

Adaptabilidade e estabilidade como critérios para seleção de genótipos de girassol

Willyam Stern Porto⁽¹⁾, Claudio Guilherme Portela de Carvalho⁽²⁾ e Ronald José Barth Pinto⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Agronomia, Av. Colombo, nº 5.790, CEP 87020-900 Maringá, PR. E-mail: wsporto@yahoo.com.br, rjbpb@uem.br ⁽²⁾Embrapa Soja, Caixa Postal 231, CEP 86001-970 Londrina, PR. E-mail: cportela@cnpso.embrapa.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi comparar critérios para seleção de genótipos de girassol com base na média geral obtida em vários locais e sua decomposição em ambientes favoráveis e desfavoráveis e por meio de outros métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade, como os de Eberhart & Russell, Lin & Binns, Carneiro e Carvalho et al. Foram analisados dados obtidos entre os anos de 1999 e 2004 na Rede Nacional de Ensaios de Girassol, coordenada pela Embrapa Soja e que conta com a participação de empresas públicas e privadas. Os caracteres avaliados foram rendimento de grãos e de óleo (kg ha⁻¹). A análise da decomposição da média geral em médias de ambientes favoráveis e desfavoráveis (método da indicação com base na decomposição da média geral – IDMG) foi o critério mais adequado para a indicação de genótipos. A análise de regressão contribuiu com informações adicionais, indicando a responsividade e previsibilidade dos genótipos diante das mudanças ambientais.

Termos para indexação: *Helianthus annuus*, interação genótipos x ambientes, melhoramento genético, recomendação de cultivares.

Adaptability and stability as selection criteria for sunflower genotypes

Abstract – The objective of this work was to compare criteria for selection of sunflower genotypes based on general mean obtained in different locations and its decomposition in favorable and unfavorable environments, as well as other methods of adaptability and stability, such as Eberhart & Russell, Lin & Binns, Carneiro and Carvalho et al. Data from 1999 to 2004 of the Official Sunflower Trials Network, coordinated by Embrapa Soja, were analyzed. The characters evaluated were yield of grains and oil (kg ha⁻¹). The analysis of the decomposition of the general mean in favorable and unfavorable environment means (Indication Method – Partitioning of General Mean) was the most suitable for the indication of genotypes. However, the regression analysis contributed with additional information, indicating responsivity and previsibility of the genotypes to environmental changes.

Index terms: *Helianthus annuus*, genotypes x environments interaction, genetic improvement, varieties recommendation.

Introdução

O girassol (*Helianthus annuus* L.) apresenta características agrônômicas importantes, como maior tolerância à seca, ao frio e ao calor, quando comparado com a maioria das espécies cultivadas no Brasil (Leite, 2005). Entre outros usos, suas sementes podem ser utilizadas para fabricação de ração animal e extração de óleo de alta qualidade para consumo humano ou como matéria-prima para a produção de biodiesel. Devido a essas particularidades e à crescente demanda do setor industrial e comercial, a cultura do girassol é uma importante alternativa econômica em sistemas de rotação, consórcio e sucessão de cultivos nas regiões produtoras de grãos.

A obtenção de informações por meio da pesquisa tem sido decisiva para dar suporte tecnológico ao desenvolvimento da cultura, garantindo melhores produtividades e retornos econômicos competitivos. Entre as várias tecnologias desenvolvidas para a produção de girassol, a escolha adequada de cultivares constitui um dos principais componentes do sistema de produção da cultura. Diante da existência de interação genótipos x ambientes, são necessárias avaliações contínuas, em redes de ensaios, a fim de determinar o comportamento agrônômico dos genótipos e sua adaptação às diferentes condições locais.

Atualmente, a avaliação e a seleção de híbridos e variedades de girassol de várias empresas, estão sendo realizadas por meio da Rede de Ensaios de Avaliação

de Genótipos de Girassol, coordenada pela Embrapa Soja e conduzida por instituições públicas e privadas. Os ensaios têm sido instalados em diferentes locais das Regiões Centro-Oeste, Nordeste, Sudeste e Sul do país.

A seleção de genótipos de girassol nos ensaios da rede é, normalmente, fundamentada nas médias gerais de rendimento de grãos e de óleo obtidas nos diferentes ambientes (locais e anos) de teste. Entretanto, a consideração de médias em ambientes favoráveis e desfavoráveis pode evidenciar os genótipos com adaptação específica a cada tipo de ambiente, ou a ambos. Esse fato pode ser verificado, também, em outros estudos de adaptabilidade e estabilidade de genótipos (Ramalho, 1993; Cruz & Regazzi, 1994; Lu'Quez et al., 2002; de la Vega & Chapman, 2006).

O objetivo deste trabalho foi comparar critérios para seleção de genótipos de girassol com base na média geral obtida em vários locais e sua decomposição em ambientes favoráveis e desfavoráveis e por meio de outros métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade.

