



## Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja em Tocantins<sup>1</sup>

### *Adaptability and stability of soybean genotypes in Tocantins*

**Edmar Vinícius de Carvalho<sup>2\*</sup>, Joênes Muci Peluzio<sup>3</sup>, Weder Ferreira dos Santos<sup>4</sup>,  
Flávio Sérgio Afférris<sup>5</sup>, Michel Antônio Dotto<sup>6</sup>**

**Resumo** - Objetivou-se com este trabalho estudar a estabilidade fenotípica de cultivares de soja, quanto à produção de grãos, em oito ensaios, quatro na cidade de Gurupi-TO e, quatro na cidade de Palmas - TO, conduzidos durante os anos de 2008 a 2012. Os ensaios foram instalados com delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, e onze cultivares de soja. Foram utilizadas as metodologias de análise de estabilidade de Eberhart e Russell (1966), Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998), e Annicchiarico (1992) e também, as de Lin (1982) e Cruz e Castoldi (1991) nas análises de estratificação e dissimilaridade ambiental. A produção média das cultivares nos ensaios foi de 2.931 kg ha<sup>-1</sup> de grãos. O resultado da análise de variância conjunta mostrou efeitos significativos dos ambientes (ensaios) e da interação G x A, a qual foi predominantemente do tipo complexa para todos os pares de ensaios. O genótipo TMG 131 RR foi mais adequado em ambas as condições ambientais (desfavoráveis e favoráveis), tendendo para as desfavoráveis. E o genótipo TMG 132 RR para as favoráveis. As metodologias utilizadas, de modo geral, se completam e, quando usadas conjuntamente, podem aumentar a confiança quanto à classificação e indicação de cultivares de soja para determinados ambientes.

**Palavras chave** - Ambientes. Desfavoráveis. Favoráveis. *Glycine max*.

**Abstract** - This work had as its objective to study the phenotypic stability of soybean genotypes, the grain yield, in eight experiments, four in Gurupi-TO, and four in Palmas-TO, its conducted through 2008 to 2012. The experiments were done with completely randomized blocks, with four replications and eleven soybean genotypes. The following methods of stability were used: Eberhart and Russel (1966), Lin and Binns (1988) modified by Carneiro (1998), and Annicchiarico (1992). The methods of Lin (1982) and Cruz and Castoldi (1991) were used for the analysis of environmental stratification and dissimilarity. The average grain yield of the genotypes in the experiments was 2,931 kg ha<sup>-1</sup>. The result of analysis of variance had shown significant effects of the environments and the interaction of G x E, and this was predominant complex in all pairs of environments. The genotype TMG 131 RR was more appropriate for the two environmental conditions, favorable and unfavorable. The genotype TMG 132 RR was more appropriate for the favorable conditions. The methods used complete each one and, when they were used together can to increase the confidence in relation the classification and indication of soybean genotype for specific environments.

**Key words** - Environments. Favorable. *Glycine max*. Unfavorable.

\* Autor para correspondência

<sup>1</sup>Enviado para publicação em 05/02/2013 e aprovado em 08/07/2013

<sup>2</sup>Depto. de Fitotecnia da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Gurupi - TO, Brasil, carvalho.ev@uft.edu.br

<sup>3</sup>Depto. de Fitotecnia da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Palmas - TO, Brasil, joenesp@uft.edu.br

<sup>4</sup>Depto. de Fitotecnia da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Palmas - TO, Brasil, wedereira@hotmail.com

<sup>5</sup>Depto. de Fitotecnia da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Gurupi - TO, Brasil, flavio@uft.edu.br

<sup>6</sup>Depto. de Fitotecnia da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Gurupi - TO, Brasil, micheldotto@hotmail.com

## Introdução

O Estado do Tocantins apresenta áreas favoráveis ao cultivo da soja, com uma particularidade, podendo ser cultivada tanto no período de safra (novembro-dezembro), em terras altas, quanto no período de entressafra (maio-junho), em várzea irrigada (PELUZIO *et al.*, 2010). Condições de cultivo distintas, que podem promover grande interação entre o genótipo e o ambiente (PEREIRA *et al.*, 2010).

A recomendação de genótipos específicos para cada ambiente, a estratificação de uma área heterogênea em sub-regiões homogêneas e a identificação de genótipos com ampla adaptabilidade e estabilidade, tem sido as alternativas para atenuar o efeito da interação genótipos x ambientes (G x A) (GARBUGLIO *et al.*, 2007; PELUZIO *et al.*, 2012). Nesse sentido, os estudos de estabilidade fenotípica permitem sintetizar o enorme volume de informações obtido, caracterizando a capacidade produtiva, a adaptação às variações de ambiente e a estabilidade de genótipos (RAIZER; VENCOVSKY, 1999).

