

Abstract

This work aimed at evaluating the performance, stability and adaptability of 17 soy genotypes [*Glycine max* (L.) Merr.] in six environments in the state of Mato Grosso. The experiments were laid out in a complete randomized blocks scheme with three replicates. The tests were carried out in 2004/05 and 2005/06 agricultural years at the municipalities of Rondonópolis, Campo Verde and Vera. The stability and adaptability were evaluated through the methods proposed by Eberhart and Russel (1966), Lin and Binns (1988), and modified by Carneiro (1998), Annicchiarico (1992) and Centroid method (ROCHA et al., 2005). The mean grain productivity was 3080.1 kg ha⁻¹ at all environments. In agreement with the methodology proposed by Eberhart and Russell (1966) the cultivars M-soy 8329, M-soy 8411, "Conquista", FT-109 and "Tucunaré" presented regression coefficient statistically equal to one (β_1) and non-significant deviation regression (σ_a^2), which is classified as general adaptability and high stability. By using the methodologies proposed by Lin and Binns, Annicchiarico and Centroid method the lines BCR 03 142498 and the standard cultivars M-soy 8329 and M-soy 8411 were classified to the wide environmental condition, which means, high stability. The line BCR 03 142498 was recommended according to the methodologies developed by Lin and Binns (1988), Annicchiarico (1992) and Centroid Method (ROCHA et al., 2005) to a wide range of environmental conditions.

Key words: *Glycine max*; productivity; genotype.

Introdução

A interação genótipos x ambientes constitui-se num dos maiores problemas dos programas de melhoramento de qualquer espécie, seja na fase de seleção ou recomendação de cultivares. Entre as alternativas para se amenizar a influência dessa interação, tem sido recomendado o emprego de cultivares com ampla adaptabilidade e boa estabilidade.

A adaptabilidade é a capacidade de os genótipos aproveitarem vantajosamente o estímulo do ambiente; a estabilidade é a capacidade de os genótipos mostrarem um comportamento altamente previsível em função do estímulo do ambiente (CRUZ; CARNEIRO, 2003). Para avaliação dos

genótipos, visando a estudos de adaptabilidade e estabilidade, é necessário conduzir experimentos precisos e em uma grande amplitude de condições ambientais sendo, portanto, uma das etapas mais importantes, trabalhosas e onerosas, em um programa de melhoramento (SILVA; DUARTE, 2006; MAIA et al., 2006; ROCHA et al., 2005; NUNES et al., 2002; ATROCH et al., 2000; PRADO et al., 2001; FARIAS, et al., 1997).

Dentre os métodos existentes para estudo de adaptabilidade e estabilidade, os que se baseiam em regressão relacionam as respostas individuais dos genótipos com o efeito do ambiente que, geralmente, é estimado utilizando o índice ambiental associado tanto à regressão linear simples quanto à regressão linear bissegmentada (CRUZ; REGAZZI,

1994). Como exigências desses métodos, destacam-se: o número mínimo de ambientes para análise (três para os métodos que utilizam regressão linear simples e seis para os que utilizam regressão linear bissegmentada), o maior número de parâmetros que devem ser simultaneamente avaliados para a recomendação, e um problema de ordem estatística: a existência de dependência entre o índice ambiental utilizado na classificação dos ambientes e a produtividade média da cultivar (CRUZ et al., 1989).

Metodologias baseadas em componentes principais, embora rotineiramente utilizadas em programas de melhoramento em estudos de diversidade genética, são pouco utilizadas em estudos da interação genótipo x ambiente (ROCHA et al., 2005). Neste trabalho, a metodologia baseada nos componentes principais denominada de Centróide, foi utilizada para representar a variação da performance dos genótipos nos ambientes em uma dispersão no plano com poucos eixos, o que permite uma análise simultânea do desempenho de um número elevado de genótipos em virtude da facilidade de interpretação dos resultados.

O objetivo deste trabalho foi avaliar, com base na produtividade, na estabilidade e na adaptabilidade, nove genótipos de soja de ciclo semiprecoce/médio e oito cultivares comerciais, em seis ambientes, no estado do Mato Grosso, por meio dos métodos

de Eberhart e Russell (1966); Lin e Binns (1988), modificado por Carneiro (1998); Annicchiarico (1992) e Centróide (ROCHA et al., 2005).

Material e métodos

Foram utilizados os dados de produtividade de grãos (kg ha^{-1}) dos ensaios finais de competição de genótipos de soja de ciclo semiprecoce/médio do Programa de Melhoramento Genético do Campo Experimental Bacuri e Sales Agropecuária, conduzidos em Mato Grosso, nos anos agrícolas de 2004/05 e 2005/06, nas localidades de Campo Verde, Vera e Rondonópolis (Tabela 1). Em Rondonópolis foram conduzidos quatro ensaios, denominados Rondonópolis I, II, III e IV, que corresponderam a diferentes épocas de semeadura. Foram avaliados dezessete genótipos, dos quais oito cultivares padrão (Conquista, Emgopa 315, FT – 109, M-Soy 8329, M-Soy 8411, Pintado, Tucunaré e Xingu).

