Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja para produtividade de óleo nos grãos

Adaptability and stability of soybean cultivars for oil production in grain

Fábio Josias Freitas Monteiro[1]; Joênes Muci Peluzio[2]; Flávio Sérgio Afférri[3]; Edmar Vinicius de Carvalho[2]; Weder Ferreira dos Santos[2]

[1] Universidade Federal do Ceará (UFC), Rua Badejós, Lote 7, Chácaras 69/72, Zona Rural, Caixa.postal 66, CEP: 77402-970, Gurupi-Tocantins; carvalho.ev@uft.edu.br
[2] Universidade Federa do Tocantins (UFT)
[3] Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

Recebido em: 01/02/2015 Aceito em:28/09/2016

Resumo. Diversas pesquisas relatam estudos da interação genótipo *x* ambiente na cultura da soja para a produção de grãos, sendo poucos os trabalhos, do mesmo tema, quanto a produtividade de oléo dos cultivares. Assim, o trabalho teve como objetivo avaliar a adaptabilidade e estabilidade de onze cultivares de soja em cinco ambientes no Estado de Tocantins, quanto a produtividade de oléo nos grãos. Os ensaios foram realizados nas safras 2008/09 e 2009/10, nos municípios de Palmas e Gurupi-TO. O delineamento experimental utilizado em cada ensaio foi de blocos ao acaso com quatro repetições. A determinação do percentual de óleo foi realizada através do método Soxhlet, e após esta, foi determinada a produtividade de óleo (kg ha^{-1}). A análise de variância conjunta indicou interação significativa entre cultivar e ambiente. Na análise de estabilidade e adaptabilidade dos genótipos, foram utilizadas as metodologias de Eberhart & Russell (1966) e de Lin & Binns (1988) modificado por Carneiro (1998), com cinco genótipos apresentando mesma classificação pelas duas metodologias e seis genótipos, resultados diferentes. Os cultivares adaptados aos ambientes favoráveis e desfavoráveis, quanto a produtividade de óleo nos grãos, foram: BR/ENGOPA314, P98Y51 e M8766RR.

Palavras-chave: Biocombustíveis, *Glycine max*, interação genótipo *x* ambiente, Tocantins

Abstract. There were a lot of researches about the genotype *x* environment interaction in the soybean for grain yield. However, the papers with oil yield were uncommon. This work had the aim to evaluate the adaptability and stability of eleven soybean genotypes in five environments at Tocantins State for yield oil of grain. The experiments were realized in the seasons 2008/09 and 2009/10 at the Palmas and Gurupi-TO. The experimental design was a randomized complete block with four repetitions, at each experiment. The oil percent determination was realized by Soxhlet method, and after it, it was determined the yield oil (kg ha^{-1}). The analysis of variance had shown significance between genotype and environment interaction. The method by Eberhart & Russell (1966) and the method by Lin & Binns (1988) modified by Carneiro (1998) were used to evaluate stability and adaptability of the genotypes. Five genotypes had shown the same classification for both methods and six genotypes had shown different results. The genotypes BR/ENGOPA314, P98Y51 e M8766RR were the most adapted for the favorable and unfavorable environments.

Key words: Biofuels, genotype and environment interaction, *Glycine max*, Tocantins

Introdução

O grão de soja contém, em média, 40% de proteína, 20% de óleo, 34% de carboidratos e 5% de minerais (Embrapa, 2011). Além de ser fonte de proteínas e de óleo, é rico em minerais como ferro, cálcio, fósforo, potássio e vitaminas do complexo B (Gavioli et al., 2012).

Quando cultivada em diferentes ambientes, a composição química do grão de soja pode apresentar variações (Barbosa et al., 2011), em função da interação entre o genótipo e o ambiente, o que pode causar reflexos no rendimento industrial (Sbardelotto & Leandro, 2008). Além dessa alteração, a mudança do ambiente pode promover variação na herdabilidade do atributo estudado, em que no teor do óleo são relatados

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

valores de 0.41 a 0.83 (Pinheiro et al., 2013).

No Estado do Tocantins, a disponibilidade de terras, a preços acessíveis, e a logística de escoamento, através da BR153 e ferrovia Norte-Sul, são fatores estratégicos quanto ao mercado de commodities, entre outras atividades (Peluzio et al., 2010; Cancellier et al., 2012). Nesse aspecto, a soja lidera o ranking das exportações tocantinenses e a lista em opções de investimentos, sendo a terceira cultura em termos de participação no valor bruto da produção (Embrapa, 2011). Entretanto, são escassos estudos sobre a produtividade de óleo de soja em diferentes ambientes no Estado e, seus respectivos estudos de adaptabilidade e estabilidade.

