

# ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE GENÓTIPOS DE SOJA, NO ESTADO DO MATO GROSSO

## STABILITY AND ADAPTABILITY OF SOY GENOTYPES AT STATE OF MATO GROSSO

Hélio Bandeira BARROS<sup>1</sup>; Tuneo SEDIYAMA<sup>2</sup>; Rita de Cássia TEIXEIRA<sup>3</sup>;  
Múcio Silva REIS<sup>2</sup>; Cosme Damião CRUZ<sup>2</sup>

1. Professor Adjunto, Doutor, Universidade Federal do Tocantins, Campus Universitário de Gurupi, Gurupi, Tocantins, Brasil. [barroshb@uft.edu.br](mailto:barroshb@uft.edu.br); 2. Professor, Doutor, Universidade Federal de Viçosa; 3. Pesquisadora da empresa Bacuri/Soygene.

**RESUMO:** Este trabalho teve o objetivo de avaliar o desempenho, a estabilidade e a adaptabilidade de 29 genótipos de soja [*Glycine max* (L.) Merrill], em seis ambientes no Estado do Mato Grosso. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições. Os ensaios foram conduzidos no ano agrícola de 2004/05 nos municípios de Rondonópolis, Campo Verde, Nova Brasilândia e Vera. Para avaliação da adaptabilidade e estabilidade, foram utilizados os métodos de Eberhart e Russell (1966) e Centróide. O rendimento médio de grãos variou de 3102 kg.ha<sup>-1</sup> (Rondonópolis III) a 3513 kg.ha<sup>-1</sup> (Vera), com média geral, em todos os ambientes de 3297 kg.ha<sup>-1</sup>. Pela metodologia proposta por Eberhart e Russell, as linhagens SL 10, SL 1842, SL 2022, SL 306 e a cultivar padrão Uirapuru apresentaram as maiores médias, ampla adaptabilidade ( $\beta_1=1$ ) e  $\sigma_{di}^2$  não significativo, ou seja, alta estabilidade. Pela metodologia denominada Centróide, as linhagens SL 10, SL 1842, SL 2022 e SL 703 foram classificadas como as mais adaptadas e estáveis, sendo portanto recomendadas para amplas condições ambientais do Estado do Mato Grosso.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Glycine ma.*; Produtividade. Estabilidade. Adaptabilidade.

### INTRODUÇÃO

Considerando as inúmeras variações ambientais em que a soja é comumente submetida, é esperado que a interação genótipo x ambiente assuma papel fundamental na manifestação fenotípica, devendo, portanto, ser estimada e considerada no programa de melhoramento genético e na indicação de cultivares (PRADO et al., 2001).

A avaliação de genótipos visando à identificação e recomendação de materiais superiores em diferentes ambientes é considerada por muitos autores como uma das etapas mais importante, trabalhosa e onerosa (SILVA; DUARTE, 2006; MAIA et al., 2006; ROCHA et al., 2005; NUNES et al., 2002; PRADO et al., 2001; ATROCH et al., 2000 e FARIAS, et al., 1997), isso porque exige a condução de experimentos precisos e em uma grande amplitude de condições ambientais.

Entre os métodos utilizados para estudos de adaptabilidade e estabilidade, estão os que se baseiam em análises de regressão nas quais são relacionadas as respostas individuais dos genótipos aos efeitos do ambiente. Este último é estimado utilizando-se o índice ambiental associado tanto à regressão linear simples quanto à regressão linear bissegmentada (CRUZ; REGAZZI, 1997). Como exigências desses métodos, destacam-se: o número mínimo de ambientes para análise (três para os métodos que utilizam regressão linear simples), 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 para classificar os ambientes e a produtividade média da cultivar (CRUZ et al., 1989).

Segundo Eberhart e Russell (1966), a cultivar ideal é aquela que tem alta produtividade, coeficiente de regressão igual à unidade e desvio de regressão não significativo. Lin et al. (1986) apresentaram críticas aos métodos que se baseiam no desvio da regressão como parâmetro de estabilidade. Segundo os autores, esse parâmetro serve apenas para indicar o ajuste dos dados à equação obtida, ao invés de avaliar a maior ou menor estabilidade da cultivar. Reiteram que, baixa adaptação representada por  $\sigma_{di}^2$  elevado ou coeficiente de determinação ( $R_i^2$ ) pequeno, deve ser interpretado como indicativo de que o uso do modelo de regressão para estimar a estabilidade não é apropriado e que alternativas devam ser investigadas.