Os experimentos foram instalados no delineamento em blocos completos casualizados, com três repetições. As parcelas foram constituídas por quatro fileiras de plantas com cinco metros e espaçadas em 0,45m. A área útil da parcela foi de 3,6 m^2 , sendo consideradas as duas fileiras centrais, exceto 0,5m de bordadura nas extremidades.

Tabela 1. Altitude, latitude, longitude e data de semeadura de ensaios de competição de linhagens de soja, de ciclo semiprecoce/médio, no estado do Mato Grosso

| Ambiente | Altitude (m) | Latitude | Longitude | Data de semeadura |
|------------------|--------------|-------------|-------------|-------------------|
| Rondonópolis I | 227 | 16°28'15" S | 54°38'08" W | 07/11/2004 |
| Rondonópolis II | 227 | 16°28'15" S | 54°38'08" W | 29/11/2004 |
| Rondonópolis III | 227 | 16°28'15" S | 54°38'08" W | 20/11/2005 |
| Rondonópolis IV | 227 | 16°28'15" S | 54°38'08" W | 15/12/2005 |
| Campo Verde | 736 | 15°32'48" S | 55°10'08" W | 14/12/2004 |
| Vera | 383 | 12°18'21" S | 55°19'01" W | 29/11/2004 |

Foram realizadas análises de variância individuais (Tabela 2), seguindo-se uma análise de variância conjunta. A fim de realizar tais análises, utilizou-se o aplicativo computacional em genética e estatística - GENES (CRUZ, 2001). Na análise conjunta, avaliou-se primeiramente a homogeneidade das variâncias residuais dos experimentos (QMR), verificada pela razão entre o maior e menor quadrado médio residual dos ensaios (2,3626). Segundo Pimentel-Gomes (1990) as variâncias são consideradas homogêneas quando a relação entre o maior e o menor QMR é menor que 7,0.

A análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica dos genótipos foi feita pelos seguintes métodos: Eberhart e Russell (1966), Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998), Annicchiarico (1992) e Centróide (ROCHA et al., 2005).

O método centróide, segundo Rocha et al. (2005), baseia-se na comparação de valores de distância cartesiana entre os genótipos e quatro referências ideais (ideótipos), criados com base nos dados experimentais para representar os genótipos de máxima adaptabilidade geral, máxima adaptabilidade específica a ambientes favoráveis ou desfavoráveis e os genótipos de mínima adaptabilidade. O ideótipo de

máxima adaptabilidade geral é aquele que apresenta os valores máximos observados para todos os ambientes estudados (ideótipo I). Os ideótipos de máxima adaptabilidade específica são aqueles que apresentam máxima resposta em ambientes favoráveis e mínima resposta em ambientes desfavoráveis (ideótipo II) ou máxima resposta em ambientes desfavoráveis e mínima em ambientes favoráveis (ideótipo III). O ideótipo de mínima adaptabilidade é aquele que apresenta os menores valores em todos os ambientes estudados (ideótipo IV). Para utilização desse método, os ambientes foram classificados em favoráveis e desfavoráveis utilizando o índice ambiental como proposto por Finlay e Wilkinson (1963).

Em que: Y_{ij} : média do genótipo i , no ambiente j ; $Y_{.}$: total das observações; a : número de ambientes; g : número de genótipos.

$$I_j = \frac{1}{g} \sum_i Y_{ij} - \frac{1}{ag} Y_{.}$$

Após a classificação dos ambientes, foram criados pontos referenciais, os ideótipos de resposta diferenciada a ambientes favoráveis e desfavoráveis, visando à classificação dos outros pontos do gráfico considerando os valores de distância cartesiana entre os pontos

Tabela 2. Produtividade média de grãos ($\bar{Y}_{.j}$), variância residual (QMR) e coeficiente de variação (CV) de ensaios de competição de linhagens de soja, de ciclo semiprecoce/médio, no estado do Mato Grosso

| Ambiente | $\bar{Y}_{.j}$ | QMR | CV (%) |
|------------------|----------------|-------------|--------|
| Rondonópolis I | 2981,4 | 58096,6703 | 8,08 |
| Rondonópolis II | 2939,1 | 86312,0306 | 9,99 |
| Rondonópolis III | 3561,5 | 137258,8227 | 10,40 |
| Rondonópolis IV | 2830,8 | 95031,9742 | 10,89 |
| Campo Verde | 2919,9 | 113847,1372 | 11,55 |
| Vera | 3248,8 | 103793,8370 | 9,91 |

a cada um dos quatro ideótipos. Uma medida de probabilidade espacial pode ser calculada utilizando o inverso da distância entre um tratamento aos quatro ideótipos:

$$P_{d(i,j)} = \frac{\left[\frac{1}{d_i} \right]}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

Em que: $P_{d(i,j)}$ = probabilidade de apresentar padrão de estabilidade semelhante ao j-ésimo centróide; d_i = distância do i-ésimo ponto ao j-ésimo centróide.

Resultados e discussão

Os coeficientes de variação experimental variaram de 8,08 a 11,55% (Tabela 2), indicando controle das causas de variação de ordem sistemática dos ambientes experimentais, para a produtividade de grãos, que é um caráter quantitativo muito influenciado pelo ambiente. Segundo Carvalho et al. (2003), o limite máximo de coeficiente de variação para produtividade de grãos em soja é de 16%, neste caso, os coeficientes obtidos neste trabalho estão dentro do limite aceitável para tal característica.

