

# ANÁLISE MULTIVARIADA E EFICIÊNCIA DO USO DO FÓSFORO EM SOJA, VISANDO O TEOR DE CARBOIDRATOS, NO ESTADO DO TOCANTINS

## MULTIVARIATE ANALYSIS OF PHOSPHORUS USE EFFICIENCY IN SOYBEAN, TARGETING THE CARBOHYDRATE CONTENT IN THE STATE OF TOCANTINS

Evandro REINA<sup>1</sup>; Joênes Mucci PELUZIO<sup>2</sup>; Flavio Sérgio AFFÉRI<sup>3</sup>; Susana Cristine SIEBENEICHLER<sup>3</sup>.

1. Campus de Ciências Agrárias e Ambiental de Palmas; Faculdade Católica do Tocantins, Palmas, TO, Brasil. [evandroreina@uft.edu.br](mailto:evandroreina@uft.edu.br); 2. Professor, Doutor, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, TO, Brasil; 3. Professor, Doutor, Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, TO, Brasil.

**RESUMO:** A cultura da soja tem papel importante como matéria prima para o biodiesel e potencialidade para a produção de etanol a partir do carboidrato presente. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a divergência genética e a eficiência do uso do fósforo entre cultivares de soja, quanto ao teor de carboidratos, visando à produção de etanol. No ano agrícola 2009/10, foram realizados quatro ensaios de competição de cultivares de soja, sendo dois no Campus Universitário de Palmas e outros dois no Campus Universitário de Gurupi, totalizando quatro ambientes. Em cada local, os cultivares foram conduzidas sob alto e baixo fósforo (150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> respectivamente). O delineamento experimental utilizado, em cada ensaio, foi de blocos casualizados com três repetições e 11 tratamentos: 1 (P98Y51), 2 (P98Y70), 3 (P99R01), 4 (P98R91), 5 (M9056RR), 6 (M 9144RR), 7 (M8766RR), 8 (M8867RR), 9(M8527RR), 10 (M9350), 11 (BR/EMGOPA 314)). Foi estudada a característica percentagem de carboidratos, sendo determinada a eficiência do uso de fósforo pelos cultivares, através da metodologia adaptada de Fischer, bem como realizada a estratificação ambiental. A divergência genética foi realizada através de procedimentos multivariados: distância generalizada de Mahalanobis e pelos métodos de agrupamento de Tocher e vizinho mais próximo. No estudo da divergência genética, cada ensaio representou uma variável distinta no modelo multivariado. Os cultivares apresentaram comportamento diferencial em função das doses de fósforo. Os ambientes foram dissimilares quanto à ordem de classificação dos cultivares. M8766RR, M8867RR e M9144RR são potencialmente promissores para produção de carboidratos e eficientes no uso do fósforo. As hibridações M8766RR x M9144RR e M8867RR X M9144RR são indicadas para obtenção de populações segregantes visando à produção de carboidratos.

**PALAVRA CHAVE:** *Glycine max.* Cerrado. Biocombustíveis. Variabilidade genética. Interação genótipo x ambiente.

## INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma do país, ficando atrás somente da floresta Amazônica, com grande importância no cenário agrícola nacional e mundial. Nessa região uma das culturas de maior importância é a soja, além de se constituir na principal *commodities* agrícola brasileira. No Estado do Tocantins, o cultivo de plantas oleaginosas tem aumentado nos últimos anos, em virtude da abundância de recursos hídricos, condições edafoclimáticas favoráveis, localização estratégica da BR 153, implantação da Ferrovia Norte-Sul e da Hidrovia Tocantins-Araguaia (SEINF, 2011).

Os solos sob vegetação de cerrado, predominantemente apresentam alto grau de intemperismo, com características marcantes como acidez, alto grau de lixiviação e baixa fertilidade, especialmente para o Fósforo (P) disponível para as plantas (PIAIA et al. 2002). A determinação da dose de fósforo aplicada à cultura interfere diretamente

na produtividade, pois sob baixos níveis de fósforo, ocorre queda acentuada na produtividade devido à redução do porte da planta, na altura da inserção das primeiras vagens, número de flores e vagens (VALADÃO JUNIOR et al. 2008).

O estudo de cultivares de soja adaptados à baixa fertilidade de fósforo (P) é de importância econômica e ambiental. Em condições de baixa disponibilidade de P no solo, cultivares de soja adaptados e eficientes quanto a esse nutriente apresentam melhor desempenho produtivo. A obtenção desses cultivares eficientes será possível com o melhor conhecimento das bases fisiológicas e genéticas de eficiência do uso de fósforo (EUP) (LIAO et al. 2006).

