

ANÁLISE DE REGRESSÃO E COMPONENTES PRINCIPAIS PARA ESTUDO DA ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE EM SOJA

REGRESSION AND PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS TO STUDY STABILITY AND ADAPTABILITY IN SOYBEAN

Joênes Mucci PELÚZIO¹
Rodrigo Ribeiro FIDELIS²
Pedro Rogério GIONGO³
Joseanny Cardoso da SILVA⁴
Daniel CAPPELLARI⁵
Hélio Bandeira BARROS⁶

RESUMO

Este trabalho teve o objetivo de avaliar o desempenho, a adaptabilidade e a estabilidade de genótipos de soja, em cinco ambientes no Estado do Tocantins. Os ensaios foram conduzidos nas safras 2004/05 e 2005/06 nos municípios de Alvorada e Gurupi. O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados com três repetições. Para avaliação da adaptabilidade e estabilidade, foram utilizados os métodos de EBERHART e RUSSELL (1966) e Centróide. O rendimento médio de grãos variou de 2.112 kg ha⁻¹ (Gurupi III) a 3112 kg ha⁻¹ (Alvorada I), com média geral de 2.678 kg ha⁻¹. Baseado na classificação obtida pelas metodologias de EBERHART e RUSSELL (1966) e Centróide, a cultivar M-SOY 8925 foi recomendada para amplas condições ambientais do Estado do Tocantins. Pelo método Centróide, a cultivar P98N82 mostrou potencial para cultivo em condições específicas de ambientes favoráveis.

Palavras-chave: *Glycine max*; produtividade; interação genótipos x ambientes; previsibilidade.

ABSTRACT

This work aimed to evaluate the performance, adaptability and stability of soybean genotypes in five environments at the state of Tocantins, Brazil. The trials were carried out in the 2004/05 and 2005/06 growing season at the counties of Alvorada and Gurupi-TO. The experimental design was a randomized complete block with three replicates. To evaluate stability and adaptability of the genotypes, the EBERHART and RUSSELL (1966) and centroid methods were used. The average grain yield varied from 2112 kg ha⁻¹ (Gurupi III) to 3112 kg ha⁻¹ (Alvorada I), with an general average of 2678 kg ha⁻¹. According to the EBERHART and RUSSELL(1966), and centroid methodologies, the cultivar M-SOY 8925 was recommended to the wide range of environmental conditions of the state of Tocantins. Based on the centroid method, the cultivar P98N82 showed the best performance to grown in specific conditions of favorable environments.

Key-words: *Glycine max*, yield, environment x genotype interaction, predictability.

¹ Professor Adjunto – Universidade Federal do Tocantins. Email: joenesp@uft.com.br

² Professor Adjunto – Universidade Federal do Tocantins. Email: fidelisrr@uft.edu.br

³ Engenheiro Agrônomo. Email: giongopr@yahoo.com.br

⁴ Mestranda em Produção Vegetal – UFT. Email: josycard@yahoo.com.br

⁵ Engenheiro Agrônomo. Email: dcappellari@gmail.com

⁶ Professor Adjunto – Universidade Federal do Tocantins. barroshb@uft.com.br

INTRODUÇÃO

O fenótipo da soja em termos de produtividade de grãos depende do genótipo, do ambiente e da interação genótipos x ambientes. Essa interação ocorre devido à inconsistência do desempenho dos genótipos nos vários ambientes, refletindo nas diferentes respostas dos genótipos às mudanças ambientais. Quando o comportamento de duas cultivares são concordantes em dois ambientes distintos, a interação é chamada de interação simples, não acarretando maiores problemas. Entretanto, quando as cultivares possuem comportamento diverso, a interação é denominada complexa. Considerando um número maior de ambientes e de cultivares, a presença de interação complexa quase sempre indica a existência de cultivares especificamente adaptados a ambientes particulares, bem como de outros com adaptação mais ampla, porém sem alto potencial produtivo.

