

## Dissimilaridade genética em cultivares de soja com enfoque no perfil de ácidos graxos visando produzir bicomcombustível

Maria Dilma de Lima<sup>1</sup>, Joênes Mucci Peluzio<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação da Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal, Campus Universitário de Palmas, CEP 77001-090, Palmas-TO, Brasil. Caixa Postal 266. E-mail: mariadilma@uft.edu.br; joenesp@uft.edu.br

### RESUMO

As propriedades finais do biodiesel de soja (*Glycine max*) são determinadas pelo perfil e conteúdo de ácidos graxos presentes no óleo, variam em função da origem genética da matéria prima utilizada. Assim, o presente estudo foi realizado com o intuito de avaliar a divergência genética entre cultivares de soja, quanto à composição dos ácidos graxos, visando à produção de biodiesel. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com 10 diferentes cultivares e três repetições. A divergência genética foi avaliada pelos seguintes procedimentos multivariados: distância generalizada de Mahalanobis e método de agrupamento de otimização de Tocher. Os ácidos graxos oleico (63,7%) e linoleico (23,53%) foram os mais eficientes em explicar a dissimilaridade entre as cultivares. Os resultados mostraram que as cultivares BRS325RR, TMG1288RR, BRS333RR e M8766RR apresentam composição de ácidos graxos favoráveis para a produção de biodiesel; os cruzamentos entre as cultivares: BRS325RR × BRS333RR, TMG1288RR × BRS333RR e M8766RR × BRS333RR são potencialmente promissores para a produção de biodiesel com as características desejáveis.

**Palavras-chave:** Agroenergia, composição do óleo, diversidade genética, *Glycine max*

### *Genetic dissimilarity in soybean cultivars with emphasis on fatty acids profile aiming at producing biofuel*

### ABSTRACT

The properties of the soybean biodiesel, which are determined by the profile and content of fatty acids present in the oil, vary depending on the genetic origin of the raw material used. Thus, this study was performed aiming at assessing the genetic diversity among soybean cultivars, considering the composition of fatty acids, and aiming at producing biodiesel. For this, during the agricultural year of 2013/14, two experiments were carried out in municipality of Palmas, state of Tocantins, at Northern Brazil. The experimental design used in each experiment was a randomized block, with 10 different soybean cultivars, and three replicates. The genetic divergence was assessed by the following multivariate procedures: generalized distance of Mahalanobis and clustering method optimization of Tocher. The fatty acids Oleic (63.7%) and Linoleic (23.53%) were the most effective in explaining the dissimilarity between soybean cultivars. Results have shown that cultivars BRS325RR, TMG1288RR, BRS333RR, and M8766RR present favorable composition of fatty acids for biodiesel production; and that the crossings between the cultivars BRS325RR × BRS333RR, TMG1288RR × BRS333RR, and M8766RR × BRS333RR are potentially promising for biodiesel production with the desirable characteristics.

**Key words:** Bioenergy, oil composition, genetic diversity, *Glycine max*

## Introdução

As pesquisas com o biodiesel no cenário nacional e internacional crescem a cada dia, visto a necessidade de buscar alternativas para as fontes não renováveis de energias, como o petróleo (Brasil, 2014). No setor de transportes, com 95% do consumo mundial de energia é oriundo de derivados de petróleo, tem-se verificado o aumento no investimento em pesquisas que busquem alternativas energéticas, visando diminuir a dependência externa de petróleo, por razões de segurança de suprimento ou impacto na balança de pagamentos (IEA, 2014). Neste contexto, Leite & Leal (2007) evidenciaram a necessidade de pesquisas para minimizar os efeitos das emissões de CO<sub>2</sub> na poluição das grandes cidades, bem como controlar a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera.

A principal vantagem ambiental do biodiesel é que este pode ser utilizado em motores sem qualquer modificação, além da baixa emissão de partículas de carbono (C); uma vez que o biodiesel tem dois átomos de oxigênio (O<sub>2</sub>) na molécula, para os quais ocorre a combustão completa, portanto, utiliza uma quantidade de O<sub>2</sub> inferior à necessária para a combustão do diesel comum (Brasil, 2014).