Os efeitos da interação G x A apresentaram significância a 1% de probabilidade pelo teste F (Tabela 3). Todos os ambientes apresentaram interação do tipo complexa, (Tabela 4), ou seja, houve

inconsistência na superioridade do genótipo com a variação ambiental, o que dificulta a indicação das cultivares e linhagens (CRUZ; CASTOLDI, 1991; VENCOSKY; BARRIGA, 1992), pois não se pode, nessas circunstâncias, fazer uma recomendação uniforme para todos os locais, sem prejuízo considerável na produção obtida, relativamente à produção possível.

A produtividade média variou de 2830,8 kg ha⁻¹ (Rondonópolis IV) a 3561,5 kg ha⁻¹ (Rondonópolis III), com média geral de 3080,1 kg ha⁻¹ (Tabela 5). A maior produtividade observada foi obtida pela linhagem BCR 03141492 (3913,3 kg ha⁻¹) com média em todos os ambientes de 3077,5 kg ha⁻¹. A menor produtividade isolada foi obtida pela linhagem BCR 03 141819 (1877,3 kg ha⁻¹), entretanto, a menor produtividade, em todos os ambientes foi obtida pela linhagem BCR 02 31 (2756,1 kg ha⁻¹).

As estimativas das médias dos genótipos e parâmetros de adaptabilidade e estabilidade das cultivares e linhagens obtidas pelos métodos de Eberhart e Russell (1966), Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998), Annicchiarico (1992) e Centróide (ROCHA et al., 2005), encontram-se na tabela 6.

Pelo método de Eberhart e Russell, as cultivares padrões M-soy 8329, M-soy 8411, Conquista, FT - 109 e Tucunaré apresentaram produtividade média elevada (superior a média geral), coeficientes de

Tabela 3. Análise conjunta de variância da produtividade de grãos (kg ha⁻¹), de 17 genótipos de soja (ciclo semiprecoce/médio) avaliados em seis ambientes, no estado do Mato Grosso

| Fonte de variação | GL | Soma de quadrados | Quadrado médio | F | Pr>F |
|-------------------|-----|-------------------|----------------|--------|--------|
| Blocos/ambientes | 12 | 2994571,0196 | 249547,5849 | - | - |
| Ambientes (A) | 5 | 19276293,8039 | 3855258,7607 | 15,448 | <0,000 |
| Genótipos (G) | 16 | 6878542,3921 | 429908,8995 | 1,511 | <0,116 |
| Interação GxA | 80 | 22760491,5294 | 284506,1441 | 2,872 | <0,000 |
| Resíduo | 192 | 19018898,3137 | 99056,7620 | - | - |

Tabela 4. Pares de ambientes, correlação entre ambientes e porcentagem da parte complexa resultante da decomposição da interação entre genótipos e pares de ambientes, segundo metodologia de Cruz e Castoldi (1991), nos ensaios de competição de linhagens de soja, de ciclo semiprecoce/médio, no estado do Mato Grosso, safras 2004/2005 e 2005/2006

| Pares de ambientes | Correlação | Parte complexa da interação |
|------------------------------------|------------|-----------------------------|
| Rondonópolis I e Rondonópolis II | 0,076 | 96,063 |
| Rondonópolis I e Rondonópolis III | 0,266 | 85,360 |
| Rondonópolis I e Rondonópolis IV | 0,334 | 76,246 |
| Rondonópolis I e Campo Verde | -0,565* | 119,322 ^{1/} |
| Rondonópolis I e Vera | 0,148 | 92,121 |
| Rondonópolis II e Rondonópolis III | 0,429 | 74,792 |
| Rondonópolis II e Rondonópolis IV | -0,050 | 97,146 |
| Rondonópolis II e Campo Verde | 0,276 | 78,242 |
| Rondonópolis II e Vera | 0,351 | 80,478 |
| Rondonópolis III e Rondonópolis IV | 0,164 | 88,578 |
| Rondonópolis III e Campo Verde | 0,263 | 74,886 |
| Rondonópolis III e Vera | 0,092 | 94,445 |
| Rondonópolis IV e Campo Verde | -0,228 | 92,203 |
| Rondonópolis IV e Vera | 0,260 | 79,108 |
| Campo Verde e Vera | -0,174 | 103,455 |

Nota: *: Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t.

^{1/}Valores maiores que 100% estão associados a altas correlações negativas.