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 do desempenho 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 no desempenho, na estabilidade e na adaptabilidade, 24 linhagens de soja de ciclo médio e cinco cultivares, em seis ambientes, no Estado do Mato Grosso, através dos métodos de Eberhart e Russell (1966) e Centróide.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os dados de produtividade de grãos ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) dos ensaios finais de competição de genótipos de soja de ciclo médio do Programa de Melhoramento Genético do Campo Experimental Bacuri e Sales Agropecuária, conduzidos em Mato Grosso, no ano agrícola 2004/05, nas localidades de Nova Brasilândia, Campo Verde, Vera e Rondonópolis (Tabela 1). Em Rondonópolis foram conduzidos três ensaios, denominados Rondonópolis I, II e III, que corresponderam a

diferentes épocas de semeadura. Foram avaliados 29 genótipos, dos quais cinco foram cultivares padrão (Emgopa 315, M-Soy 8411, M-Soy 8914, Uirapuru e Xingu).

Os experimentos foram instalados no delineamento em blocos completos casualizados, com quatro repetições. As parcelas foram formadas por quatro fileiras de plantas (5 m), espaçadas em 0,45 m entre as fileiras. A área útil da parcela foi de  $3,6 \text{ m}^2$ , sendo colhidas as duas fileiras centrais, desprezando-se 0,5 m de bordadura nas extremidades.

Foram realizadas análises de variância individuais, 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. Segundo Pimentel-Gomes (1990) as variâncias são consideradas homogêneas quando a relação entre o maior e o menor QMR é menor que 7,0.

**Tabela 1.** Altitude, latitude, longitude e data de semeadura de ensaios de competição de linhagens de soja, de ciclo 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	19/12/2004
Nova Brasilândia	540	14°57'25" S	54°57'56" W	04/12/2004
Campo Verde	736	15°32'48" S	55°10'08" W	14/12/2004
Vera	383	12°18'21" S	55°19'01" W	17/11/2004

A análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica dos genótipos foi feita pelos seguintes métodos: Eberhart e Russell (1966) e Centróide.

A metodologia de Eberhart e Russell (1966) usa, na avaliação individual dos genótipos, a produtividade média do genótipo ( $\mu_i$ ), o seu coeficiente de regressão ( $\beta_i$ ) e a variância dos desvios dessa regressão ( $\sigma_{di}^2$ ). Seus respectivos estimadores são dados por:

$$\bar{Y}_i = \frac{\sum_j Y_{ij}}{a} \quad \hat{\beta}_i = \frac{\sum_j Y_{ij} I_j}{\sum_j I_j^2}, \text{ em que}$$

$$I_j = \frac{\sum_i Y_{ij}}{g} - \frac{\sum_i \sum_j Y_{ij}}{ag} \text{ (índice ambiental)}$$

$$\hat{\sigma}_{di}^2 = \frac{\left[ \sum_j Y_{ij}^2 - \left( \sum_j Y_{ij} \right)^2 / a \right] - \left( \sum_j Y_{ij} I_j \right)^2 / \sum_j I_j^2}{a - 2}$$

O método centróide, segundo Rocha et al. (2005), baseia-se na comparação de valores da 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).

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

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

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 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:

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

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

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os coeficientes de variação experimental variaram de 8,91 a 12,71% (Tabela 2), indicando bom 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) 16% é o limite máximo admitido para o coeficiente de variação para produtividade de grãos em soja.

**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 médio, no Estado do Mato Grosso

Ambiente	$\bar{Y}_j$	QMR	CV (%)
Rondonópolis I	3135,77	78164,9571	8,91
Rondonópolis II	3387,89	102393,1034	9,44
Rondonópolis III	3102,36	138249,1432	11,98
Rondonópolis IV	3515,39	199575,1040	12,71
Campo Verde	3127,90	151869,4605	12,45
Vera	3513,33	107861,7740	9,34

Os efeitos da interação G x A apresentaram significância a 1% de probabilidade pelo teste F (Tabela 3). Todos os pares de ambientes apresentaram interação do tipo complexa (Tabela 4), ou seja, houve inconsistência na superioridade do genótipo frente à variação ambiental, o que dificulta

a indicação das cultivares e linhagens (CRUZ; CASTOLDI, 1991; VENCOVSKY; 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.