A produtividade da soja é muito dependente das condições ambientais. Assim, a escolha do cultivar em função da época de plantio, da região e das estratégias de manejo adotadas reverte se de suma importância para a obtenção de produtividades lucrativas, sobretudo quando aliada à compreensão das limitações e/ou vantagens do ambiente de

produção (PELUZIO et al. 2008). A composição dos grãos de soja varia conforme a constituição genética e as condições ambientais, ocasionando variações no rendimento industrial (SBARDELOTTO; LEANDRO, 2008), em média o grão de soja apresenta em sua composição 20% de óleo, 38% de proteína e 34% de carboidratos, além de fibras e constituintes inorgânicos (EMBRAPA, 2010).

A seleção e recomendação de genótipos específicos, em programas de melhoramento de plantas, são frequentemente, precedidas pela análise multiambiental, na qual o desempenho relativo dos genótipos quase sempre varia de um ambiente para outro. A esta variação, dá-se o nome de interação genótipo x ambiente. A interação GxE por ambiente pode ser minimizada identificando grupos de ambientes similares, através da estratificação ambiental (OLIVEIRA et al., 2004; GARBUGLIO et al., 2007), que segundo o método de agrupamento de ambientes pelo algoritmo de Lin (1982), consiste na subdivisão de regiões heterogêneas em sub-regiões mais uniformes, onde se exclui qualquer interação GxA significativa (LIN, 1982). Por este método, é estimada a soma de quadrados da interação entre cultivares e pares de ambientes, seguido do agrupamento daqueles ambientes cuja interação é não-significativa.

Em programas de melhoramento genético é necessário o conhecimento da herança das características envolvidas e a base genética dos progenitores e essas informações podem ser obtidas através de estudos de divergência genética (PELUZIO, 2008). Desta forma através do estudo da divergência genética entre indivíduos ou populações, utilizando caracteres agrônômicos, morfológicos e moleculares que, por sua vez, são aplicados as técnicas biométricas multivariadas, unificando diversas informações de um conjunto de caracteres fornecendo orientações para cruzamentos que resultem em combinações híbridas de maior heterozigose, de modo que nas gerações segregantes exista maior possibilidade de obtenção de genótipos superiores (CLEMENTE, 2009). Entre as técnicas estatísticas multivariadas, encontra-se o método aglomerativo de Tocher e o método de otimização do vizinho mais próximo (CRUZ, 2007).

Dentro do planejamento do governo de ampliar a produção de biodiesel, a soja representa a principal fonte de matéria prima, uma vez que possui cadeia produtiva estruturada e domínio tecnológico capaz de atender parte da crescente demanda por combustíveis renováveis (GOLDEMBERG et al. 2008). A importância da cultura da soja na Agroenergia pode ser entendida

não somente como matéria prima para o biodiesel, pois diversos co-produtos gerados na sua cadeia produtiva geram lucro as indústrias, tais como o óleo, a proteína e o melaço. Outros produtos provenientes da soja podem ser utilizados como fonte de energia, como a geração de energia elétrica a partir da queima de resíduos sólidos em caldeiras, e o etanol, que pode ser produzido a partir do melaço de soja, que é um co-produto da produção de farelo concentrado.

Interesses mundiais na utilização de etanol, como fonte de energia, estimulam os estudos sobre o custo e eficiência dos processos industriais para a produção desse produto (SOCCOL et al., 2005). Segundo Siqueira, (2007) o melaço de soja, por possuir alta concentração de açúcares (57% do peso seco), nitrogênio e outros macro e micronutrientes, apresenta potencial para produção do etanol. Esta técnica vem sendo utilizadas pelas empresas IMCOPA, localizada em Ponta Grossa – PR e a SELECTA, localizada em Araguari - MG.

Em virtude do potencial de uso da soja como fonte de biocombustíveis, aliado à baixa fertilidade natural dos solos de cerrado, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência do uso de fósforo em 11 cultivares, para a característica teor de carboidratos nos grãos, assim como a análise de divergência genética do material e a estratificação ambiental.

## MATERIAL E MÉTODOS

No ano agrícola 2009/10, foram realizados quatro ensaios de competição de cultivares de soja, sendo dois no Centro Agrotecnológico da Universidade Federal do Tocantins, Campus de Palmas (220 m de altitude, 10°45' S e 47°14' W), temperatura media anual de 26°C, 250 mm de precipitação e umidade relativa do ar media de 86% e dois na Estação Experimental da Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi (280 m de altitude, 11°43' S, e 49°04' W), temperatura media anual de 25°C, 214 mm de precipitação e umidade relativa do ar media de 84%. Em cada local, os cultivares foram semeados sob condições de alto e baixo fósforo (150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> respectivamente), em plantios realizados em 17 de dezembro de 2009, em Palmas, e 29 de novembro de 2009, em Gurupi, em solo do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico.