Material e Métodos

Os dados analisados foram obtidos da Rede de Ensaios de Avaliação de Genótipos de Girassol, coordenada pela Embrapa Soja. Os ensaios foram conduzidos entre 1999 e 2004, em diversos locais dos Estados da Bahia, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e no Distrito Federal.

Os ensaios foram instalados em agosto/setembro e fevereiro/março, em delineamento experimental de blocos completos casualizados, com quatro repetições. Cada parcela foi constituída de quatro linhas de 6 m de comprimento, espaçadas de 0,7 a 0,9 m. Na colheita, as duas linhas externas e 0,5 m de cada extremidade das linhas centrais foram descartadas como bordaduras, obtendo-se uma área útil na parcela de 7 a 9 m², dependendo do espaçamento adotado. Tratos culturais, como adubação, capina e controle fitossanitário foram realizados objetivando um bom desenvolvimento das plantas.

Os genótipos testados foram híbridos (simples e triplos) e variedades de polinização aberta (populações) das empresas Advanta, Cati, Dow AgroSciences, Embrapa Soja, La Tijereta e Helianthus do Brasil. Cada grupo de genótipos foi avaliado na rede durante dois anos em ensaio final de primeiro ano (1º ano de avaliação) e em ensaio final de segundo ano (2º ano de avaliação). Foram utilizados como testemunhas os híbridos comerciais M 734 (Dow AgroSciences) e AGROBEL 960 (La Tijereta). Os caracteres avaliados foram rendimento de grãos e de óleo (kg ha⁻¹).

Nos ensaios finais de primeiro ano, instalados em agosto/setembro, os locais avaliados e as respectivas instituições/empresas responsáveis foram Campo Mourão (Cooperativa Mista Agropecuária do Brasil) e Londrina (Embrapa Soja), PR; Cruz Alta (Universidade de Cruz Alta) e Passo Fundo (Universidade de Passo Fundo), RS e Campinas (Instituto Agrônomo de Campinas) e Manduri (Coordenadoria de Assistência Técnica Integral), SP. Nos ensaios finais de segundo ano, os locais (instituições/empresas) foram Curitiba (Pontifícia Universidade Católica do Paraná), Londrina (Embrapa Soja), Campo Mourão (Cooperativa Agroindustrial Mourãoense), Maringá (Universidade Estadual de Maringá), PR; Rio do Sul (Escola Agrotécnica Federal de Rio do Sul), SC; Ibirubá (Cooperativa Agrícola Mista de General Osório Ltda.), Ijuí (Cooperativa Regional Triticola Serrana Ltda.) e Três de Maio (Cooperativa Agropecuária Alto do Uruguai Ltda.), RS; Araras (Universidade Federal de São Carlos), Campinas (Instituto Agrônomo de Campinas) e Manduri (Coordenadoria de Assistência Técnica Integral), SP e Irecê (Empresa Baiana de Pesquisa Agrícola S.A.), BA.

Nos ensaios finais de primeiro ano, instalados em fevereiro/março, os locais avaliados e as respectivas empresas/instituições foram Jataí (Universidade Federal de Goiás), GO; Uberlândia (Monsanto), MG; Campo Novo do Parecis (propriedade rural) e Nova Mutum (Universidade de Várzea Grande) MT e Cravinhos (Dow AgroSciences), Jardinópolis (Dow AgroSciences) e Manduri (Coordenadoria de Assistência Técnica Integral), SP. Os ensaios finais de segundo ano foram instalados em Planaltina (Embrapa Cerrados), DF; Jataí (Universidade Federal de Goiás) e Rio Verde (Escola Superior de Ciências Agrárias de Rio Verde), GO; Uberlândia (Monsanto), MG; Campo Novo do Parecis (propriedade rural), Jaciara, Juscimeira e Primavera do Leste (Universidade Federal do Mato Grosso) e Nova Mutum (Universidade de Várzea Grande), MT; Chapadão do Sul (Fundação Chapadão) e Dourados (Embrapa Agropecuária Oeste), MS e Cravinhos (DOW AgroSciences) e Manduri e São Manuel (Coordenadoria de Assistência Técnica Integral), SP.

Foram realizadas as análises de variância para os dados de rendimento de grãos e óleo, aferidos em cada local, ano e época de semeadura. Como nem sempre os locais de teste nos ensaios finais de primeiro ano foram os mesmos dos ensaios finais de segundo ano, foi realizada análise conjunta de ambientes (local e ano específicos) para cada época de semeadura e grupo de genótipos. Para isto, verificou-se a existência de homogeneidade das variâncias residuais obtidas nas análises individuais sempre que a razão

entre o maior e o menor quadrado médio residual foi inferior a sete (Pimentel-Gomes, 1985). Além disso, alguns ensaios não foram considerados nas análises de variância conjuntas por terem apresentado coeficientes de variação superiores a 20% (Pimentel-Gomes, 1985) para rendimento de grãos, ou por terem sido perdidos pelo ataque de pássaros, seca ou doenças como mancha-de-alternária.