Tabela 5. Médias de produtividade de grãos de genótipos de soja de ciclo semiprecoce/médio em seis ambientes, em Mato Grosso*

| Genótipos | Ambientes | | | | | | Média |
|---------------|-----------|---------|----------|---------|----------|--------|--------|
| | Ron. I | Ron. II | Ron. III | Ron. IV | C. Verde | Vera | |
| BCR 02 31 | 2374,0 | 2714,7 | 2925,0 | 2697,7 | 2934,7 | 2890,3 | 2756,1 |
| BCR 02 59 | 3046,0 | 2799,0 | 3698,3 | 3174,0 | 2471,3 | 3005,0 | 3032,3 |
| BCR 03 141492 | 3534,0 | 3026,7 | 3913,3 | 2651,7 | 2290,3 | 3049,0 | 3077,5 |
| BCR 03 141725 | 3126,7 | 2561,3 | 3336,3 | 2884,7 | 2519,0 | 3708,0 | 3022,7 |
| BCR 03 141819 | 3182,7 | 2540,0 | 3086,3 | 2991,0 | 1877,3 | 3522,7 | 2866,7 |
| BCR 03 142494 | 2667,3 | 3389,0 | 3566,7 | 2596,3 | 3419,3 | 3080,3 | 3119,8 |
| BCR 03 142498 | 2857,7 | 3505,0 | 3681,0 | 2746,7 | 2838,3 | 3898,3 | 3254,5 |
| BCR 03 142832 | 2908,0 | 2929,0 | 3800,7 | 2716,0 | 2778,0 | 3199,0 | 3055,1 |
| BCR 03 154615 | 2948,3 | 2650,7 | 3168,7 | 2460,3 | 2955,7 | 2751,3 | 2822,5 |
| CONQUISTA | 2992,7 | 2840,7 | 3624,0 | 3162,3 | 3276,0 | 3054,0 | 3158,3 |
| EMGOPA 315 | 2619,3 | 2979,0 | 3902,3 | 3058,3 | 3419,7 | 3485,3 | 3244,0 |
| FT - 109 | 3139,7 | 2930,7 | 3632,3 | 2966,0 | 3046,0 | 3029,3 | 3124,0 |
| M-SOY 8329 | 3437,7 | 3421,0 | 3759,3 | 2977,3 | 2835,0 | 3286,3 | 3286,1 |
| M-SOY 8411 | 3259,0 | 3223,3 | 3475,3 | 3015,0 | 3103,3 | 3606,7 | 3280,4 |
| PINTADO | 2700,7 | 2598,3 | 3731,7 | 2553,3 | 3563,0 | 2948,3 | 3015,9 |
| TUCUNARÉ | 3142,0 | 2656,7 | 3668,3 | 2906,0 | 2950,0 | 3237,3 | 3093,4 |
| XINGU | 2748,3 | 3182,3 | 3576,7 | 2566,7 | 3362,3 | 3478,3 | 3152,4 |
| Média | 2981,4 | 2938,1 | 3561,5 | 2830,8 | 2920,0 | 3248,8 | 3080,1 |

Nota: * DMS Tukey a 5% de probabilidade entre ambientes = 733,095 kg ha⁻¹ e entre genótipos = 889,816 kg ha⁻¹; C.V. (%) = 10,21.

Tabela 6. Produtividade média (kg ha⁻¹), estimativas dos coeficientes de regressão ($\hat{\beta}_{li}$), dos desvios da regressão ($\hat{\sigma}_d^2$), coeficiente de determinação (R^2), P_k (geral, favorável e desfavorável), W_s (geral, favorável e desfavorável) e a classificação dos genótipos em um dos quatro grupos caracterizados pelos centróides e a probabilidade associada a sua classificação dos genótipos de soja de ciclo semiprecoce/médio, em Mato Grosso