Para a definição de uso das doses de alto e baixo fósforo foi realizada, inicialmente, a análise de solo de cada local que apresentou os seguintes resultados: Palmas: pH 4,9; K 35,2 mg.dm<sup>-3</sup>; P 6,0 mg.dm<sup>-3</sup>; M.O. 0,6%; CTC 4,7 e SB 33,3%. Gurupi:

pH 5,1; K 93 mg.dm<sup>-3</sup>; P 5,3 mg.dm<sup>-3</sup>; M.O. 0,6%; CTC 5,44 e SB 59,56%. Em seguida, foi realizada a indicação de adubação, que resultou em uma dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. A partir dessa dose, procurou-se utilizar uma dose abaixo e uma acima da recomendada, ou seja, de 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e de 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

O delineamento experimental utilizado, em cada ensaio, foi de blocos casualizados com 11 tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram constituídos pelo cultivares P98Y51, P98Y70, P99R01, P98R91, M9056RR, M9144RR, M8766RR, M8867RR, M8527RR, M9350 e BR/EMGOPA 314.

As parcelas experimentais foram compostas por quatro fileiras de soja com 5 m de comprimento cada fileira, com espaçamento entre linhas de 0,45 cm. Na colheita, foram utilizadas as duas fileiras centrais, excetuando-se 0,50m da extremidade de cada uma das mesmas, resultando em uma área útil de parcela de 3,6 m<sup>2</sup>.

Foram realizadas as operações de aração, gradagem e sulcamento. A semeadura e adubação foram realizadas manualmente. Na adubação de plantio foram utilizados 166 e 833 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples que correspondem, respectivamente, as doses de 30 (baixo) e 150 (alto) kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Foram realizadas duas adubações de cobertura com cloreto de potássio, na dose de 55 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (92 kg de Cloreto de Potássio por hectare) em Palmas, e duas adubações de cobertura na dose de 30 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (50 kg de Cloreto de Potássio por hectare), em Gurupi, conforme análise de solo e indicação de adubação corretiva. As adubações em cobertura ocorreram, respectivamente, aos 15 e 35 dias após a emergência das plantas.

No momento da semeadura, foi realizado o tratamento das sementes com fungicidas (Carbendazin + Captana), seguido de inoculação das sementes com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum*. A densidade de semeadura foi realizada com intuito de se obter 14 plantas por metro linear. O controle de pragas e doenças foram realizados com através de 04 aplicações (Piretroide e Azoxystrobin respectivamente), sendo a primeira aplicação 20 dias após a emergência das plântulas e as demais aplicações com intervalos de 20 dias. Para o controle de plantas daninhas foram realizadas duas aplicações de Glifosato sendo a primeira no estágio V2 e a segunda em V4 para os cultivares resistente ao roundap. Os cultivares M9350 e BR/EMGOPA 314 que são convencionais, o controle de plantas

daninhas foi realizado nos mesmos períodos, porem através da capina.

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> da escala de Fehr et al., (1971).

Com base na área útil da parcela, foi realizada a secagem dos grãos para 12% de umidade, em seguida foram separadas três amostras contendo 100 gramas dos grãos de cada parcela. Posteriormente, foi determinado o teor de carboidratos dos grãos (%), em laboratório, através da metodologia adaptada de Lane-Eynon.

Para cada cultivar, foi avaliada a eficiência de uso de fósforo, segundo metodologia adaptada de Fischer et al. 1983, a partir do índice de eficiência EUP, obtido pela equação:

$$EUP = Ya(-P)/Ya(+P) \times Yx(-P)/Yx(+P)$$

onde,

Ya(-P) é o teor de carboidratos do cultivar "a" sob baixo P,

Ya(+P) é o teor de carboidratos do cultivar "a" sob alto P,

Yx(-P) é o teor de carboidratos médio de todos os cultivares sob baixo P,

Yx(+P) é o teor de carboidratos médio de todos os cultivares sob alto P.

Os índices de EUP são utilizados para classificar os cultivares como eficientes (índice acima da média sob alto e baixo fósforo) e não eficientes (índice abaixo da média sob alto e baixo fósforo), uma vez são utilizadas as médias dos cultivares sob alto e baixo fósforo.

Com o intuito de obter apenas um índice médio de eficiência por cultivar, independentemente dos locais de avaliação (Palmas e Gurupi), foram gerados, inicialmente, três índices de eficiência por local por cultivar, oriundos dos três valores de carboidratos obtidos em alto e, também, em baixo fósforo. Assim, foram obtidos seis índices de eficiência/cultivar nos dois locais, que foram submetidos à análise de variância individual.