Alternativas para atenuar o efeito da interação genótipo *x* ambiente, em geral, envolvem a estratificação de uma área heterogênea em sub-regiões homogêneas, a recomendação de genótipos específicos para cada ambiente, e a identificação de genótipos com ampla adaptabilidade e estabilidade (Peluzio et al., 2012). A vantagem desses estudos é poder caracterizar a capacidade produtiva, a adaptação às variações do ambiente e a estabilidade de genótipos por meio da sintetização de grande volume de informações obtidas de experimentos em ambientes distintos (Raizer & Vencovsky, 1999).

Existem vários métodos de análise da adaptabilidade e estabilidade na avaliação de genótipos, os quais são testados em diversos ambientes representativos dos locais de recomendação dos genótipos e que apresentem interação significativa com os mesmos. O método a ser escolhido tem relação com os dados experimentais, número de ambientes disponíveis, precisão requerida e do tipo de informação desejada (Cruz et al., 2012). Os que se baseiam na análise de variância, regressão linear, regressão não-linear, análises multivariadas e estatísticas não paramétricas são tidos como os mais utilizados (Bastos et al., 2007).

Com a hipótese de que a produtividade de óleo dos cultivares tenha influência do ambiente, o presente estudo foi realizado com o intuito de avaliar o comportamento de genótipos para o caráter produtividade de óleo em diferentes ambientes no Estado do Tocantins.

Material e métodos

Foram realizados cinco ensaios de competição de cultivares de soja, nos anos agrícolas 2008/09 e 2009/10, sendo três no município de Palmas – TO (220 m; 10°12’ S; 48°21’ W) e dois no município de Gurupi – TO (280 m; 11º43’ S; 49º04’ W). As datas de semeadura, com seus respectivos locais, foram: Palmas I (30/11/2008); Palmas II (16/12/2008); Palmas III (04/12/2009), Gurupi I (03/12/2008); Gurupi II (05/01/2009); em que cada ensaio representou um ambiente distinto.

Os experimentos foram instalados no delineamento em blocos completos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos constaram de onze cultivares de soja: P98Y70; M8766RR; M9144RR; BR/EMGOPA314; P98R91; P98Y51; P99R01; M8867RR; M9056RR; M8527RR e M9350. 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, 3.6 m², representada pelas duas fileiras centrais, eliminando-se 0.50 m da extremidade. A adubação foi realizada segundo as exigências da cultura, após prévia análise química do solo.

A densidade de semeadura foi realizada com o intuito de se obter 14 plantas por metro linear. Na semeadura de cada ensaio, as sementes foram inoculadas com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* (SEMIA 5079 e SEMIA 5080) com uma dose de 60 gramas para cada 50 kg de sementes.

As plantas, de cada parcela experimental, foram colhidas uma semana após terem apresentado 95% das vagens maduras. Após a colheita, as plantas foram trilhadas e as sementes pesadas, após estarem secas (12% de umidade) e limpas, para a determinação do percentual de óleo através do método Soxhlet de acordo com a metodologia proposta pelo Instituto Adolf Lutz (IAL, 2005), que foi usada para determinar a produtividade de óleo (kg ha^{-1}).

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_R), verificada pela razão entre o maior e menor quadrado médio residual dos ensaios, que foi menor que sete. No modelo estatístico, para a análise conjunta, considerou-se fixo o efeito da cultivar e os demais aleatórios, de acordo com os procedimentos apresentados por Cruz et al. (2012). A análise de adaptabilidade e estabilidade foi realizada segundo os métodos de

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Eberhart & Russell (1966) e Lin & Bins (1988) modificado por Carneiro (1998) com uso do programa Genes (Cruz, 2013).

Resultados e discussão

A análise de variância (dados não mostrados) indicou a existência de interação significativa entre cultivares e ambientes ($p < 0.05$), revelando comportamento diferencial dos cultivares nos ambientes. Barbosa et al. (2011) ao avaliarem o efeito de épocas de semeadura no comportamento de cultivares de soja no Estado do Tocantins, nas características teor e produtividade de óleo, também observaram a ocorrência significativa de interação cultivar *x* ambiente. Segundo Di Mauro et al. (2000) as causas dessa interação estão relacionadas aos fatores genéticos-fisiológicos e adaptativos dos cultivares.