A escolha dos métodos de adaptabilidade e estabilidade dependem dos dados experimentais, número de ambientes, precisão exigida e tipo de informação desejada (CRUZ *et al.*, 2004). Dentre os métodos, o de Eberhart e Russell (1966) se baseia na regressão linear, o de Annicchiarico (1992) e o de Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) em análise não paramétrica, os quais segundo Bastos *et al.* (2007) são os critérios em que se baseiam as principais metodologias destes tipos de análises.

Pelo método de Eberhart e Russell (1966) a adaptabilidade é dada em função do coeficiente de regressão ( $b_1$ ) de modo que: quando  $b_1 = 1$ , os genótipos são de adaptabilidade ampla;  $b_1 > 1$ , os genótipos apresentam adaptabilidade específica a ambientes favoráveis e  $b_1 < 1$ , os genótipos são de adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis. A estabilidade está relacionada com a previsibilidade de comportamento dado pelo componente de variância devido aos desvios da regressão ( $\sigma^2d$ ), sendo estáveis quando  $\sigma^2d = 0$ , e pouco estáveis quando  $\sigma^2d \neq 0$ . Na metodologia de Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) o parâmetro de estabilidade é o desvio do desempenho máximo ou índice de superioridade ( $P_i$ ), o qual deve ser o menor possível. Já na de Annicchiarico (1992), o parâmetro de estabilidade é o índice de confiança  $W_i$ , onde o genótipo mais estável é aquele que apresentar valor superior a média ambiental,  $W_i > 100$ .

A caracterização da interação G x A é fator importante nos programas de melhoramento, uma vez que a mesma dificulta a detecção de diferenças significativas entre os genótipos (PELUZIO *et al.*, 2008). Segundo Cruz

*et al.* (2004), a interação entre G x A está associada a dois fatores: o primeiro, denominado simples, e proporcionado pela diferença entre genótipos; e o segundo, complexo, determinado pela ausência de correlação entre os genótipos. A metodologia de Cruz e Castoldi (1991) quantifica a participação destes dois fatores na interação G x A (PEREIRA *et al.*, 2010), onde agrupam-se os pares de ambientes cuja interação seja predominantemente de natureza simples e significativa (CRUZ; REGAZZI, 2007).

Outro método de agrupamento de ambientes, a metodologia do algoritmo de Lin (1982), consiste em estimar a soma de quadrados da interação entre cultivares e pares de ambientes, seguido do agrupamento daqueles ambientes cuja interação é não significativa. O método prossegue com a estimação da soma de quadrados entre genótipos e grupos de três ambientes, sendo empregado o teste F para se avaliar a possibilidade da formação do novo grupo (CRUZ; REGAZZI, 2007).

Assim, objetivou-se neste trabalho estudar a estabilidade fenotípica de cultivares de soja, quanto à produção de grãos, bem como a estratificação ambiental, em oito ensaios realizados na região Centro-Sul do Estado do Tocantins, nos períodos 2008 a 2012.

## Material e métodos

Foram realizados oito ensaios de competição de genótipos de soja, nos períodos 2008 a 2012, sendo quatro instalados no município de Gurupi – TO, Campus da Universidade Federal do Tocantins que tem altitude de 280 m (Latitude 11°43'S, Longitude 49°04'W) e quatro no município de Palmas – TO, Campus da Universidade Federal do Tocantins que tem altitude 220 m (Latitude 10°12'S, Longitude 48°21'W) os quais são respectivamente, Gurupi I (06/12/2008); Gurupi II (28/11/2009); Gurupi III (10/12/2010); Gurupi IV (10/12/2011); Palmas I (06/12/2008); Palmas II (20/11/2009); Palmas III (25/11/2010); Palmas IV (16/12/2011). Cada ensaio representou um ambiente distinto.

As características químicas do solo, amostrado à profundidade de 0-20 cm, no município de Gurupi - TO foram: 0,0 de  $Al^{+++}$  ( $mmol_c dm^{-3}$ ); 2,7 de  $Ca^{++}$  ( $mmol_c dm^{-3}$ ); 1,3 de  $Mg^{++}$  ( $mmol_c dm^{-3}$ ); 70,0 de  $K^+$  ( $mg dm^{-3}$ ); 11,3 de P ( $mg dm^{-3}$ ) e 6,0 de pH ( $H_2O$ ). Em Palmas - TO, as características foram: 0,0 de  $Al^{+++}$  ( $mmol_c dm^{-3}$ ); 2,3 de  $Ca^{++}$  ( $mmol_c dm^{-3}$ ); 1,2 de  $Mg^{++}$  ( $mmol_c dm^{-3}$ ); 60,0 de  $K^+$  ( $mg dm^{-3}$ ); 8,4 de P ( $mg dm^{-3}$ ) e 6,0 de pH ( $H_2O$ ). Os solos de Gurupi – TO e Palmas – TO são classificados como Latossolo Vermelho Amarelo com textura arenosa distrófica (SISTEMA..., 2006).