| Genótipos | Média | $\hat{\beta}_{li}$ | $\hat{\sigma}_d^2$ | R ² | Lin e Binns (1988) | | | Annicchiarico (1992) ^{1v} | | | Centróide ^{2/} | | | | |
|---------------|-------|---------------------|----------------------|----------------|--------------------|--------|---------|------------------------------------|-------|---------|-------------------------|-------|--------|---------|--------|
| | | | | | Geral | Fav. | Desfav. | Geral | Fav. | Desfav. | Grupo | P (I) | P (II) | P (III) | P (IV) |
| M-SOY 8329 | 3286 | 0,907 ^{ns} | 30160 ^{ns} | 55,19 | 561,20 | 274,63 | 286,57 | 104,6 | 102,5 | 106,0 | I | 0,355 | 0,189 | 0,282 | 0,175 |
| M-SOY 8411 | 3280 | 0,671 ^{ns} | -13080 ^{ns} | 68,09 | 530,45 | 268,95 | 261,50 | 105,4 | 101,7 | 107,4 | I | 0,394 | 0,177 | 0,270 | 0,159 |
| BCR 03 142498 | 3254 | 1,351 ^{ns} | 106338 ^{**} | 55,32 | 493,56 | 191,18 | 302,38 | 102,3 | 108,4 | 99,2 | I | 0,342 | 0,254 | 0,216 | 0,188 |
| EMGOPA 315 | 3244 | 1,257 ^{ns} | 72028 [*] | 58,70 | 586,85 | 221,15 | 365,71 | 102,5 | 107,9 | 100,2 | I | 0,346 | 0,223 | 0,244 | 0,187 |
| CONQUISTA | 3158 | 0,657 ^{ns} | 18716 ^{ns} | 44,06 | 704,81 | 332,12 | 372,69 | 100,7 | 96,3 | 103,0 | III | 0,293 | 0,193 | 0,315 | 0,199 |
| XINGU | 3152 | 1,078 ^{ns} | 66648 [*] | 52,40 | 638,52 | 273,17 | 365,35 | 99,6 | 102,4 | 98,2 | I | 0,320 | 0,218 | 0,264 | 0,198 |
| FT - 109 | 3124 | 0,811 ^{ns} | -11170 ^{ns} | 73,99 | 706,15 | 334,67 | 371,48 | 100,3 | 95,9 | 102,8 | III | 0,282 | 0,201 | 0,307 | 0,210 |
| BCR 03 142494 | 3120 | 0,787 ^{ns} | 119005 ^{**} | 27,79 | 757,38 | 336,97 | 420,42 | 98,15 | 96,45 | 99,35 | III | 0,287 | 0,198 | 0,310 | 0,205 |
| TUCUNARÉ | 3093 | 1,132 ^{ns} | -4170 ^{ns} | 80,77 | 656,07 | 296,52 | 359,55 | 98,9 | 100,6 | 98,0 | I | 0,278 | 0,239 | 0,258 | 0,226 |
| BCR 03 141492 | 3077 | 1,566 ^{ns} | 163019 ^{**} | 54,18 | 646,85 | 287,66 | 359,19 | 95,7 | 98,7 | 93,8 | II | 0,250 | 0,266 | 0,236 | 0,249 |
| BCR 03 142832 | 3055 | 1,441 ^{ns} | -27700 ^{ns} | 97,36 | 692,18 | 281,82 | 410,36 | 97,7 | 101,0 | 96,5 | II | 0,256 | 0,272 | 0,231 | 0,242 |
| BCR 02 59 | 3032 | 1,065 ^{ns} | 68340 [*] | 51,37 | 743,04 | 328,16 | 414,89 | 95,7 | 95,9 | 95,3 | IV | 0,232 | 0,259 | 0,240 | 0,270 |
| BCR 03 141725 | 3022 | 1,156 ^{ns} | 106805 ^{**} | 47,46 | 600,85 | 274,84 | 326,01 | 95,0 | 99,9 | 92,4 | II | 0,234 | 0,306 | 0,208 | 0,252 |
| PINTADO | 3015 | 1,194 ^{ns} | 158223 ^{**} | 41,33 | 783,20 | 331,81 | 451,39 | 94,1 | 95,0 | 93,3 | III | 0,264 | 0,226 | 0,277 | 0,233 |
| BCR 03 141819 | 2866 | 0,950 ^{ns} | 301550 ^{**} | 20,31 | 715,34 | 342,91 | 372,43 | 88,3 | 93,3 | 85,3 | IV | 0,185 | 0,304 | 0,189 | 0,323 |
| BCR 03 154615 | 2822 | 0,623 ^{ns} | 10052 ^{ns} | 46,02 | 925,02 | 450,65 | 474,37 | 89,9 | 86,0 | 92,4 | IV | 0,200 | 0,213 | 0,275 | 0,312 |
| BCR 02 31 | 2756 | 0,353 ⁺ | 12578 ^{ns} | 20,55 | 1000,6 | 467,02 | 533,59 | 87,6 | 84,2 | 89,5 | IV | 0,183 | 0,219 | 0,243 | 0,355 |
| Média geral | 3080 | | | | | | | | | | | | | | |

Nota: * = significativamente diferente de I a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t; ** = significativamente maior que I a 5% e I % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ^{ns} = não-significativo (P>0,05); ^{1/}Alfa = 0,25; Z(1-alfa) = 0,2734; ^{2/} Em que: Ideótipo I = Adaptabilidade geral (++); Ideótipo II = Adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (+); Ideótipo III = Adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (-); Ideótipo IV = Pouco adaptado (-).

regressão estatisticamente igual a 1 e desvio da regressão não significativos. Portanto, por essa metodologia foram classificados como sendo de ampla adaptabilidade e alta estabilidade ou previsibilidade.

As linhagens BCR 03 142498 e BCR 03 142494 e as cultivares padrões Emgopa 315 e Xingu apresentaram produtividade média superior a média geral. Esses genótipos, por essa metodologia, possuem ampla adaptabilidade, pois apresentam coeficientes de regressão estatisticamente igual a 1. Entretanto, apresentam desvios da regressão significativos, ou seja, são de baixa estabilidade.

A linhagem BCR 02 31 apresentou coeficiente de regressão significativamente < 1 e desvio da regressão não significativo, sendo classificada para condições de adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis e alta estabilidade. Entretanto, esta linhagem apresentou a menor produtividade média geral 2756,1 kg ha⁻¹ e 2680,3 kg ha⁻¹ quando se consideraram apenas os ambientes desfavoráveis (Rondonópolis I, II, IV e Campo Verde).

A metodologia de Lin e Binns (1988) baseia-se na estimativa do parâmetro P_i (Tabela 6), que mede o desvio da produtividade de um genótipo em relação ao máximo em cada ambiente. Carneiro (1998) propôs uma melhoria do método a fim de torná-lo capaz de determinar o comportamento dos genótipos em ambientes específicos: favoráveis e desfavoráveis. O genótipo ideal por esse método é aquele com média alta e menor valor de P_i .

A linhagem BCR 03 142498 e as cultivares padrões M-soy 8329 e M-soy 8411 apresentaram as maiores médias de produtividade e menores valores de P_i geral, favorável e desfavorável, sendo, portanto,

indicadas por essa metodologia como de alta estabilidade. Entretanto, pela metodologia de Eberhart e Russell (1966) a linhagem BCR 03 142498 foi classificada como de baixa estabilidade.