A produtividade de óleo dos cultivares, da presente pesquisa, apresentou valor médio de 634 kg ha^{-1}, com uma variação de 552 a 718 kg ha^{-1} (Tabela 1). Resultados, estes, que se situam próximos aos encontrados por diversos autores em outras regiões/condições de cultivo com o uso de genótipos diferentes, como, por exemplo: Ávila et al. (2007) que encontraram produtividade de óleo de 444 a 637 kg ha^{-1}, na avaliação de seis cultivares comerciais de soja em dois municípios no Estado do Paraná (safra 2004/05); Minuzzi et al. (2009) cujo valores situaram entre 640 e 749 kg ha^{-1}, no estudo de quatro cultivares em dois municípios do Estado do Mato Grosso do Sul (safra 2005/06) e; por Pinheiro et al. (2013) que encontraram médias de 365 e 637 kg ha^{-1}, nas safras 2010/11 e 2011/12, respectivamente, na avaliação de progênies de soja.

Tabela 1. Média de produtividade de óleo (PO) de 11 cultivares de soja avaliados em cinco ambientes e estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade pelos métodos de Eberhart & Russel (1966) - b_1, σ^2d e R^2 - e, de Lin & Binns (1988), modificado por Carneiro (1998) - Pi, Pif e Pid - Tocantins, safras 2008/09 e 2009/10.

Cultivar	PO	Eberhart & Russell (1966)			Lin & Binns (1988) - Modificado		
	(kg ha^{-1})	b_1	σ^2d	R^2	Pi	Pif	Pid.
M9144RR	717.99	1.1334^{ns}	18775.68*	80.61	7697.7	9796.1	4550.2
M8527RR	700.89	0.823^{ns}	12355.75*	75.53	14967.9	10985.4	20941.6
BR/EMGOPA314	681.92	1.2375^{ns}	1330.35^{ns}	95.89	11084.9	10818.9	11483.8
P98Y51	671.98	1.1342^{ns}	3545.68^{ns}	93.02	13634.9	13683.8	13561.5
M8766RR	665.06	0.9886^{ns}	2548.80^{ns}	92.20	13673.5	14839.1	11925.1
M9350	631.69	0.7517*	21657.33*	61.80	27245.4	38248.2	10741.1
M9056RR	625.70	1.1214^{ns}	8823.08*	88.08	24926.4	9779.9	47646.0
P98R91	597.23	1.3427*	6893.72*	92.64	32704.4	17813.0	55041.4
P99R01	579.08	0.8646^{ns}	-3183.59^{ns}	99.65	29914.2	30586.1	28906.4
M8867RR	556.62	0.8983^{ns}	1377.96^{ns}	92.41	36315.5	32292.5	42350.0
P98Y70	552.21	0.7046*	-279.34^{ns}	92.00	37216.6	45287.3	25110.5
Média Geral	634.58						

b_1 = Coeficiente da regressão; σ^2d = desvios da regressão. Pi = índice Pi; Pif = adaptação a ambientes favoráveis; Pid = adaptação a ambientes desfavoráveis; * = significativo a 5% pelo teste t; ns = não-significativo a 5% pelo teste t.

O coeficiente de regressão (b_1) é o parâmetro que estima a adaptabilidade do genótipo segundo a metodologia de Eberhart & Russel (1966), em que sendo igual a unidade indica genótipos com ampla adaptabilidade; sendo maior a unidade, genótipos adaptados a ambientes favoráveis e; menor que a unidade, genótipos adaptados a ambientes desfavoráveis. Por esta metodologia, a estabilidade é estimada pelos desvios da regressão (σ^2d) ou pelo coeficiente de determinação (R^2), que apresentam relação contrária, ou seja, genótipos estáveis serão aqueles com maiores valores de R^2 e menores de σ^2d. Já pela metodologia de Lin e Binns (1988) modificada por Carneiro (1998), o desvio do desempenho máximo ou índice de superioridade (Pi) é o parâmetro de estabilidade, sendo estáveis genótipos com os menores valores.