Os ensaios foram instalados com delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos constaram de onze genótipos de soja (M 8527 RR; P98Y51; P98Y70; TMG 131 RR; TMG 132 RR; TMG 133 RR; TMG 115 RR; M 8925 RR; M 9144RR; M 8867RR e M 9056). A unidade experimental foi composta por quatro fileiras de 5,0 m de comprimento, com espaçamento de 0,45 m entre fileiras, sendo a área útil da parcela de 3,6 m<sup>2</sup>, representada pelas duas fileiras centrais, eliminando-se 0,50 m da extremidade.

A adubação de sementeira, realizada após análise de solo e segundo exigências da cultura, foi de 400 kg ha<sup>-1</sup> do formulado NPK 05-25-15, sendo realizada, ainda, adubação em cobertura no estágio R<sub>2</sub> (Floração plena) com 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, utilizando como fonte cloreto de potássio. A densidade de sementeira foi realizada com o intuito de se obter 14 plantas por metro linear, sendo efetuado o desbaste, quando necessário, aos 10 dias após a emergência. Por andamento da sementeira, em cada ensaio, as sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*, sendo utilizado o produto Biomax® Premium Turfa – Soja (Estirpes 5079 e 5080), na dosagem de 60 g 50 kg<sup>-1</sup> de sementes de soja.

As plantas, de cada parcela experimental foram colhidas uma semana após terem apresentado 95% das vagens maduras, ou seja, no estágio R<sub>8</sub>. Após a colheita, as plantas foram trilhadas e as sementes pesadas, após estarem secas (12% de umidade) e limpas, para a determinação da produção de grãos.

Foi realizada análise de variância individual e, posteriormente, a análise conjunta dos ensaios. Na análise conjunta, avaliou-se primeiramente a homogeneidade das variâncias residuais dos experimentos (Qm<sub>R</sub>), verificada pela razão entre o maior e menor quadrado médio residual dos ensaios que deverá ser inferior a sete. Posteriormente, foram realizadas as análises de adaptabilidade e estabilidade, com o auxílio do software computacional Genes (CRUZ, 2001), segundo os métodos de Eberhart e Russell (1966), Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998), e Annicchiarico (1992), e as médias dos genótipos e ambientes comparados pelo teste de Scott e Knott (1974) a 5% de probabilidade.

Realizou-se, ainda, a análise de estratificação ambiental segundo o método de agrupamento de ambientes com base no algoritmo de Lin (1982), que consiste em estimar a soma de quadrado para a interação entre genótipos e pares de ambientes e, posteriormente, agrupar aqueles ambientes cuja interação é não significativa. Foram estimadas também a fração simples e a complexa da interação genótipo e ambiente, de acordo com o método de Cruz e Castoldi (1991) e, a correlação de Pearson entre os pares de ambientes avaliados.

## Resultados e discussão

As análises de variância individuais da produção de grãos (Tabela 1) mostraram efeito significativo dos genótipos nos ambientes Gurupi I, Gurupi II, Palmas I, Gurupi III e Palmas IV, e não significativo, nos ambientes Palmas I, Palmas III e Gurupi IV. Os coeficientes de variação (CV) variaram de baixo (6,9% em Palmas IV) a alto (21,6% em Gurupi IV).

**Tabela 1** - Produção média de grãos (Média), variância dos tratamentos (Qm<sub>Treat</sub>), variância residual (Qm<sub>R</sub>) e coeficiente de variação (Cv) de ensaios de competição de genótipos de soja em oito ambientes, nos municípios de Gurupi e Palmas – TO, períodos 2008 a 2012

Ambientes	Média (kg ha <sup>-1</sup> )	Qm <sub>Treat</sub>	Qm <sub>R</sub>	CV (%)
Gurupi I	2.407	623.777*	191.719	18,2
Palmas I	3.075	377.275 <sup>ns</sup>	311.948	18,2
Gurupi II	3.225	725.861*	298.408	16,9
Palmas II	2.495	405.723*	180.928	17,0
Gurupi III	2.451	569.098*	82.276	11,7
Palmas III	3.876	211.532 <sup>ns</sup>	101.503	8,2
Gurupi IV	2.605	1.503.094 <sup>ns</sup>	316.032	21,6
Palmas IV	3.316	292.560*	52.453	6,9

<sup>ns</sup>, \* = não significativo e significativo, respectivamente, a 5% de probabilidade pelo teste F; Ambientes: Gurupi I (06/12/2008); Gurupi II (28/11/2009); Gurupi III (10/12/2010); Gurupi IV (10/12/2011); Palmas I (06/12/2008); Palmas II (20/11/2009); Palmas III (25/11/2010); Palmas IV (16/12/2011).