As cultivares Conquista, FT-109 e Tucunaré, foram classificadas pela metodologia de Lin e Binns (1988), modificada por Carneiro (1998) como sendo de estabilidade intermediária, discordando da classificação obtida pela metodologia de Eberhart e Russell (1966), que as classificou como sendo de alta estabilidade.

No método proposto por Annicchiarico (1992), a estabilidade é medida pela superioridade do genótipo em relação à média de cada ambiente (Tabela 6). O método baseia-se na estimação de um índice de confiança de um determinado genótipo mostrar comportamento relativamente superior.

Com base no índice de confiança ou de recomendação (W_i), pode-se indicar os genótipos M-soy 8329, M-soy 8411, BCR 03 142498, Emgopa 315 e Conquista como os cinco de melhor adaptabilidade, considerando o seu comportamento em todos os ambientes. Nos ambientes favoráveis (Rondonópolis III e Vera) os genótipos BCR 03 142498, Emgopa 315, M-soy 8329, Xingu e M-soy 8411 foram os cinco com comportamento mais estável. Nos ambientes classificados como desfavoráveis (Rondonópolis I, II IV e Campo Verde) os genótipos mais estáveis foram: M-soy 8411, M-soy 8329, Conquista FT 109.

Comparando a classificação da estabilidade fenotípica dos genótipos obtida pela metodologia proposta por Annicchiarico (1992) com a classificação obtida pela metodologia de Lin e Binns (1988), observa-se que os cinco melhores genótipos indicados pela metodologia de Annicchiarico como

sendo de estabilidade geral, são os mesmos indicados pela metodologia de Lin e Binns (1988), com exceção da cultivar Xingu, que foi classificada como a quinta e sexta mais estáveis pelas metodologias de Lin e Binns (1988) e Annicchiarico (1992), respectivamente.

O conceito de adaptabilidade e estabilidade utilizado no método centróide diferencia dos demais, uma vez que o genótipo de máxima adaptação específica não é aquele que apresenta bom desempenho nos grupos de ambientes favoráveis ou desfavoráveis, mas sim o genótipo que apresenta valores máximos para determinado grupo de ambientes (favoráveis e desfavoráveis) e mínimo para o outro conjunto (ROCHA et al., 2005).

Após a classificação dos ambientes, os ideótipos estimados com base nos dados originais foram acrescidos na análise (Tabela 7). Uma vez estabelecidos os valores médios de cada ideótipo, utilizou-se a análise de componentes principais envolvendo os dezessete genótipos iniciais e quatro outros representativos, que na análise gráfica, representam os quatro centróides em torno dos quais foi avaliada a dispersão dos demais. A obtenção dos autovalores, via metodologia dos componentes principais, partindo dos dados originais incluídos os ideótipos, mostra que apenas dois componentes principais são suficientes para explicar proporções próximas a 65% da variação total (Tabela 8). Uma vez constatada a suficiência de dois autovalores na representação da variação total, a avaliação da posição dos genótipos pode ser feita por meio de gráfico bidimensional (CARVALHO et al., 2002).

A análise visual do gráfico de componentes principais permite avaliar que os genótipos apresentam distribuição heterogênea para a produtividade de grãos e que existem pontos de maior proximidade a todos os quatro centróides, possibilitando uma

recomendação de genótipos de adaptabilidade geral ou recomendação de genótipos de adaptabilidade específica a um subgrupo de ambientes. Os seguintes genótipos: 13 (M-soy 8329), 14 (M-soy 8411), 7 (BCR 03 142498) e 11 (Emgopa 315) foram classificados como sendo de adaptabilidade geral por se localizarem mais próximos do ideótipo I (Gráfico 1). Entretanto, a maioria dos pontos (genótipos) foram plotados na região central do gráfico, dificultando a classificação. Neste caso, utilizou-se o inverso do valor da distância entre um ponto aos quatro centróides como estimativa da confiabilidade de agrupamento dos genótipos (ROCHA et al., 2005). Dessa maneira, um ponto equidistante aos quatro pontos referenciais apresenta valores de probabilidade de 25% de pertencer a qualquer um dos grupos e, portanto, quanto mais o valor de probabilidade diferir de 25%, maior será a certeza em concluir o agrupamento do genótipo. Segundo Rocha et al. (2005), valores de probabilidade próximos ou superiores a 50% indicam boa confiabilidade no agrupamento.

Na tabela 6 são apresentadas às classificações dos genótipos a um dos quatro grupos e a probabilidade associada à sua classificação. Pelo método Centróide os genótipos M-soy 8329; M-soy 8411; BCR 03 142498; Emgopa 315; Xingu e Tucunaré foram classificados para amplas condições ambientais (grupo I). Destacando-se os genótipos de adaptabilidade geral, M-soy 8329; M-soy 8411; BCR 03 142498 e Emgopa 315, além da linhagem BCR 02 31 classificada como de baixa adaptabilidade (grupo III).