Pela metodologia de Eberhart & Russell (1966), os cultivares BR/ENGOPA314, P98Y51 e M8766RR podem ser considerados como cultivares ideais, uma vez que apresentaram produtividade de óleo superior a média geral

(Tabela 1), coeficiente de regressão igual a unidade ($b_1 = 1$, $p > 0.05$) e desvio da regressão não significativo ($\sigma^2d = 0$, $p > 0.05$). Pelo método de Lin & Binns (1988) modificado por Carneiro (1998), os cultivares acima apresentaram três dos quatro menores valores do parâmetro de estabilidade para ambos os ambientes (Pi). Estas cultivares, então, foram capazes de responder de maneira satisfatória à melhoria do ambiente e, também, de apresentar alta capacidade produtiva em condições adversas.

Segundo Carvalho et al. (2013a) na indisponibilidade de genótipos adaptados a condições especificas, pode-se utilizar aqueles que apresentaram adaptação e previsibilidade a condições favoráveis e desfavoráveis, com produtividade acima da média.

O cultivar M9056RR foi classificado como instável, a ambos ambientes, pelas duas metodologias utilizadas. O cultivar P98R91 apresentou coeficiente de regressão maior que a unidade ($b_1 > 1$, $p < 0.05$), média de produtividade de óleo baixa e, instabilidade de comportamento (pelos dois métodos utilizados). De acordo com Peluzio et al. (2008), a utilização deste cultivar deve ser criteriosa, pois em ambientes desfavoráveis, ou seja, em regiões envolvendo baixo nível tecnológico e/ou sujeitas às variações edafoclimáticas, podem ter seus rendimentos reduzidos. Para Borém & Miranda (2005), esse tipo de cultivar seria ideal se as condições ambientais pudessem ser controladas para alto desempenho.

O cultivar M9350 apresentou resultado diferente quanto a estabilidade do seu comportamento na comparação dos dois métodos de análise, sendo classificado como instável pelo método da regressão linear e, estável a ambientes desfavoráveis pelo método não-paramétrico. Já os cultivares P99R01 e M8867RR (ambos os ambientes) e P98Y70 (ambientes desfavoráveis) foram classificados como estáveis pela metodologia de Eberhart & Russel (1966) e, instáveis pela outra.

Os cultivares M9144RR e M8527RR apresentaram produtividade de óleo acima da média, adaptação a ambos os ambientes (favoráveis e desfavoráveis) e, foram classificados como instáveis pela metodologia de Eberhart & Russel (1966) e, estáveis pela outra utilizada. Diferentes classificações de um mesmo genótipo ou grupo, em função da metodologia utilizada, pode ser observada em diversas pesquisas como a de Carvalho et al. (2013b). Isso se justifica pelo fato da metodologia de Eberhart & Russel estar baseada em regressão linear e a de Lin & Binss (1988) modificado por Carneiro (1998) em análise não paramétrica.

Carvalho et al. (2013b) e Peluzio et al. (2008), em ensaios de soja conduzidos no estado do Tocantins, para produtividade de grãos, também encontraram comportamento similar do cultivar M9144RR ao encontrado na presente pesquisa. Marques et al. (2011) concluíram que o cultivar mais indicado para a produtividade de grãos também foi o mais indicado para a concentração de óleo no grão, em estudos realizados em Minas Gerais.

Carvalho et al. (2013b), ainda, encontraram resultados similares aos observados nesta pesquisa, quando estimaram a estabilidade da produtividade de grãos de cultivares de soja no Tocantins, para os cultivares M8867RR e M9056RR e; diferente para M8527RR, P98Y51 e P98Y79. A diferença de comportamento de cultivares em função da característica avaliada, também, foi observada por Marques et al. (2011) e Rodrigues et al. (2014), que ao estudarem outras cultivares encontraram que as ideias para o teor de óleo foram diferente das para o teor de proteína nos grãos. Estes resultados observados podem dificultar a seleção de cultivares com bons índices em várias características.

Conclusões

O comportamento dos cultivares, quanto a produtividade de óleo, foi influenciado pela mudança do ambiente. Os cultivares adaptados aos ambientes favoráveis e desfavoráveis, quanto a produtividade de óleo nos grãos, foram: BR/ENGOPA314, P98Y51 e M8766RR.

Referências

ÁVILA, M.R.; BRACCINI, A. de L. e; SCAPIM, C.A.; MANDARINO, J.M.G.; ALBRECHT, L.P.; VIDIGAL FILHO, P.S. Componentes do rendimento, teores de isoflavonas, proteínas, óleo e qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.3, p.111-127, 2007.