**Tabela 3.** Análise conjunta de variância da produtividade de grãos ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), de 29 genótipos de soja avaliados em seis ambientes, no Estado do Mato Grosso

Fonte de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr>F
Blocos/ambientes	18	6621557,4310	367864,1350	-	-
Ambientes (A)	5	22646763,9310	4529352,7862	12,3125	<0,001
Genótipos (G)	28	29698309,6752	1060653,9169	2,1652	<0,000
Interação GxA	145	68580085,6523	489857,7546	3,7772	<0,000
Erro médio	504	65361537,5689	129685,5904	-	-

**Tabela 4.** 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 linhagens de soja, de ciclo médio, no Estado do Mato Grosso

Pares de ambientes	Correlação	Parte complexa da interação
Rondonópolis I e Rondonópolis II	-0,1886	108,034 <sup>1/</sup>
Rondonópolis I e Rondonópolis III	0,1595	86,447
Rondonópolis I e Nova Brasilândia	0,0527	92,896
Rondonópolis I e Campo Verde	0,1206	72,066
Rondonópolis I e Vera	-0,1206	105,615
Rondonópolis II e Rondonópolis III	0,2878	82,709
Rondonópolis II e Nova Brasilândia	-0,0527	101,490
Rondonópolis II e Campo Verde	0,1690	76,137
Rondonópolis II e Vera	0,2149	88,280
Rondonópolis III e Nova Brasilândia	0,4641*	73,183
Rondonópolis III e Campo Verde	0,3806*	69,788
Rondonópolis III e Vera	0,1551	88,729
Nova Brasilândia e Campo Verde	0,1761	82,137
Nova Brasilândia e Vera	0,0138	96,749
Campo Verde e Vera	0,3328	61,940

\*: Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t; <sup>1/</sup> Valores maiores que 100% estão associados a correlações negativas.

O rendimento médio de grãos variou de 3102 kg.ha<sup>-1</sup> (Rondonópolis III) a 3515 kg.ha<sup>-1</sup> (Nova Brasilândia), com média geral de 3297 kg.ha<sup>-1</sup> (Tabela 5). A maior produtividade observada foi obtida pela linhagem SL 505 (4174 kg.ha<sup>-1</sup>) com

média em todos os ambientes de 3458 kg.ha<sup>-1</sup>. A menor produtividade isolada foi obtida pela linhagem SL 212 (1563 kg.ha<sup>-1</sup>), entretanto, a menor produtividade média em todos os ambientes foi obtida pela linhagem SL 2029 (2879 kg.ha<sup>-1</sup>).

**Tabela 5.** Médias de produtividade de grãos (kg.ha<sup>-1</sup>) de genótipos de soja de ciclo médio em seis ambientes, em Mato Grosso\*

Genótipos	Ambientes						Média
	Ron. I	Ron. II	Ron. III	N. Bras.	C. Verde	Vera	
SL 3	3885	2742	3371	4009	2951	3060	3336
SL 10	3223	3988	3427	4102	3744	3899	3730
SL 207	3234	3151	3209	3930	4130	3502	3526
SL 211	3303	3416	3214	3218	2509	3358	3170
SL 212	3041	2939	2499	3614	1563	3641	2882
SL 301	3154	2692	2999	3278	3035	3202	3060
SL 306	3051	3454	3173	4101	2945	3379	3351
SL 418	2793	3727	3356	3168	2930	3411	3231
SL 505	2903	3300	3326	4174	3161	3884	3458
SL 510	2967	3083	2936	3728	3900	3848	3410
SL 512	2891	3076	3354	3736	3130	3518	3284
SL 703	3255	3325	3981	4009	3768	3625	3661
SL 1049	3229	3723	3111	2805	3276	3806	3325
SL 1680	3152	3612	3141	3269	3042	4097	3385
SL 1685	3520	3420	3716	3549	3707	3351	3544
SL 1696	2865	3431	2787	3204	3219	3596	3184
SL 1709	2897	3498	2653	3197	3287	3547	3180
SL 1842	3549	3698	3402	3563	3611	3814	3606
SL 1878	2750	3406	3083	3567	3558	3197	3260
SL 1882	3284	3567	2436	3240	3714	3167	3235
SL 2022	3340	3940	3578	3796	3191	3467	3552
SL 2029	3351	3163	2517	3274	2095	2871	2879