A produção média dos experimentos foi de 2.931 kg ha<sup>-1</sup> de grãos, resultado próximo ao observado por Peluzio *et al.* (2012), que avaliando genótipos de soja no Estado do Tocantins, em oito experimentos na safra 2002/2003, encontraram média de 2.809 kg ha<sup>-1</sup>.

Ambiente favorável é aquele que permite média de produção dos genótipos acima da média geral de todos os ensaios, resultando, em índices positivos. Desta forma, foram caracterizados como tais, os ambientes, Palmas III com 3.876 kg ha<sup>-1</sup>, Palmas IV, 3.316 kg ha<sup>-1</sup>, Gurupi II, 3.225 kg ha<sup>-1</sup> e Palmas I, 3.075 kg ha<sup>-1</sup>, que, ainda apresentaram valores superiores a média do Estado do Tocantins, que na safra 2009/2010 foi de 2.927 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2011). Provavelmente, melhores ambientes estão associados às épocas de plantios com distribuição regular das chuvas durante as fases vegetativas e reprodutivas, resultando em um melhor desempenho dos cultivares. Esses resultados estão em concordância com os obtidos por Barros *et al.* (2003) e Peluzio *et al.* (2005), que verificaram o efeito de

épocas de plantio no comportamento de cultivares de soja no Estado do Tocantins.

A razão entre a maior e menor variância residual das análises individuais foi de seis (Tabela 2), isto possibilita a análise conjunta dos dados, demonstrando que há homogeneidade das variâncias residuais (PIMENTEL-GOMES, 1990).

**Tabela 2** - Resumo da análise de variância conjunta para produção de grãos (Kg ha<sup>-1</sup>), de genótipos de soja, relação entre a maior e a menor variância residual entre os ensaios (QMR+/QMR-), nos municípios de Gurupi e Palmas - TO, períodos 2008 a 2012

Fonte de variação	Gl	Quadrado médio
Bloco/Ambientes	16	522.945
Ambientes (A)	7	9.194.529*
Genótipos (G)	10	689.554 <sup>ns</sup>
Interação G x A	70	574.195*
Resíduo	160	191.908
CV (%)	14,94	
Média (kg ha <sup>-1</sup> )	2.931	
QMR+/QMR-	6,0	

ns,\* = não significativo e significativo, respectivamente, a 5% de probabilidade pelo teste F. Gl = graus de liberdade.

O resultado da análise de variância conjunta mostrou efeitos significativos dos ambientes e da interação G x A, a qual foi do tipo complexa para os pares de ambientes (Tabela 3), o que revela inconsistência de classificação dos genótipos com a variação ambiental, justificando estudos de adaptabilidade e estabilidade e de agrupamento de ambientes, conforme relatam Peluzio *et al.* (2005) e Mendonça *et al.* (2007).

Da mesma maneira, Peluzio *et al.* (2010) também observaram efeito significativo na interação G x A avaliando genótipos de soja no Estado do Tocantins na entressafra 2007. A significância da interação indica que os efeitos dos G x A não explicam toda a variação encontrada na produção de grãos e que ocorreu um comportamento diferencial dos genótipos nos ambientes, dificultando com isso a recomendação de genótipos (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992). Dessa forma, faz-se diante à necessidade de atenuar-se o efeito da interação, para fins de identificar os genótipos adaptados e estáveis fenotipicamente.

Os genótipos M 9144 RR e M 8527 RR alcançaram as maiores médias de produção (3.291 e 3.050 kg ha<sup>-1</sup>), sem, contudo, diferirem significativamente das médias

dos demais genótipos, ao nível de 5% de significância pelo teste de Scott e Knott (1974) (Tabela 4).

A média mais baixa de produção foi obtida pelo genótipo M 8867 RR (2.622 kg ha<sup>-1</sup>), ou seja, uma diferença de 25% de produção entre o genótipo que teve o maior e o menor valor numérico de produção. O aumento de produção e da área plantada é obtido em função da tecnologia utilizada, especialmente, o uso de sementes de qualidade que é indispensável para o sucesso de qualquer lavoura produtora de grãos e sementes (LOPES *et al.*, 2002; FINOTO, *et al.*, 2011).