No Brasil, o marco regulatório dos biocombustíveis, aprovado há nove anos, determinava que até 2013, a mistura fosse de 5% de biodiesel no óleo diesel. Contudo, a nova meta estabelecida pelo governo federal, a partir de novembro de 2014, é de 7% da adição obrigatória de biodiesel ao diesel de petróleo.

Por apresentar amplas adaptações geográficas e climáticas, amplo domínio tecnológico, e logística favorável, o que se reflete na alta produtividade e alta produção, a cultura da soja contribui com 70% da matéria-prima para a produção de biodiesel no Brasil (Brasil, 2014).

Diversos autores já pesquisaram as características do óleo com intuito de mapear as propriedades dessa matéria-prima para diversas aplicações (Froehner & Leithold, 2007; Suarez et al., 2007; Brock et al., 2008; Borsato et al., 2010; Luz et al., 2011). Entretanto, ainda são escassas as informações sobre as suas propriedades físico-químicas com foco no padrão de qualidade dessa matéria-prima para aplicação em vários produtos da indústria química e na utilização do biodiesel; o que poderá contribuir para a redução de emissão de poluentes na atmosfera, uma vez que as características intrínsecas à matéria-prima variam de acordo com as condições de semeadura, colheita, transporte e armazenamento.

Os ácidos graxos presentes no óleo determinam as propriedades finais do biodiesel, uma vez que apresentam diferenças quanto ao tamanho da cadeia hidrocarbônica, no número e na posição das duplas ligações (insaturação). O óleo de soja é composto por 15% de ácidos saturados e 85% de ácidos insaturados. Dentre os ácidos graxos saturados, há o predomínio do ácido palmítico (C16:0), seguido pelo ácido esteárico (C18:0); e dentre os ácidos graxos insaturados, há o predomínio do ácido linoléico (C18:2), seguido pelos ácidos oleico (C18:1) e linolênico (C18:3) (Mandarino et al., 2005).

Nesse contexto, Tomazin Junior (2008) descreve que o biodiesel produzido a partir de ácidos graxos saturados

apresenta maior número de cetano, lubrificidade elevada e melhor estabilidade química, levando ao controle do padrão de identidade e qualidade da matéria-prima para a produção deste biocombustível a partir dos ácidos graxos que a compõe. Com base em tais considerações, os estudos sobre a composição dos ácidos graxos presentes nas cultivares de soja, visando à produção de biodiesel com características desejáveis são de suma importância, para o que se propõe no presente estudo.

## Material e Métodos

No ano agrícola de 2013/14, foram realizados dois ensaios de competição de cultivares de soja no Centro Agrotecnológico da Universidade Federal do Tocantins, Campus de Palmas (10°45' S; 47°14' W; e 220 m de altitude), sendo que as semeaduras foram efetuadas em 05 de dezembro de 2013 e 23 de janeiro de 2014, em solo do tipo Latossolo vermelho amarelo distrófico, com as seguintes características químicas e físicas: pH (H<sub>2</sub>O): 4,1; K: 14,0 mg dm<sup>-3</sup>; P: 1,5 mg dm<sup>-3</sup>; Ca: 0,7 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg: 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; M.O.: 12 g kg<sup>-1</sup>; CTC: 4,6 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e saturação por bases (V): 26,7%. O delineamento experimental utilizado, em cada ensaio, foi o de blocos casualizados, com 10 diferentes tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram representados pelas cultivares de soja BRS 325RR, M 9144RR, BRS 33871RR, TMG 1288RR, BRS 333RR, P 98Y70, TMG 1180, BRS 9090RR, M 8766RR e BRS 8990 RR.