Observa-se no gráfico de dispersão (Gráfico 1) e na tabela 6, uma tendência de aumento na média de produtividade dos genótipos de soja à medida que estes se aproximam do centróide I (adaptabilidade geral). De acordo com Rocha et al. (2005),

Tabela 7. Classificação dos ambientes utilizando o índice ambiental e estabelecimento dos ideótipos, calculados pelo método CENTRÓIDE, dos genótipos de soja de ciclo semiprecoce/médio, em Mato Grosso

| Ambientes | Média | Ij | Máximo | Mínimo | Ideótipos | | | |
|-----------|--------|----------|--------|--------|-----------|--------|--------|--------|
| | | | | | I | II | III | IV |
| Ron. I | 2981,4 | -98,68 | 3534,0 | 2374,0 | 3534,0 | 2374,0 | 3534,0 | 2374,0 |
| Ron. II | 2938,1 | -142,02 | 3505,0 | 2540,0 | 3505,0 | 2540,0 | 3505,0 | 2540,0 |
| Ron. III | 3561,5 | 481,45 | 3913,3 | 2925,0 | 3913,3 | 3913,3 | 2925,0 | 2925,0 |
| Ron. IV | 2830,8 | -4249,31 | 3174,0 | 2460,3 | 3174,0 | 2460,3 | 3174,0 | 2460,3 |
| C. Verde | 2919,9 | -160,14 | 3563,0 | 1877,3 | 3563,0 | 1877,3 | 3563,0 | 1877,3 |
| Vera | 3248,8 | 168,70 | 3898,3 | 2751,3 | 3898,3 | 3898,3 | 2751,3 | 2751,3 |

Em que: Ideótipo I = Adaptabilidade geral (++); Ideótipo II = Adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (+-); Ideótipo III = Adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (-+); Ideótipo IV = Pouco adaptado (-)

Tabela 8. Estimativa dos autovalores obtidos conforme a técnica de componentes principais e fração cumulativa da variância explicada por estes

| Raiz | Raiz (%) | % Acumulada |
|----------|----------|-------------|
| 2,389239 | 39,82 | 39,82 |
| 1,362136 | 22,70 | 62,52 |
| 0,998158 | 16,63 | 79,16 |
| 0,549495 | 9,16 | 88,32 |
| 0,483580 | 8,06 | 96,38 |
| 0,217390 | 3,62 | 100,0 |

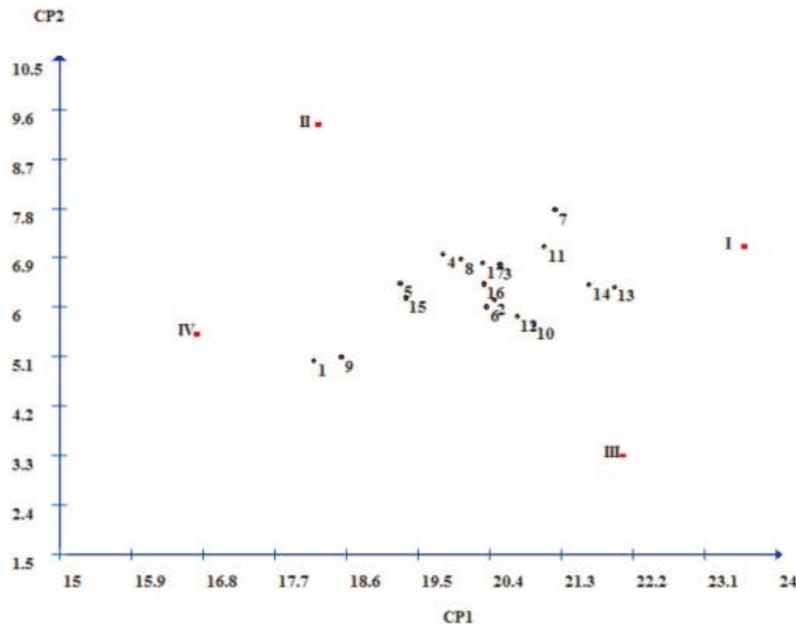


Gráfico I. Dispersão gráfica dos escores em relação aos dois primeiros componentes principais obtidos da análise da produtividade de dezessete genótipos de soja de ciclo semiprecoce/médio avaliados em seis ambientes. Os quatro pontos numerados com algarismos romanos representam os centróides. Genótipos: I - BCR 02 31; 2 - BCR 02 59; 3 - BCR 03 141492; 4 - BCR 03 141725; 5 - BCR 03 141819; 6 - BCR 03 142494; 7 - BCR 03 142498; 8 - BCR 03 142832; 9 - BCR 03 154615; 10 - CONQUISTA; 11 - EMGOPA 315; 12 - FT - 109; 13 - M-SOY 8329; 14 - M-SOY 8411; 15 - PINTADO; 16 - TUCUNARÉ e 17 - XINGU

quanto menor for a diferença entre um genótipo qualquer e o ideótipo I, menor será a diferença entre este e o genótipo de máximo desempenho em todos os ambientes, fazendo com que a adaptabilidade geral esteja necessariamente associada ao melhor desempenho.