Em um programa de melhoramento, a avaliação de genótipos visando a identificação e recomendação de materiais superiores em diferentes ambientes é considerada por muitos autores como uma das etapas mais importante, trabalhosa e onerosa (SILVA e DUARTE, 2006; MAIA et al., 2006; ROCHA et al., 2005; NUNES et al., 2002). Isso porque exige a condução de experimentos precisos e em grande amplitude de condições ambientais.

Dentre os métodos utilizados para estudos de adaptabilidade e estabilidade, os baseados em análise de regressão relacionam as respostas individuais dos genótipos com o efeito do ambiente, geralmente estimado utilizando o índice ambiental associado tanto à regressão linear simples quanto à regressão linear bissegmentada (CRUZ e REGAZZI, 1997).

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 parâme-

tros que devem ser simultaneamente avaliados para a recomendação, e um problema de ordem estatística, a existência de dependência entre o índice ambiental utilizado para classificar os 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. Neste trabalho, a metodologia baseada nos componentes principais e 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 (ROCHA et al., 2005).

O objetivo deste trabalho foi avaliar e selecionar, com base no desempenho, na estabilidade e na adaptabilidade, onze genótipos de soja, em cinco ambientes, no Estado do Tocantins, através dos métodos de EBERHART e RUSSELL (1966) e Centróide.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os dados de produtividade de grãos (kg ha^{-1}) dos ensaios de competição de genótipos de soja coordenados pela Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi, conduzidos na safra 2005/06, nas localidades de Alvorada e Gurupi (Tabela 1). Em Alvorada foram conduzidos dois ensaios, denominados Alvorada I e II, que corresponderam a duas épocas de semeadura, 26/11 e 9/12/2004, respectivamente. Em Gurupi, foram conduzidos três ensaios, denominados Gurupi I, II e III (22/11, 09/12 e 27/12/2005). Foram avaliados onze genótipos para as condições edafoclimáticas do Estado do Tocantins.

TABELA 1 – Altitude, latitude, longitude, produtividade média de grãos (\bar{Y}_j), variância residual (QMR) e coeficiente de variação (CV) de ensaios de competição de genótipos de soja, no Estado do Tocantins

Ambiente	Altitude (m)	Latitude	Longitude	\bar{Y}_j	QMR	CV (%)
Alvorada I	170	11°45'S	49°41'W	3111	8688366,096	8,01
Alvorada II				3078	600087,824	7,91
Gurupi I	280	11°43'S	49°04'W	2945	541710,856	8,26
Gurupi II				2130	457712,254	11,64
Gurupi III				2122	2267313,307	22,28

* Alvorada I e II, Gurupi I, II e III correspondem a semeaduras realizadas em 26/11, 09/12, 22/11, 09/12 e 27/12/2005, respectivamente.

Os experimentos foram instalados no delineamento em blocos completos casualizados, com três repetições. As parcelas foram formadas por quatro fileiras de 5 m, espaçadas em 0,45 m. A área útil da parcela foi de 3,6 m², tendo sido colhidas as duas fileiras centrais, desprezando-se 0,5 m de bordadura nas extremidades.

Foram realizadas análises de variância individuais (Tabela 1), seguindo-se uma análise de variância conjunta. A fim de implementar 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 (3,7754). 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 realizada pelos seguintes métodos de EBERHART e RUSSELL (1966) e Centróide.

A metodologia de EBERHART e RUSSELL (1966) usa, na avaliação individual dos genótipos, a produtividade média do genótipo (μ), o seu coeficiente de regressão (β_i) e a variância dos desvios dessa regressão (σ_a^2). Seus respectivos estimadores são dados por:

$$\bar{y}_i = \frac{\sum y_{ij}}{a} \quad \hat{\beta}_i = \frac{\sum y_{ij} I_j}{\sum I_j^2}, \text{ em que } I_j = \frac{\sum y_{ij}}{g} - \frac{\sum y_{ij}}{ag} \text{ (índice ambiental)}$$

$$\hat{\sigma}_a^2 = \frac{\left[\sum y_{ij}^2 - \left(\sum y_{ij} \right)^2 / a \right] - \left(\sum y_{ij} I_j \right)^2 / \sum I_j^2}{a-2}$$

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 proposto por FINLAY e WILKINSON (1963).