A parcela experimental foi composta de quatro linhas de 5,0 m de comprimento, com 0,45 m de espaçamento. A área útil de cada parcela foi representada pelas duas fileiras centrais, constituindo, assim, uma área de 3,6 m<sup>2</sup>; no entanto, no momento da colheita 0,45 m da ponta de cada linha central foi descartado.

Após uma análise prévia do solo foi realizada inicialmente a calagem, utilizando duas toneladas de calcário dolomítico Filler/ha. O preparo do solo foi efetuado 30 dias após a correção e consistiu das operações de aração, gradagem e sulcamento. A adubação de semeadura foi realizada conforme as exigências da cultura. No momento da semeadura foram realizados o tratamento das sementes com fungicidas, seguido de inoculação com de *Bradyrhizobium japonicum*.

A densidade de semeadura foi de 12 plantas por metro linear; e o controle de pragas, doenças e plantas daninhas foi realizado sempre que necessário. As plantas de cada parcela experimental foram colhidas uma semana após terem atingido 95% das vagens maduras, ou seja, no estágio R8 da escala de Fehr et al. (1971).

Com base na área útil da parcela, foi realizada a correção da umidade das sementes para 12%. Em seguida, três amostras, contendo 100 gramas de sementes de cada parcela, foram separadas para a determinação da composição dos ácidos graxos.

Os ácidos graxos foram analisados por cromatografia gasosa (CG) de acordo com o método oficial da American Oil Chemists' Society (Walker, 1986). A corrida cromatográfica foi realizada em um cromatógrafo gasoso com auto-injetor (marca Supelco, modelo SP 2340). A electroforese foi realizada por cromatografia isotérmica, a 170 °C entre zero e 10 min; seguido

de um aumento para 220 °C com incrementos de 3 °C min<sup>-1</sup> terminando com um aumento para 250 °C (final da corrida) e retorno a 170 °C, após 3 min. (equilíbrio térmico) com um detector de ionização de chama, a uma temperatura de 300 °C e injetor regulado para 250 °C durante toda a análise. O fluxo de gases foi regulado em 40 ml min<sup>-1</sup> de nitrogênio, 40 mL min<sup>-1</sup> de hidrogênio e 450 mL min<sup>-1</sup> de ar sintético. O tempo total da corrida eletroforética, para cada amostra, foi de 30 min. A identificação dos ácidos graxos foi realizada por comparação com os padrões analisados nas mesmas condições.

Para cada ácido graxo identificado, a análise de variância (ANOVA) foi realizada em separado para cada ensaio e, posteriormente, foi realizada uma análise conjunta dos ensaios, nos quais o menor quadrado médio residual não diferiu por mais de sete vezes o maior quadrado médio (Cruz & Regazzi, 2004), posteriormente os dados foram então submetidos ao teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov.

Como em estudos de divergência genética são selecionados os parentais com maiores médias, em relação às características que se deseja melhorar, objetivando a máxima concentração de alelos favoráveis (Cruz & Regazzi, 2004), foi aplicado o teste de Scott Knott, ao nível de 5% de significância, utilizando a média geral obtida para cada cultivar e concentração de ácido graxo.

Foi realizado estudo de divergência genética entre os cultivares, sendo as medidas de dissimilaridade determinadas segundo o modelo de análise multivariada, o que permitiu a obtenção da matriz de dissimilaridade, da matriz de covariância residual e das médias das cultivares.

Foi aplicado o método de agrupamento de Tocher proposto por Rao (1952), utilizando a distância generalizada de Mahalanobis (D<sup>2</sup>), como medida de dissimilaridade. Utilizou-se, também, o critério de Singh (1981) para quantificar a contribuição relativa dessas características para a divergência genética.

A correlação fenotípica entre as características foi determinada, sendo utilizado o teste t para verificar o nível de significância das diversas estimativas dos coeficientes de correlação obtidos. Os graus de liberdade foram obtidos com base no número de pares de observações - número de cultivares. As análises foram realizadas utilizando o programa Computacional GENES, versão 2007 (Cruz, 2007).