Na seleção dos genótipos, foram adotados três critérios: média geral obtida nos diferentes ambientes de teste; decomposição da média geral em ambientes favoráveis e desfavoráveis, e outros métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade.

Na análise da média geral, foi realizado o teste de Duncan, a 5% de probabilidade, para verificar se houve diferenças significativas entre os genótipos. Posteriormente, a média de cada genótipo foi comparada com a média das testemunhas, e os genótipos que superaram a média das testemunhas foram selecionados.

Foi proposta, também, neste estudo, a decomposição da média geral em médias de ambientes favoráveis e desfavoráveis (método da indicação com base na decomposição da média geral – IDMG), e estas foram comparadas às médias das testemunhas nesses dois tipos de ambientes. Quando a média de um genótipo é superior à média das testemunhas nos ambientes favoráveis, mas não nos desfavoráveis, este genótipo pode ser indicado para ambientes favoráveis; o mesmo ocorre para os ambientes desfavoráveis. Se a média for superior em ambos os ambientes, a indicação é geral.

Além do método IDMG, outros estudos de adaptabilidade e estabilidade dos genótipos foram feitos usando os métodos de Eberhart & Russell (1966), Lin & Binns (1988) e Carvalho et al. (2002). Realizou-se, também, a

decomposição do parâmetro P_i de Lin & Binns (1988) em P_{if} (ambientes favoráveis) e P_{id} (ambientes desfavoráveis) como sugerido por Carneiro (1998). No método de Carvalho et al. (2002), é calculado o número de genótipos, nos ambientes desfavoráveis (X_d) e favoráveis (X_f), com médias maiores que a média de um determinado genótipo (L_i). Quando a diferença (D) entre X_d e X_f for igual ou superior a $1/3$ do número (N) de linhagens avaliadas, infere-se que L_i apresenta adaptabilidade a ambientes favoráveis. Se $D \leq -1/3N$, L_i tem adaptabilidade a ambientes desfavoráveis e se $-1/3N < D < 1/3N$, L_i mostra adaptabilidade geral. Neste estudo, para simplificação, foi efetuada a classificação dos genótipos e calculada a diferença (D) entre os postos obtidos nos ambientes favoráveis e desfavoráveis para cada genótipo. A classificação substituiu o cálculo de X_d e X_f .

A decomposição da média geral e as análises, segundo os métodos de Carneiro (1998) e Carvalho et al. (2002), não foram realizadas quando o número de ambientes desfavoráveis ou favoráveis foi igual ou inferior a dois. Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do programa computacional Genes (Cruz, 2001).

Resultados e Discussão

Nas análises de variância conjuntas para rendimento de grãos e de óleo, observaram-se diferenças significativas na interação genótipos x ambientes, indicando mudança no desempenho dos genótipos de girassol nos diversos ambientes avaliados e evidenciando a importância de estudos dos componentes de rendimento em ambientes específicos (Tabela 1), como descrito por Allard & Bradshaw (1964). A presença de interação

Tabela 1. Análises de variância conjuntas para rendimento de grãos e óleo (kg ha^{-1}) de genótipos de girassol, avaliados na Rede Nacional de Ensaios de Girassol, no período de 1999 e 2004.

Variável	Safrá ⁽¹⁾				Safrá ⁽²⁾			
	2000/2001	2001/2002	2002/2003	2003/2004	2001	2002	2003	2004
Rendimento de grãos								
QMGA ⁽³⁾	348.018**	337.704**	219.032**	408.164**	211.209**	371.927**	326.407**	178.296**
CV (%)	14,49	13,95	13,84	15,50	12,44	11,83	12,18	14,33
Média ⁽⁴⁾	1.832	1.871	1.489	1.800	1.864	1.702	1.901	2.055
Rendimento de óleo								
QMGA	70.347**	75.493**	42.310**	64.739**	51.440**	50.324**	57.947**	34.646**
CV (%)	16,93	14,91	15,84	16,85	13,41	12,23	13,75	14,51
Média	807	798	523	718	819	663	751	824

⁽¹⁾Avaliações realizadas no ano/safrá 2000/2001 (semeadura em agosto/setembro) incluem os dados experimentais obtidos no ensaio final de primeiro ano (1999/2000) e ensaio final de segundo ano (2000/2001), com procedimento similar para os demais anos de avaliação. ⁽²⁾Avaliações realizadas no ano/safrá 2001 (semeadura em fevereiro/março) inclui os dados experimentais obtidos no ensaio final de primeiro ano (2000) e ensaio final de segundo ano (2001), com procedimento similar para os demais anos de avaliação. ⁽³⁾Quadrado médio da interação genótipos x ambientes.