Foi realizada análise de variância de cada ensaio e, posteriormente, análise conjunta dos ensaios em que o menor quadrado médio residual não diferiu em mais de sete vezes do maior (CRUZ, 2007).

Foi realizada a estratificação ambiental, segundo o método de agrupamento de ambientes com base no algoritmo de Lin (1982), que consiste em agrupar ambientes, em um determinado grupo, onde a interação GxA não seja significativa

Utilizando os quatro ensaios como variáveis no modelo multivariado, foi realizado estudo de divergência genética entre os cultivares, onde cada

ensaio representou uma variável distinta no modelo. As medidas de dissimilaridade foram determinadas segundo o modelo de análise multivariada, o que permitiu a obtenção da matriz de dissimilaridade, da matriz de covariância residual e das médias dos cultivares.

Foram aplicados os métodos de agrupamento de Tocher proposto por Rao, (1952) e vizinho mais próximo (JOHNSON; WICHERN, 1992), utilizando a distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ), como medida de dissimilaridade. As análises foram realizadas utilizando o programa Computacional Genes, versão 2007 (CRUZ, 2007).

As médias foram agrupadas por meio do teste de agrupamento de Scott-Knott, ao nível de 5% de significância. Foi utilizado, ainda o teste t, de "Student", a 5% de significância, para comparar os índices de eficiência dos cultivares com o índice

geral de eficiência. No modelo estatístico considerou-se fixo o efeito do cultivar e dos ambientes.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância conjunta (Tabela 1) apresentou efeito significativo de cultivar, ambiente e para a interação cultivar x época, esta última indicando que os efeitos isolados dos fatores cultivares e ambientes não explicam toda a variação encontrada, sendo, assim, realizados os desdobramentos. A significância para cultivares indica a existência de variabilidade genética. O coeficiente de variação foi baixo, indicando boa precisão dos experimentos segundo Costa et al. 2002.

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância conjunta de teor de carboidrato (%), de 11 cultivares de soja cultivadas em quatro ambientes, na safra 2009/10

F.V	GL	QM
		%C
Bloco/amb.	8	9,67 <sup>ns</sup>
Cultivar	10	110,39*
Ambiente	3	258,36*
Cultivares x Ambientes	30	32,1*
Erro	80	6,47*
Media		22,9
CV %		11,39

%C: Teor de carboidrato (%); ns \* significativo a 5% de significância pelo teste F.

A significância da interação cultivares x ambientes (Tabela 1) e, sendo esta do tipo complexa para a grande maioria dos pares de ambientes (Tabela 2), revela uma inconsistência de

superioridade dos cultivares com a variação ambiental (Tabela 3), justificando-se o agrupamento de ambientes.

**Tabela 2.** Porcentagem da parte complexa resultante da decomposição da interação entre cultivares e pares de ambientes, de 11 cultivares de soja, cultivadas em quatro ambientes, na safra 2009/10

Local	adubação	Palmas		Gurupi	
		BP	AP	BP	AP
Palmas	BP	-	41,0	81,1	69,2
Palmas	AP	-	-	83,4	81,7
Gurupi	BP	-	-	-	36,2

1/ BP – Baixo Fósforo; AP - Alto Fósforo

**Tabela 3.** Teor médio de Carboidratos (%) de 11 cultivares de soja, safra de 2009/10 sob dois níveis de adubação fosfatada em Palmas e Gurupi, Tocantins.

Teor carboidrato	Palmas		Gurupi		Media
	Baixo	Alto	Baixo	Alto	
P98Y51	17,6 bB	27,2 aA	20,2 bB	23,3 bB	22,1
P98Y70	19,0 bA	24,8 aA	20,2 bB	28,2 aA	23,1
P99R01	22,0 aA	25,3 aA	22,2 aB	24,1 aB	23,4
P98R91	12,5 cC	20,5 bB	27,0 aA	25,7 aA	21,4
M9056 RR	23,3 aA	26,6 aA	18,8 bB	21,1 bB	22,5
M9144 RR	20,8 bA	22,4 bB	27,7 aA	27,4 aA	24,6

M8766 RR	25,5 bA	26,8 bA	27,4 bA	31,0 aA	27,7
M8867 RR	22,4 bA	27,7 aA	29,5 aA	29,8 aA	27,4
M8527 RR	22,1 bA	29,1 aA	14,8 cC	25,6 bA	22,9
M9350	15,8 bB	21,6 aB	14,6 bC	20,7 aB	18,2
BR/EMGOPA 314	13,0 bC	23,3 aA	16,0 bC	21,0 aB	18,3
Media	19,5	25,0	21,7	25,3	22,9

1/ Médias seguidas pela mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância.