SL 2227	3059	3236	2506	3700	2434	3395	3055
SL 2385	2605	3841	3533	3651	2355	3284	3211
EMGOPA 315	2812	3196	2961	3147	3460	3820	3233
M-SOY 8411	3342	3232	2738	2816	2913	3607	3108
M-SOY 8914	2892	3716	2939	3538	2841	3189	3186
UIRAPURU	3267	3323	2983	3377	3354	3993	3383
XINGU	3328	3357	3042	3190	2889	3363	3195
Média	3136	3388	3102	3515	3128	3513	3297

\* DMS Tukey a 5% de probabilidade entre ambientes = 725,639 kg.ha<sup>-1</sup> e entre genótipos = 949,975 kg.ha<sup>-1</sup>; C.V. (%) = 10,92.

As estimativas das médias dos genótipos e parâmetros de adaptabilidade e estabilidade das cultivares e linhagens obtidas pelos métodos de Eberhart e Russell (1966), e Centróide (ROCHA et al. 2005), encontram-se na Tabela 6.

As linhagens SL 10, SL 1842, SL 2022, SL 306 e a cultivar padrão Uirapuru apresentaram produtividade média elevada (superior a média

geral), coeficientes de regressão estatisticamente igual a 1 ( $\beta_1 = 1$ ) e desvio da regressão não significativo ( $\sigma_{di}^2 = 0$ ). Portanto, pela metodologia de Eberhart e Russell (1966) foram classificadas como sendo de adaptabilidade geral e alta estabilidade ou previsibilidade (Tabela 6).

**Tabela 6.** Produtividade média (kg.ha<sup>-1</sup>), estimativas dos coeficientes de regressão ( $\hat{\beta}_{li}$ ), dos desvios da regressão ( $\hat{\sigma}_{di}^2$ ), coeficiente de determinação ( $R^2$ ) 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 médio, em Mato Grosso

Genótipos	Média	Eberhart e Russell (1966)			Centróide <sup>1/</sup>				
		$\hat{\beta}_{li}$	$\hat{\sigma}_{di}^2$	$R^2$	Grupo	P (I)	P (II)	P (III)	P (IV)
SL 10	3730	1,433 <sup>ns</sup>	13036,8 <sup>ns</sup>	68,78	I	0,47 4	0,185	0,199	0,142
SL 703	3661	0,116 <sup>+</sup>	95369,8 <sup>**</sup>	0,51	I	0,42 2	0,161	0,271	0,146
SL 1842	3606	0,472 <sup>ns</sup>	-18686,0 <sup>ns</sup>	44,17	I	0,40 8	0,179	0,256	0,157
SL 2022	3552	0,821 <sup>ns</sup>	32927,4 <sup>ns</sup>	33,47	I	0,35 9	0,220	0,240	0,181
SL 1685	3544	0,559 <sup>++</sup>	-20278,4 <sup>ns</sup>	55,7	I	0,34 8	0,155	0,343	0,154
SL 207	3526	0,285 <sup>ns</sup>	177272,0 <sup>**</sup>	1,85	I	0,35 4	0,175	0,304	0,168
SL 505	3458	2,046 <sup>+</sup>	46310,2 <sup>*</sup>	72,19	I	0,31 1	0,264	0,222	0,203
SL 510	3410	1,103 <sup>ns</sup>	173565,8 <sup>**</sup>	22,38	I	0,31 5	0,210	0,278	0,198
SL 1680	3385	1,497 <sup>ns</sup>	59043,1 <sup>*</sup>	54,46	I	0,28 3	0,262	0,233	0,221
UIRAPURU	3383	1,161 <sup>ns</sup>	39388,1 <sup>ns</sup>	47,81	I	0,29 6	0,231	0,260	0,213
SL 306	3351	1,695 <sup>ns</sup>	42606,5 <sup>ns</sup>	65,13	II	0,27 3	0,277	0,224	0,226
SL 3	3336	0,016 <sup>+</sup>	300636,6 <sup>**</sup>	0,01	III	0,26 2	0,207	0,305	0,226
SL 1049	3325	0,472 <sup>ns</sup>	136233,3 <sup>**</sup>	6,05	III	0,27 3	0,225	0,276	0,227
SL 512	3284	1,055 <sup>ns</sup>	34529,3 <sup>ns</sup>	44,79	I	0,26 0,26	0,236	0,263	0,234