⁽⁴⁾Média geral, em kg ha^{-1} . **Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

genótipos x ambientes em girassol foi, também, encontrada por Lu'Quez et al. (2002) e de la Vega & Chapman (2006). Os coeficientes de variação (CV) variaram, nesse estudo, de 11,83 a 16,93%, o que sugere uma precisão experimental satisfatória, segundo a classificação de Pimentel-Gomes (1985). Na maioria dos anos avaliados, as médias dos experimentos foram superiores à média das lavouras, que é de 1.500 kg ha⁻¹, segundo dados da Conab (2005).

Apesar de os valores de CV encontrarem-se em intervalos aceitáveis, o teste de Duncan, a 5% de probabilidade, somente detectou diferenças significativas entre os genótipos quando houve grande diferença entre suas médias. Em algumas análises, quase todos os genótipos não diferiram entre si quanto aos dois caracteres avaliados. Contudo, verificando-se a classificação (posto) dos genótipos em cada ambiente, foi possível observar razoáveis diferenças entre eles. Na safra 2003/2004, por exemplo, o genótipo ACA 884 revelou bons desempenhos para rendimento de grãos em todos os ambientes avaliados (Tabela 2). Por sua vez, o genótipo Catissol na maioria dos ambientes ocupou os últimos postos. Com base nesses resultados, a análise de componentes de rendimento de girassol, para as duas épocas de semeadura, foi efetuada por meio da comparação do desempenho de cada genótipo em relação à média das testemunhas dos ensaios. Esse critério foi mais rigoroso na discriminação de genótipos que o teste de Duncan, uma vez que reduziu o número

de genótipos selecionados. Esse é o critério adotado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para o registro de novas cultivares de soja, trigo e feijão (Brasil, 2006). Entretanto, quanto ao girassol ainda não foi estabelecido nenhum critério.

A decomposição da média geral em ambientes favoráveis e desfavoráveis (método da IDMG) propiciou informações sobre a qual tipo de ambiente específico, determinado genótipo pode ser indicado (Tabelas 3 e 4). Mesmo com média geral superior à das testemunhas quanto a rendimento de grãos, pelo método da IDMG, observou-se, por exemplo, que os genótipos EM 677008 (2000/2001) e GV 26048 (2001/2002) foram indicados para ambientes favoráveis. Da mesma forma, quanto ao rendimento de óleo, os genótipos GV 26048 (2001/2002), A 972 (2003/2004) e AG 966 e GH 12 (2001) foram, também, indicados para ambientes favoráveis. A decomposição da média possibilitou a detecção de genótipos que não haviam apresentado média geral superior à das testemunhas, mas que se destacaram em ambientes específicos. O genótipo ACA 885 foi indicado para ambientes desfavoráveis quanto às características rendimento de grãos e de óleo, tanto em 2003/2004 quanto em 2003, apesar de sua média geral ter sido inferior à das testemunhas para as duas épocas de semeadura. Por sua vez, a indicação aos ambientes favoráveis foi obtida para os genótipos CF 17 e Milênio (2001), para rendimento de grãos e GV 26043, CF 17 e VDH 93 (2001), quanto a rendimento de óleo.

Tabela 2. Média geral e ranqueamento (posto) de genótipos de girassol avaliados no ensaio final de primeiro ano/safra (2002/2003)⁽¹⁾ e ensaio final de segundo ano/safra (2003/2004)⁽²⁾, quanto ao rendimento de grãos (kg ha⁻¹).

Genótipo	Média ⁽³⁾	Ranqueamento								
		Manduri	Londrina	Passo Fundo	C. Mourão 2	Campinas	Ibirubá	Curitiba	Cruz Alta	C. Mourão 1
ACA 884	2.225a	1	3	3	1	1	5	2	2	2
M 734 (T)	2.146ab	2	5	2	9	3	6	1	1	3
ACA 885	1.827ab	10	7	1	2	6	4	11	3	10
A 972	1.808ab	3	1	10	3	8	2	8	5	1
ACA 872	1.791ab	11	4	4	6	7	1	9	6	8
V 10034	1.764ab	4	2	5	10	9	3	7	7	7
AG 960 (T)	1.757ab	7	8	6	4	4	7	4	11	5
Helio 358	1.684ab	5	10	7	11	2	8	5	10	4
Catissol	1.661ab	6	11	8	8	5	9	6	8	6
V 80198	1.572b	8	6	9	5	10	10	10	4	11
Nutrissol	1.563b	9	9	11	7	11	11	3	9	9
Prod. geral	1.800	1.209	1.523	1.564	1.577	1.599	1.821	2.022	2.354	2.527
Testemunhas	1.951	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prod. máxima		1.577	1.721	2.408	2.055	2.390	2.087	2.663	3.516	2.939
Prod. mínima		800	1.270	723	966	1.165	1.560	1.578	1.868	2.069