BARBOSA, V.S.; PELUZIO, J.M.; AFFÉRRI, F.S.; SIQUEIRA, G.B. Comportamento de cultivares de soja, em diferentes épocas de

semeaduras, visando à produção de bicombustível. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.3, p.742-749, 2011.

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.

BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 525p.

CANCELLIER, L.L.; AFFÉRRI, F.S.; PELUZIO, J.M.; LEÃO, F.F.; SANTOS, V.M. dos. Correlação dos parâmetros da adaptabilidade e estabilidade para genótipos comerciais de milho avaliados no Tocantins. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.7, n.2, p.196-203, 2012.

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

CARVALHO, E.V.; AFFÉRRI, F.S.; DOTTO, M.A.; PELUZIO, J.M.; CANCELLIER, L.L.; SANTOS, W.F. dos. Adaptabilidade e estabilidade de híbridos de milho em Tocantins. **Journal of Biotechnology and Biodiversity,** v.4, n.1, p.24-30, 2013a.

CARVALHO, E.V.; PELUZIO, J.M.; SANTOS, W.F. dos; AFFÉRRI, F.S.; DOTTO, M.A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja em Tocantins. **Revista Agro@mbiente On-line**, v.7, n.2, p.162-169, 2013b.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético – Volume 1**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2012. 514 p.

CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v.35, n.3, p.271-276, 2013.

DI MAURO, A.O.; CURCIOLI, V.B.; NÓBREGA, J.C.M.; BANZATO, D.A.; SEDIYAMA, T. Correlação entre medidas paramétricas e não-paramétricas de estabilidade em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.4, p.687-696, 2000.

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

EMBRAPA. **Tecnologias de Produção de Soja – Região Central do Brasil 2012-2013**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 261p.

GAVIOLI, I.L.C.; LEMOS, L.B.; FARINELLI, R.; CAVARIANI, C. Desempenho agronômico e tecnológico de cultivares de soja convencional e com características especiais para a alimentação humana. **Journal of Agronomic Sciences**, v.1, n.1, p.84-99, 2012.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. São Paulo: IAL 2005. 317p.

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.

MARQUES, M.C.; HAMAWAKI, O.T.; SEDIYAMA, T.; BUENO, M.R.; REIS, M.C.; CRUZ, C.D.; NOGUEIRA, A.P.O. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja em diferentes épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, v.27, n.1, p.59-69, 2011.

MINUZZI, A.; RANGEL, M.A.S.; BRACCINI, A. de L. e; SCAPIM, C.A.; MORA F.; ROBAINA, A.R. Rendimento, teores de óleo e proteínas de quatro cultivares de soja, produzidas em dois locais no Estado do Mato Grosso do Sul. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.4, p.1047-1054, 2009.

PELUZIO, J.M.; FIDELIS, R.R.; GIONGO, P.; SILVA, J.C.; CAPPELLARI, D.; BARROS, H.B. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em quatro épocas de semeadura no sul do Estado do Tocantins. **Revista Ceres**, v.55, n.1, p.34-40, 2008.

PELUZIO, J.M.; MONTEIRO, F.J.; BARBOSA, V.S.; LOPES, L.A; AFFERRI, F.S.; MELO, A.V.; FIDELIS, R.R. Desempenho de cultivares de soja na região centro-sul do estado do tocantins - safra 2007/08. **Bioscience Journal**, v.26, n.5, p.675-682, 2010.

PELUZIO, J.M.; GEROMINNI, G.D.; SILVA,

J.P.A.; AFFÉRRI, 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.

PINHEIRO, L.C. de M.; GOD, P.I.V.G.; FARIA, V.R.; OLIVEIRA, A.G.; HASUI, A.A.; PINTO, E.H.G.; ARRUDA, K.M.A.; PIOVESAN, N.D.; MOREIRA, M.A. Parentesco na seleção para produtividade e teores de óleo e proteína em soja via modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.9, p.1246-1253, 2013.

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.

RODRIGUES, J.I. da S.; ARRUDA, K.M.A.; CRUZ, C.D.; PIOVESAN, N.D.; BARROS, E.G. de; MOREIRA, M.A. Biometric analysis of protein and oil contents of soybean genotypes in different environments. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, n.6, p.475-482, 2014.

SBARDELOTTO, A.I.G.; LEANDRO, G.V. Escolha de cultivares de soja com base na composição química dos grãos como perspectiva para maximização dos lucros nas indústrias processadoras. **Ciência Rural**, v.38, n.3, p.614-619. 2008.