						6			
						0,27			
SL 1878	3260	0,681 <sup>ns</sup>	69978,7*	18,09	III	1	0,220	0,282	0,227
						0,26			
SL 1882	3235	0,427 <sup>ns</sup>	204951,5**	3,62	III	2	0,217	0,289	0,232
EMGOPA						0,25			
315	3233	0,958 <sup>ns</sup>	86735,3**	27,34	III	9	0,228	0,275	0,238
						0,24			
SL 418	3231	0,858 <sup>ns</sup>	76627,6**	24,77	IV	5	0,253	0,247	0,255
						0,21			
SL 2385	3211	1,788 <sup>ns</sup>	261307,2**	34,68	II	8	0,319	0,198	0,265
						0,23			
XINGU	3195	0,563 <sup>ns</sup>	-634,6 <sup>ns</sup>	32,76	IV	2	0,235	0,265	0,268
						0,22			
M-SOY 8914	3186	1,432 <sup>ns</sup>	35310,9 <sup>ns</sup>	59,64	II	9	0,283	0,220	0,268
						0,24			
SL 1696	3184	1,223 <sup>ns</sup>	17438,9 <sup>ns</sup>	59,42	IV	1	0,251	0,249	0,259
						0,24			
SL 1709	3180	1,241 <sup>ns</sup>	43887,1 <sup>ns</sup>	49,63	IV	2	0,251	0,248	0,258
						0,21			
SL 211	3170	0,796 <sup>ns</sup>	75218,1*	22,34	IV	6	0,257	0,236	0,292
						0,21			
M-SOY 8411	3108	0,628 <sup>ns</sup>	93125,5**	13,29	IV	6	0,234	0,259	0,291
						0,20			
SL 301	3060	0,236 <sup>ns</sup>	18926,4 <sup>ns</sup>	5,01	III	9	0,208	0,294	0,290
						0,18			
SL 2227	3055	2,264 <sup>++</sup>	30311,4 <sup>ns</sup>	79,95	II	2	0,322	0,181	0,315
						0,13			
SL 212	2882	3,080 <sup>++</sup>	261563,0**	61,16	IV	9	0,343	0,141	0,378
						0,15			
SL 2029	2879	1,215 <sup>ns</sup>	196750,2**	23,92	IV	5	0,244	0,181	0,421
Média geral	3297								

+ e ++ = significativamente diferente de 1 a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t; \* e \*\* = significativamente diferente de 0 a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; <sup>ns</sup> = não-significativo (P>0,05); <sup>1/</sup> Em que: Ideótipo I = Adaptabilidade geral (++) , Ideótipo II = Adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (+), Ideótipo III = Adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (-+), Ideótipo IV = Pouco adaptado (--).

As linhagens SL 207, SL 510, SL 1680 apresentaram produtividade média elevada, coeficiente de regressão igual a 1 ( $\beta_1 = 1$ ), sendo, portanto, classificadas para amplas condições ambientais. Entretanto, seus desvios da regressão foram significativos ( $\sigma_{di}^2 \neq 0$ ), o que indica baixa estabilidade ou previsibilidade.

A linhagem SL 1685 apresentou elevada produtividade e coeficiente de regressão significativamente menor que 1 ( $\beta_1 < 1$ ) e desvio da regressão não significativo, sendo, portanto, classificada como estável e adaptada às condições específicas de ambientes desfavoráveis. Já as linhagens SL 703, SL 3 e SL 505 apresentaram coeficientes de regressão significativos, sendo as linhagens SL 713 e SL 3 específicas à ambientes desfavoráveis ( $\hat{\beta}_1 < 1$ ) e SL 505 específica à

ambientes favoráveis ( $\beta_1 > 1$ ). Entretanto, apresentaram baixa estabilidade, visto que os desvios da regressão foram significativos, ou seja,  $\sigma_{di}^2 \neq 0$  (Tabela 6).