De acordo com a metodologia de Eberhart e Russell (1966), o genótipo ideal é aquele que apresenta produção superior a média geral, resposta positiva à melhoria das condições ambientais ( $\beta_1 > 1$ ) e comportamento previsível ( $\sigma^2d = 0$ ).

Os genótipos M 9144 RR, M 8527 RR, TGM 133 RR, TMG 131 RR e M 8925 RR apresentaram coeficiente de regressão estatisticamente igual à unidade ( $\beta_1 = 1$ ), alta capacidade produtiva (superior à média geral), onde desses, os genótipos TMG 131 RR e M 8925 RR apresentaram desvios de regressão não significativos ( $\sigma^2d = 0$ ), demonstrando ampla adaptação e previsibilidade de comportamento (Tabela 4). São genótipos capazes de responder de maneira satisfatória à melhoria do ambiente e de apresentar alta capacidade produtiva em condições ambientais adversas, ambientes favoráveis e desfavoráveis, respectivamente. Resultado que está em conformidade com o obtido por Peluzio *et al.* (2008).

Os genótipos P98Y51, M 8867 RR e TMG 115 RR apresentaram coeficiente de regressão igual à unidade ( $\beta_1 = 1$ ) e produção inferior a média geral, o que possibilitou classificá-los como pouco adaptados aos ambientes. Desses, apenas P98Y51 apresentou comportamento estável ( $\sigma^2d = 0$ ).

Os genótipos TMG 132 RR e P98Y70 obtiveram coeficiente de regressão superior à unidade ( $\beta_1 > 1$ ), contudo, somente o genótipo TGM 132 RR alcançou produção superior à média geral, entretanto com desvio da regressão significativo ( $\sigma^2d \neq 0$ ), evidenciando adaptação a ambientes favoráveis e baixa previsibilidade de comportamento.

O genótipo M 9056 RR apresentou coeficiente de regressão inferior à unidade ( $\beta_1 < 1$ ), baixa produção média (inferior à média geral) e desvio da regressão significativo ( $\sigma^2d \neq 0$ ), demonstrando baixa adaptação aos ambientes desfavoráveis e baixa previsibilidade de comportamento.

A metodologia de Lin e Binns (1988) baseia-se na estimativa do parâmetro  $P_p$ , que mede o desvio do caráter estudado de um genótipo em relação ao máximo em cada ambiente. Carneiro (1998) propôs uma melhoria do método

**Tabela 3** – Porcentagem da parte complexa (acima da diagonal) resultante da decomposição da interação entre cultivares e pares de ambientes e correlações entre médias de cultivares (abaixo da diagonal), nos ensaios de competição de cultivares de soja em oito ambientes, no Estado do Tocantins, períodos 2008 a 2012

Local/ Ensaio	Data de Plantio	G		G		P		P	
		06/12/2008	28/11/2009	10/12/2010	10/12/2011	06/12/2008	20/11/2009	25/11/2010	16/12/2011
		1	2	3	4	5	6	7	8
G	1		95,3	85,8	72,0	119,9*	80,0	78,9	75,4
G	2	0,03		92,9	101,8*	127,9*	69,1	60,8	89,6
G	3	0,26	0,04		105,9*	110,3*	98,2	70,8	104,6
G	4	0,44	-0,04	-0,20		107,2*	103,6*	90,7	106,2
P	5	-0,44	-0,68	-0,23	-0,18		102,1*	90,2	103,4*
P	6	0,12	0,44	-0,28	-0,17	-0,26		64,9	53,1
P	7	0,21	0,31	0,38	-0,16	-0,02	0,01		58,0
P	8	0,31	0,18	-0,28	-0,15	-0,17	0,69	0,26	

G – Gurupi; P – Palmas; \* valores superiores a 100% indicam correlações negativas entre as médias dos cultivares em dois ambientes.

**Tabela 4** - Produção de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) de 11 genótipos de soja e estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade pelos métodos de Eberhart e Russel (1966) -  $\beta_1$  e  $\sigma^2d$ , de Lin e Binns (1988), modificado por Carneiro (1998) -  $P_i$ ,  $P_{if}$  e  $P_{id}$ , e de Annicchiarico (1992) -  $W_i$ ,  $W_{if}$ ,  $W_{id}$ , avaliados em oito ambientes no Estado do Tocantins, períodos 2008 a 2012