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

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

Após a classificação dos ambientes, foram criados pontos referenciais (ideótipos de resposta diferenciada a ambientes favoráveis e desfavoráveis), visando-se à classificação dos outros pontos do gráfico, considerando os valores de distância cartesiana entre os pontos 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: $P_{d(i,j)}$: a probabilidade de apresentar padrão de estabilidade semelhante ao j -ésimo centróide; e d_i : a distância do i -ésimo ponto ao j -ésimo centróide.

Os resultados obtidos pelo método centróide também foram comparados com os obtidos por regressão linear, proposta por EBERHART e RUSSELL (1966). Para isso, a similaridades entre os métodos foram comparadas quanto ao ordenamento dos genótipos nos ambientes utilizando a correlação classificatória de Spearman (STEEL e TORRIE, 1980).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os coeficientes de variação experimental foram baixos, variando de 7,91 a 22,28% (Tabela 1), indicando boa precisão no controle das causas de variação de ordem sistemática dos ambientes, para a produtividade de grãos, caráter quantitativo muito influenciado pelo ambiente.

O efeito da interação G x A foi significativo a 1% de probabilidade pelo teste F (Tabela 2). Todos os pares de ambientes apresentaram interação do tipo complexa (Tabela 3), ou seja, houve inconsistência na superioridade do cultivar com a variação ambiental, o que dificulta a indicação das cultivares e genótipos (CRUZ e CASTOLDI, 1991; VENCOVSKY e 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.

O rendimento médio de grãos variou de 2.122 kg ha⁻¹ (Gurupi III) a 3.112 kg ha⁻¹ (Alvorada I), com média geral entre os ambientes de 2.678 kg ha⁻¹ (Tabela 4). A maior produtividade observada foi obtida pela cultivar BRS Paraíso (3.927 kg ha⁻¹), entretanto, a maior média em todos os ambientes foi obtida pela cultivar M-SOY 8585 (2.972 kg ha⁻¹). A menor produtividade isolada foi obtida pela cultivar P98N82 (717 kg ha⁻¹), entretanto, a menor produtividade em todos os ambientes foi obtida pela cultivar P98N71 (2079 kg ha⁻¹).

TABELA 2 – Análise de variância conjunta da produtividade de grãos (kg ha⁻¹), de genótipos de soja avaliados em cinco ambientes, no Estado do Tocantins, safra 2005/2006

Fonte de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr>F
Blocos/ambientes	10	752376,6776	75237,6677	-	-
Ambientes (A)	4	33942046,2419	8485511,5604	112,7827	<0,000
Genótipos (G)	10	10420618,4617	1042061,8461	1,1285	<0,366
Interação GxA	40	36935984,9302	923399,6232	9,9074	<0,000
Erro médio	100	9320245,4618	93202,4546	-	-

TABELA 3 – Pares de ambientes, correlação entre ambientes e porcentagem da parte complexa resultante da decomposição da interação entre genótipos e pares de ambiente, segundo metodologia de CRUZ e CASTOLDI (1991), nos ensaios de competição de genótipos de soja, no Estado do Tocantins, safra 2005/2006.