Os resultados para o teor médio de carboidratos encontram-se na Tabela 3. Sob alto fósforo, em Palmas, foram formados dois grupos de médias onde o grupo com as maiores médias foi composto pelos cultivares M8527RR (29,1%), M8867RR (27,7%), P98Y51 (27,2%), M8766RR (26,8%), M9056RR (26,6%), P99R01 (25,3%), P98Y70 (24,8%) e BR/EMGOPA 314 (23,3%). O grupo com médias inferiores foi representado por: M9350 (21,6%), M9144RR (22,4%) e P98R91 (20,5%).

Em Gurupi, sob alto P, foram formados 02 grupos de médias, onde o grupo com as médias mais altas foi representado por M8766RR (31,0%), M8867RR (29,8%), P98R91 (28,2%), M9144RR (27,4%) e M8527RR (25,6%). Pode-se observar que os cultivares M8766RR, M8867RR, P98Y70 e M8527RR também se destacaram sob alto P em Palmas (Tabela 3).

Em Palmas e Gurupi, sob baixo fósforo, foram formados três grupos de médias. Em ambos os locais, os cultivares com maiores percentagens de carboidratos foram, M8766RR, M8867RR e M9144RR. Merecem, ainda, destaque os cultivares M9056RR (23,3%), M8527RR (22,1%), P99R01 (22%) e P98Y70 (18,9%) em Palmas, e P98R91 (27%), em Gurupi. Os cultivares P98R91 (12,5%), em Palmas, e M9350 (14,6%), em Gurupi,

apresentaram os menores teores de carboidratos.

Os cultivares M8766 RR (27,7%) e M8867 RR (27,4%) se destacaram sob alto e baixo P, em ambos os locais com as maiores médias. Por outro lado, BR/EMGOPA 314 (18,3%) e M9350 (18,2%) apresentaram menores médias.

De modo geral, sementeiras realizadas em Palmas e Gurupi, sob alto fósforo, resultaram em cultivares com os maiores valores médios para teor de carboidratos, em relação ao cultivo sob baixo fósforo. Segundo (TAIZ; ZEIGER, 2006), em cultivo sob baixo fósforo, os carboidratos oriundos da fotossíntese (triose fosfato e hexose fosfato), que seriam trocados com o fosfato mineral e, posteriormente, utilizados em outras partes da célula e da planta para síntese de hexoses e aminoácidos, se acumulam nos cloroplastos. Como resultante deste acúmulo, são formados cristais de amido que podem danificar os cloroplastos, paralisar a fotossíntese e prejudicar a síntese de hexoses e aminoácidos.

Em relação à eficiência no uso do fósforo, a análise de variância (Tabela 4) revelou efeito significativo de cultivar, indicando a existência de variabilidade genética. O coeficiente de variação foi considerado baixo para a característica avaliada, indicando a boa precisão do experimento (COSTA et al., 2002).

**Tabela 4.** Resumo da análise de variância individual das seis amostras/cultivar do índice de eficiência em 11 cultivares de soja, na safra 2009/10, em Palmas e Gurupi, Tocantins.

F.V.	GL	QM <sup>1/</sup>
		%C
Blocos	5	0,024 <sup>ns</sup>
Cultivar	10	0,018*
Erro	50	0,005
Média		0,66
CV %		8,84

1/ Dados transformados em raiz quadrada de X; % Carb: Teor de carboidrato; ns: não significativo; \* significativo ao nível de 5% pelo teste F.

Os cultivares foram divididos em dois grupos, quanto à eficiência de uso do fósforo para o teor de carboidrato (Tabela 5). O grupo com as maiores médias de eficiência foi composto por seis cultivares, quais sejam: M9144RR (0,79), M8766RR (0,75), P99R01 (0,74), M8867RR (0,74), M9056RR (0,73), P98R91 (0,68), que também se

diferiram significativamente da média geral (0,66), com exceção dessa última. Dentre estas, os maiores valores médios de carboidratos nos ambientes, foram alcançados por M8766RR e M8867RR.

O grupo com as menores médias de eficiência para teor de carboidratos (Tabela 5), inclusive abaixo da média geral de eficiência (0,66),

foi composto por P98Y51 (0,62) , P98Y70 (0,60), M9350 (0,58), BR/EMGOPA 314 (0,55) e M8527RR (0,54).