⁽¹⁾Os locais avaliados no ensaio final de primeiro ano/safra (2002/2003) foram Cruz Alta e Passo Fundo, RS e Campo Mourão 1, PR. ⁽²⁾Os locais avaliados no ensaio final de segundo ano foram Ibirubá, RS, Campo Mourão 2, Curitiba, Londrina, PR e Campinas e Manduri, SP. ⁽³⁾Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

Além da comparação entre a média dos genótipos e a média das testemunhas nos ambientes favoráveis e desfavoráveis, critérios como a realização de testes de significância, poderiam ter sido utilizados. Entretanto estes testes podem apresentar a desvantagem de permitir que um mesmo genótipo esteja associado a mais de um grupo. Outro critério que poderia ser utilizado é a comparação em relação a melhor testemunha ou a média geral. Nesse caso, a seleção

seria mais ou menos rigorosa, respectivamente, pois ter-se-ia menor ou maior número de genótipos com indicação geral ou específica em diferentes ambientes.

É importante salientar que, neste estudo, foi realizada comparação entre híbridos simples, triplos e variedades de polinização aberta, o que pode ter influenciado a estabilidade e adaptabilidade dos genótipos, porém não a comparação de métodos de seleção.

Tabela 3. Decomposição da média geral de genótipos de girassol em ambientes favoráveis e desfavoráveis quanto aos caracteres rendimento de grãos e óleo, nos ensaios instalados em agosto/setembro, entre os anos/safras 2000/2001 e 2003/2004.

Genótipo	Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)			Rendimento de óleo (kg ha ⁻¹)		
	MG	MD	MF	MG	MD	MF
2000/2001 ⁽¹⁾						
AG 930	2.036	1.405	2.667	873	554	1.033
AG 960 (T)	2.047	1.596	2.497	937	643	1.084
AG 966	1.769	1.224	2.315	853	511	1.023
Catissol	1.502	1.026	1.979	637	419	746
DK 4030	1.929	1.562	2.296	905	575	1.070
EM 677008	2.189	1.556	2.821	862	495	1.046
HT 01	1.662	1.440	1.885	744	590	821
HT 09	1.554	1.271	1.837	687	551	755
HT 14	1.598	1.248	1.948	718	486	834
M 734 (T)	2.186	1.778	2.595	879	510	1.064
SE 04	1.680	1.324	2.036	785	537	908
Prod. geral	1.832	1.403	2.261	908	576	1.074
Testemunhas	2.117	1.687	2.546	807	534	944
2001/2002						
AG 960 (T)	1.817	1.453	2.035	790	636	882
CF 13	1.659	1.331	1.856	752	598	845
CF 17	1.922	1.378	2.248	814	547	974
Exp 792	1.762	1.248	2.070	777	538	920
GV 26043	1.688	1.167	2.001	718	482	859
GV 26048	2.150	1.557	2.506	872	611	1.029
M 734 (T)	2.248	1.753	2.545	918	708	1.044
VDH 488	1.657	1.140	1.968	744	508	886
VDH 93	1.939	1.365	2.284	801	538	959
Prod. geral	1.871	1.377	2.168	798	574	933
Testemunhas	2.032	1.603	2.290	854	672	963
2003/2004						
A 972	1.808	1.412	2.302	773	586	1.008
ACA 872	1.791	1.503	2.150	750	616	918
ACA 884	2.225	1.998	2.509	852	744	987
ACA 885	1.827	1.668	2.025	732	650	834
AG 960 (T)	1.757	1.530	2.041	731	620	870
Catissol	1.661	1.356	2.041	655	519	826
Helio 358	1.684	1.352	2.099	736	572	942
M 734 (T)	2.146	1.725	2.673	786	632	979
Nutrissol	1.563	1.152	2.077	586	413	803
V 10034	1.764	1.437	2.172	651	501	837
V 80198	1.572	1.307	1.903	647	514	812
Prod. geral	1.800	1.495	2.181	718	579	892
Testemunhas	1.951	1.627	2.357	758	626	924

⁽¹⁾ Avaliações realizadas em 2000/2001 incluem os dados experimentais obtidos no ensaio final de primeiro ano (1999/2000) e ensaio final de segundo ano (2000/2001), com procedimento similar para os demais anos de avaliação; a decomposição da média geral não foi realizada para o ano 2002/2003, pois apresentou número de ambientes favoráveis ou desfavoráveis igual ou inferior a dois; MG: média geral; MD: média nos ambientes desfavoráveis; MF: média nos ambientes favoráveis.