Pares de ambientes	Correlação	Parte complexa da interação
Alvorada I x Alvorada II	0,594	61,112
Alvorada I x Gurupi I	0,462	69,713
Alvorada I x Gurupi II	0,126	88,213
Alvorada I x Gurupi III	-0,053	92,335
Alvorada II x Gurupi I	0,617*	61,647
Alvorada II x Gurupi II	0,139	91,809
Alvorada II x Gurupi III	-0,592	110,338 ^{1/}
Gurupi I x Gurupi II	0,180	90,135
Gurupi I x Gurupi III	-0,423	100,450
Gurupi II x Gurupi III	0,129	67,233

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

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

TABELA 4 – Médias de produtividade de grãos de genótipos de soja obtidas em cinco ambientes no Estado do Tocantins, safra 2005/2006*

Genótipos	Ambientes					Média
	Alvorada I (26/11/05)	Alvorada II (9/12/05)	Gurupi I (22/11/05)	Gurupi II (9/12/05)	Gurupi III (27/12/05)	
BRS Paraíso	3.279	3.927	3.392	2.611	1.125	2.867
M-SOY 8925	3.274	3.143	3.116	2.319	2.751	2.921
M-SOY 309	3.257	3.335	2.693	1.518	2.549	2.670
M-SOY 9001	3.686	3.120	3.600	2.281	1.829	2.903
DM 247	3.168	2.785	2.847	2.081	2.750	2.726
P98N71	2.082	2.346	2.084	1.897	1.985	2.079
P98N82	3.309	3.359	3.325	1.361	717	2.414
M-SOY 9144	3.532	3.131	2.653	2.463	2.062	2.768
M-SOY 9056	2.873	3.380	3.058	2.389	1.129	2.566
M-SOY 8787	2.160	2.470	2.989	2.222	3.009	2.570
M-SOY 8585	3.610	2.868	2.646	2.296	3.439	2.972
Média	3.112	3.079	2.946	2.131	2.122	

* DMS Tukey a 5% de probabilidade entre ambientes = 670,67 kg ha⁻¹ e entre genótipos = 758,99 kg ha⁻¹. CV (%) = 11,99.

As estimativas das médias dos genótipos, dos coeficientes de regressão, desvios da regressão e coeficiente de determinação dos cultivares e genó-

tipos obtidas pelo método de EBERHART e RUSSELL (1966) encontram-se na Tabela 5.

TABELA 5 – Produtividade média, estimativas dos coeficientes de regressão ($\hat{\beta}_{1i}$), dos desvios da regressão ($\hat{\sigma}_{di}^2$) e coeficiente de determinação (R^2) dos genótipos de soja, pelo método de EBERHART & RUSSELL (1966), no Estado do Tocantins

Genótipos	Média	$\hat{\beta}_{1i}$	$\hat{\sigma}_{di}^2$	R^2
M-SOY 8585	2.972	0,2512 ⁺⁺	346876 ^{**}	5,41
M-SOY 8925	2.920	0,6976 ^{ns}	2810 ^{ns}	83,12
M-SOY 9001	2.903	1,5080 ⁺	85271 [*]	87,01
BRS Paraíso	2.866	1,8001 ⁺⁺	413872 ^{**}	71,40
M-SOY 9144	2.768	0,9773 ^{ns}	81620 [*]	74,39
DM 247	2.726	0,5707 ⁺	66994 [*]	53,24
M-SOY 309	2.670	1,1905 ^{ns}	192504 ^{**}	68,48
M-SOY 8787	2.570	-0,1551 ⁺⁺	183208 ^{**}	3,70
M-SOY 9056	2.565	1,4455 ⁺	284571 ^{**}	69,41
P98N82	2.414	2,4601 ⁺⁺	65479 [*]	95,55
P98N71	2.079	0,2540 ⁺⁺	-15440 ^{ns}	58,60
Média geral	2.678			

⁺ e ⁺⁺ = significativamente diferente de 1 a 5 e 1% de probabilidade, pelo teste t;

^{*} e ^{**} = significativamente diferente de 0 a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F;

^{ns} = não significativo (P>0,05).

As cultivares M-SOY 8925 e M-SOY 9144 apresentaram produtividade média elevada (superior a média geral), coeficiente de regressão estatisticamente igual a 1 ($\beta_1 = 1$), sendo portanto, classificadas por essa metodologia para amplas condições ambientais. Entretanto, apenas a cultivar M-SOY 8925 apresentou desvio da regressão não significativo ($\sigma_{di}^2 = 0$), ou seja, alta estabilidade ou previsibilidade (Tabela 5).