Genótipo	Média	( $\beta_1$ ) <sup>3</sup>	( $\sigma^2d$ ) <sup>3</sup>	$P_i$ <sup>1</sup>	$P_{if}$ <sup>1</sup>	$P_{id}$ <sup>1</sup>	$W_i$ <sup>2</sup>	$W_{if}$ <sup>2</sup>	$W_{id}$ <sup>2</sup>
M 8527 RR	3.050	1,19	2,20*	3,22	0,90	5,54	98,2	105,2	91,8
P98Y51	2.883	1,13	1,50*	4,70	3,72	5,69	94,1	94,5	93,1
TMG 131 RR	2.991	0,69	0,07ns	2,55	2,78	2,32	100,1	93,1	108,8
TMG 132 RR	2.937	1,39*	0,96*	3,16	0,80	5,52	95,0	104,1	87,3
TMG 133 RR	2.976	1,02	1,33*	2,51	1,78	3,25	97,1	99,0	95,2
M 8867 RR	2.622	0,94	0,36ns	5,79	0,36	8,00	86,1	89,9	82,6
P98Y70	2.744	1,47*	1,31*	6,60	2,35	10,84	87,4	97,8	78,1
TMG 115 RR	2.905	0,80	-0,04ns	3,14	3,08	3,21	97,2	93,4	101,4
M 8925RR	2.971	0,90	0,37ns	3,53	2,64	4,42	98,7	95,8	101,9
M 9056 RR	2.876	0,60*	1,39*	4,80	3,04	6,57	94,5	91,1	98,2
M 9144 RR	3.291	0,87	3,38*	0,79	0,58	1,00	106,7	106,2	107,7
Média	2.931								

<sup>1</sup>  $P_i$  = índice  $P_i$ ;  $P_{if}$  = adaptação a ambientes favoráveis;  $P_{id}$  = adaptação a ambientes desfavoráveis; valores em  $\times 10^5$ . <sup>2</sup>  $W_i$  = índice  $W_i$ ;  $W_{if}$  = adaptação a ambientes favoráveis;  $W_{id}$  = adaptação a ambientes desfavoráveis; valores em  $\times 10^5$ . <sup>3</sup> Coeficiente e desvio da regressão (valor em  $\times 10^5$ ) da metodologia de Eberhart e Russell (1966). \* = significativamente diferente a 5% de probabilidade, pelo teste F; ns = não-significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

a fim de torná-lo capaz de determinar o comportamento dos genótipos em ambientes específicos: favoráveis e desfavoráveis, onde o genótipo ideal é aquele com média alta e menor valor de  $P_i$  em relação aos demais. Pereira *et al.* (2009) relatam umas das vantagens da utilização deste método, que é a possibilidade de recomendar imediatamente os genótipos que são mais estáveis.

Pelo parâmetro  $P_i$ , o genótipo que teve maior estabilidade/adaptação, considerando ambientes

favoráveis e desfavoráveis, foi o M 9144 RR (Tabela 4), em concordância com o obtido pela metodologia de Eberhart e Russell (1966) quanto ao parâmetro de adaptabilidade, em que este genótipo teve  $\beta_1 = 1$  (Tabela 4).

Os genótipos M 8527 RR, TMG 132 RR e M 9144 RR foram o mais estáveis/adaptados a ambientes favoráveis, aqueles que são caracterizados por empregar alto índice tecnológico, ressalta-se, ainda, que o genótipo TMG 132 RR também obteve mesma classificação quanto

ao parâmetro de adaptabilidade pela metodologia de Eberhart e Russell (1966). Nos ambientes desfavoráveis, merecem destaque os genótipos TMG 131 RR, TMG 133 RR e M 9144 RR.

Pelo método proposto por Annicchiarico (1992), a estabilidade é medida pela superioridade do genótipo em relação à média de cada ambiente (Tabela 4) e é baseada na estimação de um índice de confiança ( $W_p$ ).

Pela metodologia de Annicchiarico (1992), o genótipo M 9144 RR pode ser recomendado para amplas condições ambientais, uma vez que apresentou índice de confiança superior a 100%. Nos ambientes favoráveis, os genótipos M 8527 RR, TMG 132 RR e M 9144 RR foram os que apresentaram  $W_{ir}$  superior a 100%. Por outro lado, nos ambientes classificados como desfavoráveis, os genótipos mais estáveis, ou seja, com índice de confiança  $W_{id}$  acima de 100%, foram TMG 131 RR, TMG 115 RR, M 8925 RR e M 9144 RR.

Os resultados da metodologia de Lin e Binns (1988) modificada por Carneiro (1998) e Annicchiarico (1992) foram similares, o que está em consonância com aqueles resultados obtidos por Silva e Duarte (2006), Cargnelutti Filho *et al.* (2007) e Barros *et al.* (2010) quanto a similaridade na recomendação dos genótipos destas metodologias.