As correlações de Pearson entre média geral (MG) e média nos ambientes desfavoráveis (MD) e entre média geral e média nos ambientes favoráveis (MF) dos dois caracteres avaliados em todos os anos foram, na grande maioria dos casos, superiores a 0,80, exceto em alguns casos, como, por exemplo, a correlação para rendimento de óleo em 2000/2001 ($r = 0,55$). Isso indicou que a consideração de ambientes favoráveis e desfavoráveis pode levar à detecção de genótipos com adaptação específica a estes dois tipos de ambientes, como verificado no método da IDMG.

Ao comparar MG, MD e MF com os parâmetros P_i , P_{id} e P_{if} , respectivamente, verificou-se correlação acima de 0,90, na maioria dos casos, quanto aos dois caracteres avaliados, entre 1999 e 2004. Estes resultados indicam que as médias dos genótipos apresentaram tendência a refletir sua adaptabilidade, como definida por Lin & Binns (1988) e Carneiro (1998). Carvalho et al. (2002), analisando linhagens de soja, e Carvalho et al. (2003), avaliando híbridos de cacaueteiro, também obtiveram correlação negativa próxima à unidade, entre estes parâmetros. Neste estudo, as médias foram analisadas

Tabela 4. Decomposição da média geral de genótipos de girassol em ambientes favoráveis e desfavoráveis quanto aos caracteres rendimento de grãos e óleo (kg ha^{-1}), nos ensaios instalados em agosto/setembro, entre os anos/safras 2001 e 2004.

Genótipo	Rendimento de grãos (kg ha^{-1})			Rendimento de óleo (kg ha^{-1})		
	MG	MD	MF	MG	MD	MF
2001 ⁽¹⁾						
AG 966	1.859	1.500	2.338	860	683	1.096
CF 13	1.896	1.526	2.391	901	724	1.138
CF 17	1.951	1.453	2.614	791	603	1.042
DK 4030	1.886	1.590	2.279	865	747	1.021
GH 12	1.882	1.442	2.468	855	667	1.106
GV 26043	1.853	1.517	2.301	812	676	993
HT 3	1.401	1.144	1.744	614	497	770
M 734 (T)	2.046	1.722	2.479	821	716	961
MILENIO	2.028	1.573	2.635	894	719	1.128
VDH 488	1.831	1.583	2.163	820	726	946
VDH 93	1.867	1.486	2.376	780	623	988
Prod. geral	1.864	1.503	2.344	819	671	1.017
Testemunhas	2.046	1.722	2.479	821	716	961
2003						
ACA 872	1.951	1.668	2.235	791	662	986
ACA 884	1.988	1.727	2.249	759	683	872
ACA 885	1.911	1.704	2.118	747	669	866
AG 960 (T)	1.819	1.447	2.191	737	602	939
Catissol	1.633	1.426	1.840	632	511	815
Helio 250	1.919	1.569	2.269	827	680	1.049
Helio 251	2.044	1.691	2.396	776	657	956
M 734 (T)	2.152	1.766	2.539	809	682	999
V 80198	1.856	1.567	2.144	745	628	921
V 90064	1.738	1.377	2.100	686	555	882
Prod. geral	1.901	1.594	2.208	751	633	928
Testemunhas	1.986	1.607	2.365	773	642	969
2004						
AG 960 (T)	2.198	1.860	2.620	930	787	1.217
EMB 122	1.755	1.471	2.110	697	598	893
Helio 358	1.986	1.641	2.418	885	723	1.207
M 734 (T)	2.381	1.880	3.007	903	748	1.214
Multissol	1.939	1.584	2.382	735	613	977
V 10034	2.070	1.812	2.394	796	651	1.086
Prod. geral	2.055	1.708	2.488	824	687	1.099
Testemunhas	2.289	1.870	2.813	917	767	1.216

⁽¹⁾Avaliações realizadas em 2001 incluem os dados experimentais obtidos no ensaio final de primeiro ano (2000) e ensaio final de segundo ano (2001); foi procedido de modo similar para os demais anos de avaliação; a decomposição da média geral não foi realizada em 2002, pois apresentou número de ambientes favoráveis ou desfavoráveis igual ou inferior a dois; MG: média geral; MD: média nos ambientes desfavoráveis; MF: média nos ambientes favoráveis.

ao invés dos valores de P_i , pois esta substituição tem a vantagem de simplificar as análises de adaptabilidade e estabilidade, permitindo ainda a realização de testes de significância.

Assim como a decomposição da média geral, os métodos de Carvalho et al. (2002) ofereceram informações para qual tipo de ambiente um genótipo pode ser indicado (Tabelas 5 e 6). Contudo, esses métodos não evidenciaram genótipos que, apesar de terem apresentado desempenhos inferiores à média geral, se destacaram em ambientes específicos, como os genótipos ACA 885 (2003/2004 e 2003), CF 17 (2001) e Milênio (2001), quanto a rendimento de grãos e ACA 885 (2003/2004 e 2003), GV 26043, CF 17 e VDH 93 (2001), quanto a rendimento de óleo (Tabelas 3 e 4).