As cultivares M-SOY 9001 e BRS Paraíso apresentaram produtividade média elevada, coeficiente de regressão maior que 1 ($\beta_1 > 1$), sendo, portanto, indicadas para condições específicas de ambientes favoráveis (Tabela 5). Já as cultivares M-SOY 8585 e DM 247 apresentaram produtividade média elevada, coeficiente de regressão menor que 1 ($\beta_1 < 1$), sendo, portanto, recomendadas para condições específicas de ambientes desfavoráveis. Entretanto, todas essas cultivares apresentaram desvios da regressão significativo ($\sigma_{di}^2 \neq 0$), o que indica baixa estabilidade ou previsibilidade de comportamento.

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 6). Uma vez estabelecidos os valores médios de cada ideótipo, utilizou-se a análise de componentes principais envolvendo os onze 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, mostrou que apenas dois componentes principais foram suficientes para explicar proporções superiores a 83% da variação total. 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 gráficos bidimensionais (Figura 1).

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 (CARVALHO et al., 2002). Os genótipos: 2 (M-SOY 8925), 3 (M-SOY 309), 8 (M-SOY 9144) e 11 (M-SOY 8585) foram classificados como sendo de adaptabilidade geral por se localizarem mais próximos

do ideótipo I. 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 pro-

habilidade 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.

TABELA 6 – Classificação dos ambientes utilizando o índice ambiental e estabelecimento dos ideótipos, calculados pelo método do Centróide, dos genótipos de soja, no Estado do Tocantins.

Ambientes	Média	Ij	Máximo	Mínimo	Ideótipos			
					I	II	III	IV
Alvorada I	3.112	433.908	3.686	2.082	3.686	3.686	2.082	2.082
Alvorada II	3.079	400.781	3.927	2.346	3.927	3.927	2.346	2.346
Gurupi I	2.946	267.891	3.600	2.084	3.600	3.600	2.084	2.084
Gurupi II	2.131	-546.955	2.611	1.361	2.611	1.361	2.611	1.361
Gurupi III	2.122	-555.626	3.439	717	3.439	717	3.439	717

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

I: Adaptabilidade Geral II: Adap.Espec.Favoráveis III: Adap.Espec.Desfavoráveis IV: Pouco adaptado