Os procedimentos de estratificação ambiental são feitos para verificar se informações geradas em diferentes locais de avaliação são complementares ou redundantes (PEREIRA *et al.*, 2010). O agrupamento dos ambientes com base no algoritmo de Lin (1982), que é baseada na significância da interação G x A, para a produção de grãos, encontra-se na Tabela 5.

Pode ser observada a formação de somente um grupo, o qual é representado pelos quatro ambientes de Palmas (06/12/08, 20/11/09, 25/11/10 e 16/12/11) que se apresentaram como estatisticamente similares. Neste sentido, nos ensaios realizados em Palmas, as variações ambientais na interação genótipo x ambiente foram

**Tabela 5** - Agrupamento dos ambientes, pelo método de Lin (1982), de avaliação de cultivares de soja, baseado na produção de grãos, no Estado do Tocantins, períodos 2008 a 2012

Grupo	Ambientes Estratificação ambiental
I	Palmas I (06/12/08)
	Palmas II (20/11/09)
	Palmas III (25/11/10)
	Palmas IV (16/12/11)

predominantemente de ordem simples, ou seja, devido apenas às diferenças na variabilidade genética dentro de ambientes e que corresponde as mudanças nas magnitudes das diferenças entre os genótipos. Assim, nesses ensaios, houve alta correlação genética entre o comportamento dos genótipos, indicando não haver alteração na ordem de classificação dos genótipos.

A utilização de três ou mais métodos simultaneamente para confirmar o agrupamento dos ambientes foi observada nos trabalhos de Garbuglio *et al.* (2007), Pereira *et al.* (2010), Ribeiro e Almeida (2011), os quais além de utilizarem o método tradicional, baseado em Lin (1982), estimaram a fração complexa da G x A de acordo com o método de Cruz e Castoldi (1991) e a correlação de Pearson entre os ambientes.

Na decomposição da interação G x A, em todos os pares de ambientes prevaleceu a do tipo complexa, com 100% das combinações desse tipo (Tabela 3). Resultado semelhante ao observado por Mendonça *et al.* (2007), que em 15 ambientes (safra e locais) na avaliação de genótipos de soja encontraram 92% da G x A do tipo complexa. Estes resultados demonstram a necessidade de condução de ensaios de avaliações de genótipos de soja em ambos os municípios (Gurupi e Palmas-TO) ou seja, em diversas condições ambientais, conforme relatam Pereira *et al.* (2010), Barros *et al.* (2003) e Peluzio *et al.* (2012).

## Conclusões

O genótipo TMG 131 RR é o mais adequado para as condições ambientais dos municípios de Gurupi e Palmas no Estado de Tocantins, tendendo para as desfavoráveis. E o genótipo TMG 132 RR para as favoráveis.

As metodologias utilizadas, de modo geral, se completam e, quando usadas conjuntamente, podem aumentar a confiança quanto à classificação e indicação de cultivares de soja para determinados ambientes.

A condução dos ensaios de avaliações de genótipos de sojas nos dois municípios é necessária.

## Agradecimentos

Ao Grupo de Melhoramento de Plantas da Universidade Federal do Tocantins, coordenado pelo Professor Dr. Joenes Mucci Peluzio.

A Universidade Federal do Tocantins, pela cessão da área experimental e de funcionários de campo.

Ao PNPd/CAPES, pela disponibilidade de recursos financeiros.