**Tabela 5.** Médias do índice de eficiência de uso do fósforo de 11 cultivares de soja, safra de 2009/10.

CULTIVARES	Índice de Eficiência de Uso de Fósforo
P98Y51	0,62 b
P98Y70	0,60 b
P99R01	0,74* a
P98R91	0,68 a
M9056 RR	0,73* a
M9144 RR	0,79* a
M8766RR	0,75* a
M8867 RR	0,74* a
M8527RR	0,54 b
M9350	0,58 b
BR/EMGOPA 314	0,55 b
<b>Médias</b>	<b>0,66</b>

1/ Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância. \*Médias estatisticamente diferentes da média geral (0,66) , pelo teste t, a 5% de significância

As medidas de dissimilaridade genética, estimadas a partir da distância de Mahalanobis (Tabela 6), para a variável de alto e baixo fósforo em Palmas e Gurupi, apresentaram uma elevada magnitude (3,91 a 106,32), indicando a presença de ampla variabilidade genética entre os cultivares. A combinação entre BR/EMGOPA 314 e M8766RR foi a mais divergente ( $D^2 = 106,32$ ), seguida pelo

par M9350 e M8766RR ( $D^2 = 82,14$ ). A menor distância foi obtida entre os cultivares P99R01 e M9056RR ( $D^2 = 3,91$ ), seguido pelo par M8867RR e M8766RR ( $D^2 = 5,11$ ). Entre as maiores distâncias encontradas, os cultivares BR/EMGOPA 314 e M8766RR estão presentes em 45,45% de todas as combinações cada uma.

**Tabela 6.** Dissimilaridade entre cultivares de soja em relação a características teor de carboidrato, com base na distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2_{ij}$ )

CULTIVARES <sup>1</sup>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
P98Y51	9,49	13,36	12,75	17,23	25,28	52,47	32,17	8,33	8,89	11,44
P98Y70		11,45	14,38	23,67	12,46	27,93	16,77	7,19	21,11	29,17
P99R01			36,98	30,92	21,40	33,66	4,30	7,16	38,36	24,55
P98R91				45,55	27,83	62,51	37,28	31,97	21,16	18,14
M9056RR					19,49	35,81	30,47	11,89	24,48	44,76
M9144RR						9,48	5,22	22,45	43,31	61,22
M8766RR							5,11	35,50	82,14	106,32
M8867RR								26,62	62,68	77,35
M8527RR									18,00	29,47
M9350										5,15

A análise de agrupamento pelo método de Tocher separou os 11 cultivares em cinco grupos (Tabela 7). Os grupos I, II e III foram constituídos, cada um, por três cultivares (27,3% do total de cultivares cada grupo), indicando que os possíveis cruzamentos desses cultivares dentro do grupo diminuem a possibilidade de obtenção de genótipos superiores. O cultivar P98R91 ficou isolada no grupo IV assim como o cultivar P98Y70 no grupo

V, confirmando os valores relativamente elevados das suas distâncias nos pares de que participou.

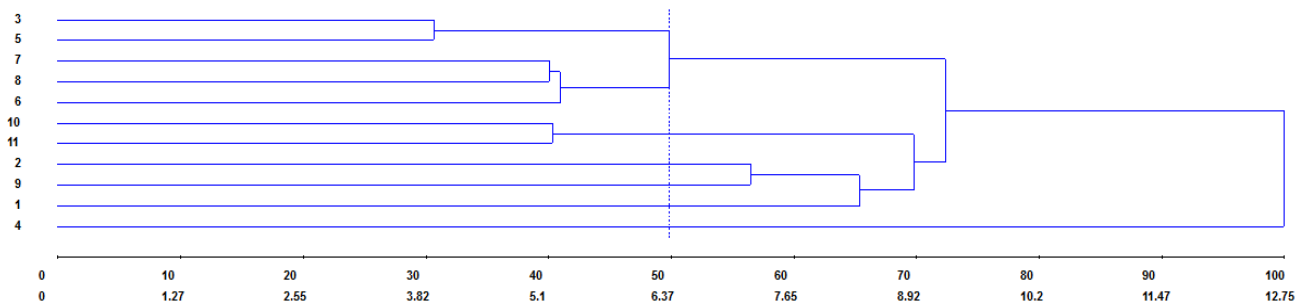
No critério de agrupamento adotado pelo método hierárquico do vizinho mais próximo, representando na Figura 1, se estabelece que primeiramente seja formado um grupo de cultivares similares, e as distâncias dos demais são calculadas em relação aos grupos formados (CRUZ, 2007). A separação em grupos nesses tipos de gráficos é feita de maneira subjetiva, escolhendo-se um ponto de

corde na escala de distância (FUZATTO et al., 2002), que foi realizado em 52% da distância. No eixo X foram representadas as porcentagens das distâncias entre os cultivares e no eixo Y foi representada os 11 cultivares. Por este método, foi

possível observar a formação de seis grupos distintos, com similaridade parcial quanto à composição dos grupos em relação aos grupos formados pelo método de Tocher.