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 30 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,

mostram que apenas dois componentes principais são suficientes para explicar proporções superiores 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 gráficos bidimensionais (CARVALHO et al., 2002).

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

Ambientes	Média	Ij	Máximo	Mínimo	Ideótipo I	Ideótipo II	Ideótipo III	Ideótipo IV
Rond. I	3136	- 161,33	3885	2605	3885	2605	3885	2605
Rond. II	3388	90,78	3987	2692	3987	3987	2692	2692
Rond. III	3103	- 194,75	3981	2436	3981	2436	3981	2436
N. Brasilândia	3515	218,28	4174	2804	4174	4174	2804	2804
C. Verde	3128	- 169,21	4130	1562	4130	1562	4130	1562
Vera	3513	216,22	4097	2871	4097	4097	2871	2871

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
2,257786	37,63	37,63
1,676502	27,94	65,57
0,748141	12,47	78,04
0,541964	9,03	87,07
0,477059	7,95	95,02
0,298547	4,98	100,0

A análise visual do gráfico de componentes principais permite concluir 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: 2 (SL 10), 12 (SL 703), 18 (SL 1842) e 21 (SL 2022) foram classificados como sendo de adaptabilidade geral por localizarem-se 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

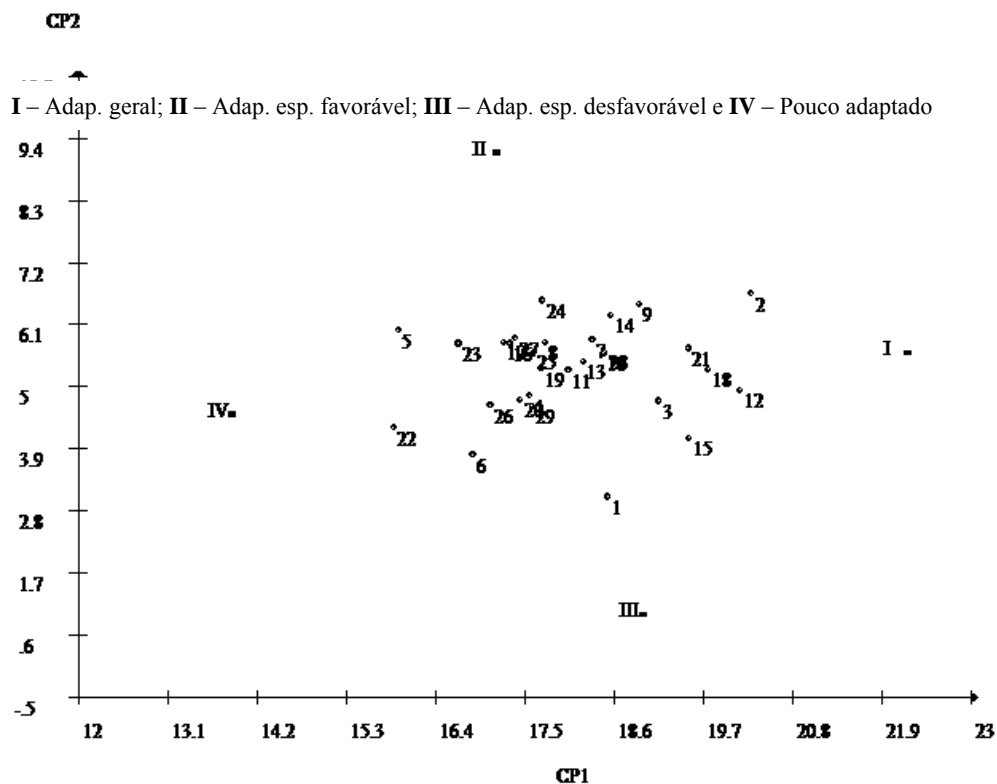
probabilidade de 25% de pertencer a qualquer um dos grupos e, portanto, quanto mais o valor de probabilidade diferir de 25%, maior será a certeza em concluir o agrupamento do genótipo. Segundo Rocha et al. (2005), valores de probabilidade próximos ou superiores a 50% indicam boa confiabilidade no agrupamento.