## Literatura científica citada

- ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Breeding**, v. 46, n. 1, p. 269-278, 1992.
- BARROS, H. B.; PELUZIO, J. M.; SANTOS, M. M.; BRITO, E. L.; ALMEIDA, R. D. Efeito das épocas de semeadura no comportamento de cultivares de soja no Sul do Estado do Tocantins. **Revista Ceres**, v. 3, n. 2, p. 37-38, 2003.
- BARROS, H. B.; SEDIYAMA, T.; TEXEIRA, R. C.; FIDELIS, R. R.; CRUZ, C. D.; REIS, M. S. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja avaliados no estado do Mato Grosso. **Revista Ceres**, v. 57, n. 3, p. 359-366, 2010.
- BASTOS, I. T.; BARBOSA, M. H. P.; RESENDE, M. D. V.; PETERNELLI, L. A.; SILVEIRA, L. C. I.; DONDA, L. R.; FORTUNATO, A. A.; COSTA, P. M. A.; FIGUEIREDO, I. C. R. Avaliação da interação genótipo x ambiente em cana-de-açúcar via modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 4, p.195-203, 2007.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; PERECIN, D.; MALHEIROS, E. B.; GUADAGNIN, J. P. Comparação de métodos de adaptabilidade e estabilidade relacionados à produtividade de grãos de cultivares de milho. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p.571-578, 2007.
- CARNEIRO, P. C. S. **Novas metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade de comportamento**. 1998. 168 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.
- CONAB. Indicadores de Produção Agrícola. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_201107.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201107.pdf). Acesso em: 18 jun. 2012.
- CRUZ, C.D.; CASTOLDI, F.L. Decomposição da interação genótipo x ambientes em partes simples e complexa. **Revista Ceres**, v. 38, n. 219, p. 422-430, 1991.
- CRUZ, C. D. **Programa GENES - Aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa, MG: UFV, 2001. 542p.
- CRUZ, A. J. G.; PAN, T.; GIORDANO, R. C.; ARAUJO, M. L. G. C.; HOKKA, C. O. Cephalosporin production by immobilized *Cephalosporium Acremonium* cells in a repeated batch tower bioreactor. **Biotechnology and Bioengineering**, v.85, n. 1, p. 96-102, 2004.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 2007, 480p.
- EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v. 6, n. 1, p.36-40, 1966.
- FINOTO, E. L.; CARREGA, W. C.; SEDIYAMA, T.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; CECON, P. R.; REIS, M. S.; Efeito da aplicação de fungicida sobre caracteres agrônômicos e severidade das doenças de final de ciclo na cultura da soja. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 5, n. 1, p. 44-49, 2011.
- GARBUGLIO, D. G.; GERAGE, A. C.; ARAUJO, P. M.; JUNIRO, N. S. F.; SHIOGA, P. S. Análise de fatores e regressão bissegmentada em estudos de estratificação ambiental e adaptabilidade em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n.2, p. 183-191, 2007.
- LIN, C. S. Grouping genotypes by cluster method directly related to genotype-environment interaction mean square. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 62, n. 3, p. 277-280, 1982.
- LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivars x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 68, n. 1, p. 193-198, 1988.
- LOPES, A. C. A.; VELLO, N. A.; PANDIN, F. I.; ROCHA, M. M.; TSUTSUMI, C. Y. Variabilidade e correlações entre caracteres em cruzamentos de soja. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 341-348, 2002.
- MENDONÇA, O.; CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; GARBUGLIO, D. D.; FONSECA JÚNIOR, N. S. Análise de fatores e estratificação ambiental na avaliação da adaptabilidade e estabilidade em soja. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 42, n. 11, p. 1567-1575, 2007.
- PELUZIO, J. M.; ALMEIDA JÚNIOR, D.; FRANSCISCO, E. R.; FIDELIS, R. R.; RICHTER, L. H. M.; RICHTER, C. A. M.; BARBOSA, V. S. Comportamento de cultivares de soja no Sul do Estado do Tocantins. **Bioscience Journal**, v. 21, n. 3, p. 113-117, 2005.
- PELUZIO, J. M. FIDELIS, R. R.; GIONGO, P. R.; SILVA, J. C. da; CAPPELLARI, D.; BARROS, H. B. Análise de regressão e componentes principais para estudo da adaptabilidade e estabilidade em soja. **Scientia Agrária**, v. 9, n. 4, p. 455-462, 2008.
- PELUZIO, J. M.; AFFÉRI, F. S.; MONTEIRO, F. J. F.; MELO, A. V.; PIMENTA, R. S. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em várzea irrigada no Tocantins. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 3, p. 427-434, 2010.
- PELUZIO, J. M.; GEROMINNI, G. D.; SILVA, J. P. A.; AFFÉRI, F. S.; VENDRUSCOLO, J. B. G. Estratificação e dissimilaridade ambiental para avaliação de cultivares de soja no Estado do Tocantins. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 3, p. 332-337, 2012.
- PEREIRA, H. S.; MELHO, L. C.; FARIA, L. C.; DEL PELOSO, M. J.; COSTA, J. G. C.; RAVA, C. A.; WENDDLAND, A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum com grãos tipo carioca na Região Central do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 1, p. 29-37, 2009.
- PEREIRA, H. S.; MELO, L. C.; FARIA, L. C. de; DEL PELOSO, M. J.; WENDDLAND, A. Estratificação ambiental na avaliação de genótipos de feijoeiro-comum tipo Carioca em Goiás e no Distrito Federal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 6, p. 554-562, 2010.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 13. ed. São Paulo: Nobel, 1990. 468p.

RAIZER, A. J.; VENCOVSKY, R. Estabilidade fenotípica de novas variedades de cana-de-açúcar para o estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 12, p. 2241-2246, 1999.

RIBEIRO, J. Z.; ALMEIDA, M. I. M. Estratificação ambiental pela análise da interação genótipo x ambiente em milho. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 46, n. 8, p. 875-883, 2011.

SISTEMA **Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, n. 2, p. 507-512, 1974.

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.

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