**Tabela 7.** Agrupamento pelo método de Tocher, com base na distância generalizada de Mahalanobis de 11 cultivares de soja, considerando o teor carboidratos em quatro ambientes em ensaios, safra 2009/2010.

Grupo	Cultivares
I	P99R01; M9056RR e M8527RR
II	M8766RR; M8867RR e M9144RR
III	M9350; BR/EMGOPA 314 e P98Y51
IV	P98R91
V	P98Y70



**Figura 1.** Dendrograma representativo da dissimilaridade genética entre os 11 cultivares, obtidos pela técnica do vizinho mais próximo, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis como medida de dissimilaridade, em quatro ambientes, na safra de 2009/10. Cultivares: 1 P98Y51, 2 P98Y70, 3 P99R01, 4 P98R91, 5 M9056RR, 6 M9144 RR, 7 M8766 RR, 8 M8867 RR, 9 M8527 RR, 10 M9350, 11 BR/EMGOPA 314.

Esses resultados discordam daqueles obtidos por Almeida et al., 2012, e Peluzio et al., 2012, que ao estudarem a diversidade genética em cultivares de soja cultivada no período de entressafra no Estado do Tocantins, observaram similaridade entre os dois métodos quanto à constituição e ao número de grupos. Provavelmente, esta discordância pode ter ocorrido em função de diferenças nos cultivares, ambientes e características estudadas.

Os agrupamentos são importantes para a escolha dos progenitores, pois as novas combinações híbridas a serem estabelecidas devem ser baseadas na magnitude de suas dissimilaridades e no potencial dos genitores. Neste sentido, poderão ser esperadas como promissoras as hibridações M8766RR x M9144RR e M8867RR X M9144RR uma vez que os cultivares foram dissimilares para teor de carboidratos (Tabela 7, Figura 1), apresentaram alto índice de eficiência de uso do

fósforo (Tabela 5) e média elevada para esta característica (Tabela 3).

Portanto, estes cultivares destinadas à produção de grãos, em virtude da inexistência de cultivares para fins de carboidrato para a Região Centro-Sul do Estado do Tocantins, poderão ser utilizadas em hibridações dirigidas em programa de melhoramento genético, com o intuito de ampliar o número de recombinantes desejáveis otimizando a utilização do carboidrato da soja para a produção de etanol.

## CONCLUSÕES

Os cultivares apresentam comportamento diferencial em função das doses de fósforo;

Os ambientes estudados foram dissimilares, em função das doses de fósforo e/ou local;

Os cultivares M8766RR, M8867RR e M9144RR são potencialmente promissoras para

produção de carboidratos e eficientes no uso do fósforo

As hibridações M8766RR x M9144RR e M8867RR X M9144RR são promissoras para obtenção de populações segregantes visando teor de carboidrato.

#### AGRADECIMENTOS:

PNPD/CAPES, pelo aporte financeiro. UFT, pela disponibilização de toda infraestrutura necessária à execução do trabalho.

**ABSTRACT:** The soybean crop has an important role as raw material for biodiesel and capability for the production of ethanol from carbohydrate present. In this sense, the present study was to evaluate the genetic divergence and phosphorus use efficiency, with respect to carbohydrate content, aimed at producing ethanol. For both the agricultural year 2009/10 were conducted field trials of four soybean cultivars, two in the University Campus Palmas and two others at the University Campus of Gurupi. At each site, cultivars were conducted under high and low phosphorus ( $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$  and  $30 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$  respectively), resulting in four environments. The experimental design used in each trial was randomized blocks with three replications and 11 treatments. We studied the characteristic percentage of carbohydrates and determined the efficiency of phosphorus use by cultivars, using the methodology adapted from Fischer, and the environmental stratification. The genetic diversity was performed by multivariate procedures: Mahalanobis distance, grouping method of Tocher and closer neighbor. In the study of genetic diversity, each test representing a distinct variable in the multivariate model. The cultivars show different behaviors depending on the dose of phosphorus. The environments were dissimilar regarding the rank order of cultivars. M8766RR, M8867RR and M9144RR are potentially promising for carbohydrate production and efficient use of phosphorus. Hybridizations M8766RR x M9144RR and M8867RR x M9144RR may be used for obtaining segregant populations in order to characteristic carbohydrate content.