## Resultados e Discussão

A análise de variância (Tabela 1) revelou efeito significativo para as variáveis cultivar e ensaios e também para a interação

cultivar × ensaios, para todos os componentes dos ácidos graxos. A significância para cultivares indica a existência de variabilidade genética. Os coeficientes de variação (CV) foram baixos, indicando boa precisão na condução dos ensaios (Scapim et al., 1995).

Para o ácido palmítico, as cultivares de soja foram separados em quatro grupos distintos. O grupo com as maiores médias foi representado pelas cultivares BRS 8990RR (13,03%), TMG 1288RR (12,92%) e BRS 325RR (12,78%); e a cultivar TMG 1180RR apresentou o menor valor para o ácido palmítico (11,40%). As demais cultivares (60%) apresentaram valores intermediários (Tabela 2).

Para o ácido esteárico, houve uma separação total das cultivares, na qual a cultivar M 8766RR alcançou o maior valor médio (4,04%), seguido pelas cultivares BRS 333RR (3,83%) e TMG 1288RR (3,53%). Os menores teores de ácido esteárico foram obtidos para as cultivares BRS 8990RR, BRS 9090RR e BRS 3387RR, as quais apresentaram percentagens de 2,94, 2,76 e 2,39%, respectivamente.

Para o ácido araquídico, as cultivares foram separadas em quatro grupos distintos. No grupo com as maiores médias encontram-se as cultivares M 8766RR, BRS 333RR e BRS 325RR, todos com 0,42% de ácido araquídico. A cultivar BRS 33871RR apresentou a menor média (0,34%).

As cultivares com maior composição de ácido esteárico apresentaram, de modo geral, maior teor médio de ácido araquídico e palmítico, fato esse confirmado pelas correlações positivas e significativas entre estas características (Tabela 3). Em estudos com linhagens de soja, resultados semelhantes foram obtidos por Matta (2008), que também verificou

**Tabela 2.** Média geral da porcentagem de ácidos graxos saturados, determinados por cromatografia gasosa, em 10 cultivares de soja, considerando duas épocas de semeadura no ano agrícola de 2013/14, no município de Palmas, Estado do Tocantins, região Norte do Brasil

Cultivares	Ácidos graxos saturados			Σ saturado
	Palmítico	Esteárico	Araquídico	
BRS 325RR	12,78 a	3,28 e	0,42 a	16,48
M 9144RR	12,14 c	3,40 d	0,40 b	15,94
BRS 33871RR	12,11 c	2,39 j	0,34 d	14,84
TMG 1288RR	12,92 a	3,53 c	0,40 b	16,85
BRS 333RR	12,51 b	3,83 b	0,42 a	16,76
P 98Y70	12,40 b	2,98 g	0,38 c	15,76
TMG 1180	11,46 d	3,23 f	0,38 c	15,07
BRS 9090RR	11,88 c	2,76 i	0,39 b	15,03
M 8766RR	12,04 c	4,04 a	0,42 a	16,50
BRS 8990RR	13,03 a	2,94 h	0,38 c	16,35
Composição*	9,0 a 14,5	2,5 a 5,0	< 1,0	-

\* Composição de acordo com Brasil (1993). Médias seguidas pela mesma letra minúscula, nas colunas, pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamento de Scott-Knott, a 5% de significância.

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância de ácidos graxos determinada em 10 cultivares de soja, no ano agrícola 2013/14

Fonte de variação	GL	QM					
		Palmítico	Esteárico	Araquídico	Oleico	Linoleico	Linolênico
Bloco/ensaio	4	0,007	0,000	0,00018	0,00114	0,00255	0,00008
Cultivar	9	1,471*	1,465*	0,0035*	181,212 *	110,570*	3,810*
Ensaio	1	0,034*	4,648*	0,116*	10,028*	28,607*	0,018*
Cultivar x Ensaio	9	0,613*	0,047*	0,00094*	28,202*	20,069*	0,401*
Resíduo	36	0,0531	0,00071	0,00015	0,00599	0,013	0,00042
Média		12,32	3,23	0,39	27,06	50,95	6,02
C.V.(%)		1,87	0,82	3,14	0,28	0,23	0,34