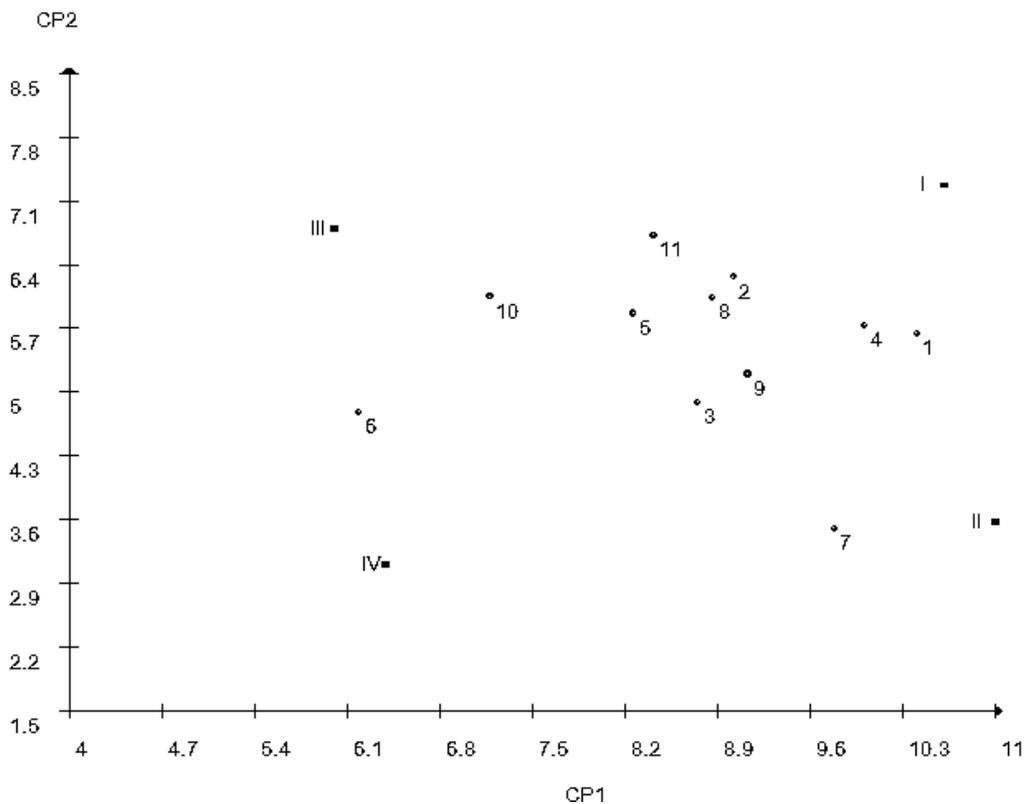


FIGURA 1 – Dispersão gráfica dos escores em relação aos dois primeiros componentes principais obtidos da análise da produtividade de onze genótipos de soja avaliados em cinco ambientes no Estado do Tocantins. Os quatro pontos numerados com algarismos romanos representam os centróides. Genótipos: 1- BRS Paraíso; 2 – M-SOY 8925; 3 – M-SOY 309; 4 – M-SOY 9001; 5 – DM 247; 6 - P98N71; 7 - P98N82; 8 – M-SOY 9144; 9 – M-SOY 9056; 10 – M-SOY 8787; 11 – M-SOY 8585.

As classificações dos genótipos a um dos quatro grupos e a probabilidade associada a sua classificação são apresentadas na Tabela 7. Por essa metodologia agrupou-se os genótipos: M-SOY 8925, M-SOY 309, M-SOY 9144 e M-SOY 8585; adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (Alvorada I, II e Gurupi I): BRS Paraíso, M-SOY

9001, P98N82 e M-SOY 9056, com destaque para a cultivar P98N82 que apresentou probabilidade de 55,4% de pertencer ao centróide II: para condições específicas de ambientes desfavoráveis (Gurupi II e III), foram agrupadas as cultivares DM 247 e M-SOY 8787.

TABELA 7 – Classificação dos genótipos em um dos quatro grupos caracterizados pelos centróides e a probabilidade associada a sua classificação.

Genótipos	Média	Grupo	Prob (I)	Prob (II)	Prob (III)	Prob (IV)
2 - M-SOY 8925	2.921	I	0,384	0,196	0,252	0,169
3 - M-SOY 309	2.671	I	0,292	0,246	0,246	0,216
8 - M-SOY 9144	2.768	I	0,289	0,251	0,242	0,218
11 - M-SOY 8585	2.972	I	0,366	0,167	0,308	0,160
1 - BRS Paraíso	2.867	II	0,234	0,396	0,166	0,203
4 - M-SOY 9001	2.903	II	0,293	0,324	0,188	0,195
7 - P98N82	2.414	II	0,132	0,554	0,113	0,202
9 - M-SOY 9056	2.566	II	0,206	0,337	0,187	0,27
5 - DM 247	2.726	III	0,299	0,195	0,309	0,198
10 - M-SOY 8787	2.570	III	0,215	0,148	0,45	0,187
6 - P98N71	2.079	IV	0.159	0.165	0.311	0.365

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

Observa-se no gráfico de dispersão (Figura 1) e na Tabela 8, 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), 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.