**KEYWORDS:** Glycine max. Cerrado. Biofuels. Genetic variability. Interaction cultivars x environment.

#### REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. D.; PELUZIO, J. M.; AFFÉRI, F. S. Divergência genética entre cultivares de soja, sob condições de várzea irrigada, no sul do Estado Tocantins. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 108-115, 2011.
- CLEMENTE, T. E., CAHOON, E. B. Soybean oil: genetic approaches for modification of functionality and total content. **Plant physiology**, Lincoln, v. 151, n. 3, p. 1030-1040, 2009.
- COSTA, N. H. A. D.; SERAPHIN, J. C.; ZIMMERMANN, F. J. P. Novo método de classificação de coeficientes de variação para a cultura do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 3, p. 243-249, mar. 2002.
- CRUZ C. D. Programa Genes: **Aplicativo computacional em genética e estatística**. Versão Windows, Viçosa, UFV. 2007.
- EMBRAPA - CNPSo. **Tecnologias de Produção de Soja – Região Central do Brasil 2009-2010**. Londrina-PR. (Sistemas de Produção, 13). p. 262, 2010.
- FEHR, W. R., CAVINESS, R. E., BURMOOD, D. T., PENNINETON, J. S. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* L. Merrill. **Crop Scienc** v. 11, n. 6, p. 929-931, 1971.
- FISCHER, K. S.; JOHNSON, E. C.; EDMEADS, G. O. **Breeding and selection for drought in tropical maize**. Mexico: CIMMYT. 1983.
- FUZATTO, S. R., FERREIRA, D. F., RAMALHO, M. A., RIBEIRO, P. H. E., Divergência Genética e sua relação com os cruzamentos dialélicos na cultura do milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 01, p. 22-32, 2002.
- 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



- GOLDEMBERG, J. NIGRO, F. E. B. COELHO, S. T. **Bioenergia no Estado de São Paulo: situação atual, perspectivas, barreiras e propostas.** São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo. p. 152, 2008.
- JHONSON RA, WICHERN DW (1992). **Applied multivariate statistical analysis.** New Jersey-USA: Englewood Cliffs, 642 p.
- LIAO, H.; WAN, H.; SHAFF, J.; WANG, X.; YAN, X.; KOCHIAN, L.V. Phosphorus and Aluminum Interactions in Soybean in Relation to Aluminum Tolerance. Exudation of Specific Organic Acids from Different Regions of the Intact Root System. **Plant Physiology**, v. 141, p. 674–684, 2006.
- LIN, C. S Grouping genotypes by cluster method directly related to genotype-environment interaction mean square. **Theor. Appl. Genet.**, New York, v. 62, p. 277-280, 1982
- OLIVEIRA, A. M. S.; HAMAWAKI, O. T.; OLIVEIRA NETO, J. O.; PENNA, J. C. V.; JULIATTI, F. C.; SOUZA, S. A.; Estabilidade fenotípica de cultivares de soja no Brasil central. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 20, p. 9-19, 2004.
- PELUZIO, J. M. ; FIDELIS, R. R. ; BARROS, H. B. ; CAPELLAR, D . Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em diferentes épocas de semeadura em Gurupi, TO. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, p. 34-40, 2008
- PELUZIO, J. M.; MIRANDA, L. P. M.; CANCELLIER, L. L.; AFFÉRI, F. S.; COLOMBO, G. A.; TEIEXEIRA JÚNIOR, T.; RONERY, G. Genetic divergence among soybean cultivars in irrigated lowland in the State of Tocantins. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 3, p. 01-06, 2012.
- PIAIA, F. L.; REZENDE, P. M.; NETO, A. E. F.; FERNANDES, L. A.; CORRÊA, J. B. Eficiência da adubação fosfatada com diferentes fontes e saturação por bases na cultura da soja [*Glycine max* (L) merrill]. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 3, p. 488-499. 2002.
- RAO, C. R. **Advanced statistical methods in biometric research.** New York: John Willey, p. 390, 1952.
- 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**, Santa Maria, v. 38, n. 3, p. 614-619, 2008.
- SEINF - **Secretaria de Infra-Estrutura do Estado do Tocantins.** Mapas de rodovias. Disponível em <http://www.seinf.to.gov.br/Servicos/MapasRodoviaros.aspx>. Acessado em 20/06/2011.
- SIQUEIRA P. F. **Production of bio-ethanol from soybean molasse by *Saccharomyces cerevisiae*.** Dissertação de pós graduação em processos biotecnológicos, UFPR, Curitiba, p. 72, 2007.
- SOCCOL, C. R. et al. Brazilian Biofuel Program: an overview. **Journal of Scientific & Industrial Research.** V. 64, p. 897-904, 2005
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Trad.: SANTARÉM, E. R. **Fisiologia vegetal.** 3.ed. Porto Alegre: Artmed, p. 613, 2006.
- VALADÃO JUNIOR, D.; BERGAMIN, A. C.; VENTUROSO, L. R.; SCHRINDWEIN, J. A.; CARON, B. O.; SCHIMIDT, D. Adubação fosfatada na cultura da soja em Rondônia. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 3, p. 369-375, 2008.