Comparando a classificação da estabilidade fenotípica dos genótipos obtida pelo método Centróide, com classificação obtida pela metodologia de Annicchiarico (1992), observa-se que os genótipos M-soy 8411 e M-soy 8329 foram classificados como sendo de adaptabilidade geral em ambas as metodologias. Entretanto, pela metodologia de Annicchiarico (1992), os genótipos BCR 03 142498 e Emgopa 315 foram classificados como adaptados a ambientes favoráveis, discordando da classificação proposta pelo método Centróide.

Comparando todas as metodologias, os genótipos M-Soy 8329, M-Soy 8411 e BCR 03142498 se destacaram como sendo os mais adaptados para amplas condições ambientais do estado de Mato Grosso (Tabela 6). Nos métodos não paramétricos Lin e Binns (1988), Annicchiarico (1992) e Centróide a análise do resultado da adaptabilidade e estabilidade se resume a um único parâmetro. Entretanto, o método paramétrico Eberhart e Russell (1966) tem a classificação da adaptabilidade baseada na magnitude do regressor (β_{li}) testado pelo “teste t ”, estabilidade baseada na magnitude

da variância do desvio da reta estimada (σ_{di}^2) avaliado pelo “teste F ” e ainda uma análise de previsibilidade de comportamento baseada no coeficiente de determinação (R^2). Neste caso, a linhagem BCR 03142498 foi classificada para amplas condições ambientais por todos os métodos, entretanto, pelo método paramétrico, mostrou ser de baixa estabilidade produtiva

Conclusões

Pela análise de regressão, os genótipos M-Soy 8329, M-Soy 8411, Conquista, FT - 109 e Tucunaré, foram classificados como ampla adaptabilidade e alta estabilidade.

Entre os métodos não paramétricos, os resultados obtidos foram similares, permitindo identificar os genótipos de maior produtividade, estabilidade e adaptabilidade.

A linhagem BCR 03 142498 comportou-se como a mais indicada para cultivo, tendo em vista a produtividade de grãos.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo apoio financeiro em forma de bolsa (Doutorado) e as Empresas Bacuri/Soygene e Sales Agropecuária pela condução dos ensaios de campo.

Referências

ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Breeding**, v. 46, n. 1, p. 269-278, 1992.

ATROCH, A. L.; SOARES, A. A.; RAMALHO, M. A. P. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de arroz de sequeiro testadas no Estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 3, p.541-548, 2000.

CARNEIRO, P. C. S. **Novas metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade de comportamento**. 1998. 168 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, 1998.

CARVALHO, C. G. P.; ARIAS, C. A. A.; TOLEDO, J. F. F.; ALMEIDA, L. A.; KIIHL, R. A. S.; OLIVEIRA, M. F.; HIROMOTO, D. M.; TAKEDA, C. Proposta de classificação dos coeficientes de variação em relação à produtividade e altura da planta de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 2, p. 187-193. 2003.

CARVALHO, H. W. L.; SILVA, M. L.; CARDOSO, M. J.; SANTOS, M. X.; TABOSA, J. N.; CARVALHO, C. L.; LIRA, M. A. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no Nordeste brasileiro no triênio de 1998 a 2000. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 11, p. 1581-1588. 2002.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2003. 585p.

CRUZ, C. D.; TORRES, R. A.; VENCOSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 12, p. 567-580, 1989.

CRUZ, C. D. **Programa GENES** - aplicativo computacional em genética e estatística, Viçosa, MG: UFV, 2001, 542p.

_____; CASTOLDI, F. L. Decomposição da interação genótipos ambientes em partes simples e complexa. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 38, n. 219, p. 422-430, 1991.

_____; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1994. 390p.

EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v. 6, n. 1, p. 36-40, 1966.

FARIAS, F. J. C.; RAMALHO, M. A. P. R.; CARVALHO, L. P.; MOREIRA, J. A. N.; COSTA, J. N. Parâmetros de estabilidade propostos por Lin & Binns (1988) comparados com o método da regressão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, v. 4, p. 407-414, 1997.

FINLAY, K. W.; WILKINSON, G. N. The analysis of adaptation in plant-breeding programme. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v. 14, n. 5, p. 742-754, 1963.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivars x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 68, n. 1, p. 193-198, 1988.

MAIA, M. C. C.; VELLO, N. A.; ROCHA, M. M.; PINHEIRO, J. B.; SIVLA JUNIOR, N. F. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens experimentais de soja selecionadas para caracteres agronômicos através de método uni-multivariado. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 2, p. 215-226, 2006.

NUNES, G. H. S.; REZENDE, G. D. S. P. M.; RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. S.; Implicações da interação genótipos x ambientes na seleção de clones de eucalipto. **Cerne**, v. 8, n. 1, p 49-58, 2002.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 13.ed. Piracicaba: Nobel. 1990, 468p.

PRADO, E. E. P.; HIRIMOTO, D. M.; GODINHO, V. P. C.; UTUMI, M. M.; RAMALHO, A. R. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em cinco épocas de plantio no cerrado de Rondônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 4, p. 625-635, 2001.

ROCHA, R. B.; MURO-ABAD, J. I.; ARAUJO, E. F.; CRUZ, C. D. Avaliação do método centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 3, p. 255-266, 2005.

SILVA, W. C. J.; DUARTE, J. B. Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v. 41, n. 1, p. 23-30, 2006.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486p.