TABELA 8 – Estimativas de correlação classificatória de Spearman calculada entre os ordenamentos gerados pelas metodologias centróide e de regressão

	Centróide x Eberhart e Russell	R (Spearman)
Prob (I)	$\beta_1 = 1$	-0,20
Prob (II)	$\beta_1 > 1$	1,00
Prob (III)	$\beta_1 < 1$	0,50

Os resultados da análise da interação G x A obtidos pelo método do centróide foram comparados com os calculados pelo método proposto por EBEHART e RUSSEL (1966). Considerando que o ideótipo IV representa o grupo dos genótipos pouco adaptados, de nenhum interesse para recomendação e não-contemplado na metodologia de EBEHART e RUSSELL (1966), não foram comparadas as classificações referentes a esse grupo. Os genótipos avaliados por regressão foram ordenados segundo o seguinte critério: I (adaptabilidade geral), $\beta_1 = 1$; II (adaptabilidade específica a ambientes favoráveis), $\beta_1 > 1$; e III (adaptabilidade específica a ambi-

entes desfavoráveis), $\beta_1 < 1$.

Foi observado baixo valor da correlação entre os ordenamentos dos genótipos utilizando os valores de probabilidade I do método centróide com os obtidos pelos valores de $\beta_1 = 1$ (Adaptabilidade geral). Entretanto, para o subgrupo II e $\beta_1 > 1$ houve coincidência da classificação entre as metodologias. Para o subgrupo III, observou-se correlação intermediária. Tais valores discordam dos obtidos por ROCHA et al., (2005), que obteve altas correlações para o primeiro subgrupo e baixas para os demais subgrupos, trabalhando com *Eucalyptus grandis*.

CONCLUSÕES

A cultivar M-SOY 8925 pode ser recomendada para as condições ambientais de Alvorada e Gurupi, no Estado do Tocantins;

A cultivar P98N82 apresenta potencial para

ser cultivada em ambientes favoráveis, como é o caso do local Alvorada-TO;

As metodologias de EBERHART e RUSSEL e do Centróide apresentam resultados semelhantes, proporcionando maior confiabilidade na classificação e recomendação de cultivares de soja.

REFERÊNCIAS

1. CARVALHO, H. W. L.; LEAL, M. L. da S.; CARDOSO, M. J.; SANTOS, M. X.; TABOSA, J. N.; CARVALHO, B. 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.
2. CRUZ, C. D. **Programa GENES** - aplicativo computacional em genética e estatística, Viçosa: UFV. 2001, 542 p.
3. CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Editora UFV. 1997. 1 v.
4. CRUZ, C. D.; CASTOLDI, F. L. Decomposição da interação genótipos ambientes em partes simples e complexa. **Revista Ceres**, v. 38, n. 219, p. 422-430, 1991.
5. CRUZ, C. D.; TORRES, R. A.; VENCOVSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, v. 12, n. 4, p. 567-580, 1989.
6. EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v. 6, n. 1, p. 36-40, 1966.
7. FINLAY, K. W.; WILKINSON, G. N. The analysis of adaptation in plant-breeding programme. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 14, n. 5, p. 742-754, 1963.
8. MAIA, M. C. C.; VELLO, N. A.; ROCHA, M. M.; PINHEIRO, J. B.; SILVA JÚNIOR, N. F. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens experimentais de soja selecionadas para caracteres agrônômicos através de método uni-multivariado. **Bragantia**, v. 65, n. 2, p. 215-226, 2006.
9. NUNES, G. H. S.; REZENDE, G. D. S. P.; RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. Implicações da interação genótipos x ambientes na seleção de clones de eucalipto. **Cerne**, v. 8, n. 1, p. 49-58, 2002.
10. PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 13. ed. Piracicaba: Nobel. 1990, 468 p.
11. ROCHA, R. B.; MURO-ABAD, J. P.; ARAÚJO, E. F.; CRUZ, S. D. Avaliação do método centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 3, p. 255-266, 2005.
12. SILVA, W. C. J.; DUARTE, J. B. Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 1, p. 23-30, 2006.
13. STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics, a biometrical approach**. 1980, 633 p.
14. VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992, 486 p.

Recebido em 30/04/2008

Aceito em 06/08/2008