Na Tabela 6 são apresentadas as classificações dos genótipos a um dos quatro grupos e a probabilidade associada a sua classificação, sendo portanto, classificados os genótipos SL 10, SL 703, SL 1842, SL 2022, SL 1685, SL 207, SL 505, SL 510, SL 1680, SL 512 e a cultivar Uirapuru para amplas condições ambientais (grupo I), com destaque para as linhagens SL 10, SL 703 e SL 1842.

Observa-se no gráfico de dispersão (Figura 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), 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.



**Figura 1.** Dispersão gráfica dos escores em relação aos dois primeiros componentes principais obtidos da análise da produtividade de 30 genótipos de soja avaliados em seis ambientes. Os quatro pontos numerados com algarismos romanos representam os centróides. **1** - SL 3; **2** - SL 10; **3** - SL 207; **4** - SL 211; **5** - SL 212; **6** - SL 301; **7** - SL 306; **8** - SL 418; **9** - SL 505; **10** - SL 510; **11** - SL 512; **12** - SL 703; **13** - SL 1049; **14** - SL 1680; **15** - SL 1685; **16** - SL 1696; **17** - SL 1709; **18** - SL 1842; **19** - SL 1878; **20** - SL 1882; **21** - SL 2022; **22** - SL 2029; **23** - SL 2227; **24** - SL 2385; **25** - Emgopa 315; **26** - M-soy 8411; **27** - M-soy 8914; **28** - Uirapuru; **29** - Xingu.

Comparando a classificação da estabilidade fenotípica dos genótipos obtida em ambas as metodologias, observa-se que as linhagens mais produtivas foram classificadas para amplas condições ambientais, exceto as linhagens SL 703, SL 1685 que foram classificadas pela metodologia de Eberhart e Russell para condições específicas de ambientes desfavoráveis e a linhagem SL 505 para ambientes favoráveis, discordando da classificação obtida pelo método centróide, que as classificou para amplas condições ambientais.

## CONCLUSÕES

As metodologias de Eberhart e Russell e Centróide foram coerentes entre si e permitiram identificar, entre os genótipos avaliados, os de maior produtividade, estabilidade e adaptabilidade;

Com base nas metodologias de Eberhart e Russell e Centróide as linhagens de soja SL 10, SL 1842 e SL 2022 se destacaram, 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.



**ABSTRACT:** This research aimed at the evaluation of yield performance, stability and adaptability of 29 soybean genotypes [*Glycine max* (L.) Merr.] at six environments in the state of Mato Grosso. The experiments were laid out as complete randomized block designs with four replicates. The tests were carried out during the 2004/05 growing season at the locations of Rondonópolis, Campo Verde, Nova Brasilândia and Vera. Stability and adaptability were evaluated by the methods developed by Eberhart and Russel (1966) and Centroid method (Rocha et al., 2005). The mean grain yield varied from 3102 kg ha<sup>-1</sup> (Rondonópolis III) to 3513 kg ha<sup>-1</sup> (Vera) with overall mean in all environments of 3297 kg ha<sup>-1</sup>. According to the methodologies proposed by Eberhart and Russel. Lines SL 10, SL 1842, SL 2022, SL 306 and the check cultivar “Uirapuru” presented the greatest averages, and therefore a wide adaptability ( $\beta_1=1$ ) and high stability (non-significant  $\sigma_{di}^2$ ). Lines SL 10, SL 1842, SL 2022 and SL 703 were classified as the most adapted and stable according to the Centroid method and therefore are recommend for a wide range of environmental conditions at the state of Mato Grosso.

**KEYWORDS:** *Glycine max* Productivity. Stability. Adaptability.

---

## REFERÊNCIAS

- 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.
- 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. **Programa GENES - aplicativo computacional em genética e estatística**, Viçosa, MG: UFV, 2001, 542p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Editora UFV. Viçosa-MG, 1997. 390p.
- CRUZ, C. D.; 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.
- 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.
- 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.; LEFKOVITCH, L. P. Stability analysis: Where do we stand? **Crop Science**, Madison, v. 26, p. 894-900, 1986.

- 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 agrônômicos 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 – SP: 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-SP: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486p.