As análises segundo o método de Carvalho et al. (2002) foram concordantes com o método de Eberhart & Russell (1966) em 67,25 e 63,79%, para rendimento de grãos e de óleo, respectivamente, quando considerado o índice 1/3N. Resultados semelhantes foram obtidos por Carvalho et al. (2002), avaliando linhagens de soja, sendo verificada similaridade de 72,1, 82 e 74,5%, para os grupos de maturação L, M e N, respectivamente. Neste trabalho, quando houve divergência entre eles, verificou-se que, para alguns genótipos, o método de Carvalho et al. (2002) foi similar ao IDMG, ao passo que, para outros genótipos, foi observada similaridade com o método de Eberhart & Russell (1966).

Uma crítica ao método de Carvalho et al. (2002) é que um genótipo pode ter média geral acima das testemunhas e apresentar adaptabilidade geral (desempenhos similares em MD e MF), mas ter

desempenho inferior ao das testemunhas em determinado tipo de ambiente. Isto pode ser verificado no ano 2001/2002, para rendimento de grãos do genótipo GV 26048 (Tabela 5). Outra limitação do método é quanto à possibilidade de dois genótipos apresentarem classificações diferentes, mesmo que a diferença entre suas médias, em valores absolutos, seja pequena. Contudo, a utilização do índice de 1/3N forneceu consistência ao método. Isto pode ser verificado pela sua razoável similaridade com o método de Eberhart & Russell (1966). Outros valores, como 1/4N, poderiam ter sido utilizados, entretanto foi verificado previamente que este não ocasionaria mudanças na avaliação da adaptabilidade. A similaridade entre os índices 1/3N e 1/4N foi de 90,87%. Contudo, o reduzido número de genótipos avaliados pode ter contribuído para essa porcentagem.

Resultados obtidos pelo método de Eberhart & Russell (1966) indicam que o genótipo Milênio, no ano 2001, para rendimento de óleo, apresentou adaptabilidade aos ambientes favoráveis ($\beta_1 > 1$) mas, pela análise da IDMG, percebe-se que a média, em ambos os ambientes, foi superior à média das testemunhas, sugerindo indicação geral (Tabelas 4 e 6). Resultados semelhantes foram observados para outros genótipos avaliados.

Apesar da melhor adequação do método da IDMG para indicação de genótipos a ambientes distintos ou gerais, as análises dos coeficientes e das variâncias dos desvios da regressão foram importantes, pois contribuíram com informações adicionais. Um genótipo pode, por exemplo, ter médias superiores à média das testemunhas em ambientes favoráveis e desfavoráveis,

Tabela 5. Decomposição da média geral e parâmetros de adaptabilidade e estabilidade do caráter rendimento de grãos (kg ha^{-1}) de genótipos de girassol, avaliados no ano/safra 2001/2002, com base no método de Carvalho et al. (2002)⁽¹⁾.

Genótipo	Rendimento de grãos (kg ha^{-1})						Adapt. (1/3N = 3)
	MG	MD	RMD	MF	RMF	RMD - RMF	
AG 960 (T)	1.817	1.453	3	2.035	6	-3	Desfavorável
CF 13	1.659	1.331	6	1.856	9	-3	Desfavorável
CF 17	1.922	1.378	4	2.248	4	0	Geral
Exp 792	1.762	1.248	7	2.070	5	2	Geral
GV 26043	1.688	1.167	8	2.001	7	1	Geral
GV 26048	2.150	1.557	2	2.506	2	0	Geral
M 734 (T)	2.248	1.753	1	2.545	1	0	Geral
VDH 488	1.657	1.140	9	1.968	8	1	Geral
VDH 93	1.939	1.365	5	2.284	3	2	Geral
Produtividade geral	1.871	1.377	-	2.168	-	-	-
Testemunhas	2.032	1.603	-	2.290	-	-	-

⁽¹⁾MG: média geral; MD: média nos ambientes desfavoráveis; RMD: ranqueamento do genótipo com base na MD; MF: média nos ambientes favoráveis; RMF: ranqueamento do genótipo com base na MF.

Tabela 6. Parâmetros de adaptabilidade (β_1), estabilidade (σ^2_d) e coeficiente de determinação (R^2) para rendimento de óleo de genótipos de girassol (kg ha^{-1}), obtidos através do método de Eberhart & Russell (1966), em 2001.

Genótipo	Rendimento de óleo (kg ha^{-1})			
	Média	β_1	σ^2_d	R^2
AG 966	860	1,09 ^{ns}	3.057,05 ^{ns}	92,40
CF 13	901	1,09 ^{ns}	-760,45 ^{ns}	97,02
CF 17	791	1,08 ^{ns}	8.918,28**	85,97
DK 4030	865	0,89 ^{ns}	12.736,90**	75,67
GH 12	855	1,27 ⁽¹⁾	2.115,16 ^{ns}	95,14
GV 26043	812	0,89 ^{ns}	-1.950,19 ^{ns}	97,88
HT 3	614	0,59 ⁽¹⁾	31.732,54**	38,66
M 734 (T)	821	0,86 ^{ns}	13.273,41**	74,02
MILENIO	894	1,27 ⁽¹⁾	14.251,54**	85,40
VDH 488	820	0,91 ^{ns}	8.669,51**	81,43
VDH 93	780	1,01 ^{ns}	4.819,55*	88,93

⁽¹⁾Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t. ^{ns}Não-significativo. * e **Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

ser indicado para os dois tipos de ambiente, mas apresentar diferenças na magnitude dessa superioridade. Assim, a análise de regressão pode fornecer informações sobre a resposta dos genótipos decorrente de variações ambientais.

Neste estudo, o genótipo Milênio, em 2001, apresentou rendimento de óleo 17,35% superior à média da testemunha nos ambientes favoráveis e apenas 0,4%, nos ambientes desfavoráveis, devendo ter indicação geral (Tabela 4). Contudo, a análise do coeficiente de regressão revelou que ele apresentou uma maior responsividade nos ambientes favoráveis ($\beta_1 > 1$) (Tabela 6). Essas informações indicam que o produtor pode cultivar o genótipo Milênio na safrinha nos dois ambientes, mas que a melhoria das condições ambientais (maior adubação, adequação da época de plantio, melhor controle fitossanitário) poderá trazer retornos econômicos, pois o genótipo apresentou alta responsividade ($\beta_1 > 1$) a essa melhoria. Por sua vez, o genótipo DK 4030 obteve indicação geral, mas com responsividade média ($\beta_1 = 1$) a melhoria das condições ambientais. Além do coeficiente de regressão, os parâmetros σ^2_d e R^2 utilizados no método de Eberhart & Russell (1966) possibilitaram realizar avaliações de estabilidade dos genótipos, verificando as oscilações dos componentes de rendimento frente às mudanças ambientais. O genótipo Milênio, mesmo apresentando σ^2_d significativo, teve R^2 alto e, portanto, pode ser considerado estável.

Conclusões

1. Entre os métodos avaliados, a análise da decomposição da média geral em médias de ambientes favoráveis e desfavoráveis (método da IDMG) é o mais adequado para a indicação de genótipos.
2. A análise de regressão, por caracterizar a responsividade e previsibilidade dos genótipos em relação às mudanças ambientais, contribui com informações adicionais à indicação de genótipos com base no método da IDMG.

Agradecimentos

Aos pesquisadores e instituições que avaliaram os ensaios de genótipos de girassol.

Referências

- ALLARD, R.W.; BRADSHAW, A.D. Implications of genotype-environment interaction in applied plant breeding. **Crop Science**, v.4, p.503-508, 1964.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 10 jan. 2006.
- CARNEIRO, P.C.S. **Novas metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade de comportamento**. 1998. 182p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- CARVALHO, C.G.P. de; ALMEIDA, C.M.V.C. de; CRUZ, C.D.; MACHADO, P.F.R. Hybrid cocoa tree adaptability and yield temporal stability in Rondônia State, Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.3, p.237-244, 2003.
- CARVALHO, C.G.P. de; ARIAS, C.A.A.; TOLEDO, J.F.F.; ALMEIDA, L.A. de; KIIHL, R.A.S.; OLIVEIRA, M.F. Adaptability and stability study of soybean lines developed for high yield in Paraná State using four methodologies. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.2, p.247-256, 2002.
- CONAB. **Acompanhamento da safra 2004/2005**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 15 nov. 2005.
- CRUZ, C.D. **Programa Genes**: versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2001. 648p.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1994. 390p.
- DE LA VEGA, A.J.; CHAPMAN, S.C. Defining sunflower selection strategies for a highly heterogeneous target population of environments. **Crop Science**, v.46, p.136-144, 2006.
- EBERHART, S.A.; RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v.6, p.36-40, 1966.
- LEITE, R.M.V.B. de C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. de. (Ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 641p.
- LIN, C.S.; BINNS, M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, v.68, p.193-198, 1988.

LU'QUEZ, J.E.; AGUIRREZÁBAL, L.A.N.; AGÜERO, M.E.; PEREYRA, V.R. Stability and adaptability of cultivars in non-balanced yield trials. Comparison of methods for selecting 'High Oleic' sunflower hybrids for grain yield and quality. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.188, p.225-234, 2002.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 11.ed. São Paulo: Nobel, 1985. 466p.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos; ZIMMERMANN, M.J. de O. **Genética quantitativa em plantas autógamas**: aplicações ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia: UFG, 1993. 271p.

Recebido em 9 de junho de 2006 e aprovado em 12 de março de 2007