GL: Grau de Liberdade; QM: Quadrado Médio; CV: Coeficiente de variação; \*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

**Tabela 3.** Estimativas dos coeficientes de correlações fenotípicas, entre os seis ácidos graxos estudados, considerando duas épocas de semeadura, em ensaios realizados no ano agrícola de 2013/14, em Palmas, Estado do Tocantins, Região Norte do Brasil

Ácido graxo	Palmítico	Estearíco	Araquídico	Oleico	Linoleico	Linolênico
Palmítico		0,95*	0,21	-0,22	0,12	0,19
Estearíco			0,85*	-0,70*	0,66*	0,58
Araquídico				-0,48	0,42	0,36
Oleico					-0,99*	-0,95*
Linoleico						0,94*

\*= Significativo, pelo teste t a 5% de probabilidade

correlação positiva e significativa entre o ácido palmítico e o ácido estearíco.

Os teores dos ácidos graxos saturados estão próximos aos encontrados em óleo de soja em estudos realizados por Lafont et al. (2014), cujos valores encontrados foram: palmítico (11,36-12,04%) e estearíco (4,02-5,25%). Além disso, estão de acordo com Brasil (1993), ou seja, palmítico (9,0-14,5%) e estearíco (2,5-5,0%).

Na Tabela 4 são mostrados os resultados referentes à composição dos ácidos graxos insaturados encontrados nas diferentes cultivares de soja. As médias obtidas indicam que as cultivares podem ser separadas em nove grupos distintos para os três ácidos insaturados (oleico, linoleico e linolênico). As cultivares BRS 9090RR, M 8766RR e TMG 1288RR apresentaram, respectivamente, os maiores teores de ácido oleico (36,6%), linoleico (56,04%) e linolênico (7,47%), seguidos pela cultivares BRS 33871RR (32,39% de ácido oleico), TMG 1288RR (55,76% de ácido linoleico) e TMG 1180 (6,82% de ácido linolênico). Entretanto, a cultivar TMG 1288RR mostrou menor teor de ácido oleico (19,91%) e a cultivar BRS 9090RR apresentou menores valores para os ácidos linoleico (43,42%) e linolênico (4,94%).

O comportamento médio das cultivares para os ácidos graxos oleico, linoleico e linoleico, permite inferir que as cultivares com maior teor de ácido oleico apresentam menores teores de ácidos linoleico e linolênico, resultando em correlação fenotípica negativa e significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre as características envolvendo o ácido oleico. No entanto, foi observada uma correlação positiva e significativa ( $r = 0,94$ ) entre os ácidos linoleico e linolênico (Tabela 3).

Em estudos realizados com outras linhagens de soja Matta (2008) e Primomo et al. (2002) também observaram correlações negativas e significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre o ácido oleico e os ácidos linoleico e linolênico. Do mesmo modo, Alt

et al. (2005) e Matta (2008) encontraram correlação positiva e significativa entre os ácidos linoleico e linolênico.

Deve ser ressaltado que a composição dos ácidos graxos insaturados nas cultivares estudadas se encontra dentro da faixa indicada por Brasil (1993), que define para oleico (18,0 a 34,0%), linoleico (45,0 a 60%) e linolênico (3,5 a 8,0%); pois, segundo esta mesma normativa, o conteúdo total dos ácidos graxos poliinsaturados linoleico e linolênico de uma mesma cultivar, utilizado para a produção de biodiesel, não devem ultrapassar 68% (Tabela 4). Entretanto, estes valores não foram encontrados em nenhuma das cultivares avaliadas neste estudo.

De acordo com Tomazin Junior (2008), Pinto et al. (2005) e Ramos et al. (2009), o biodiesel produzido a partir de ácidos graxos insaturados apresenta menor quantidade de cetano, lubrificidade reduzida e são menos instáveis quimicamente; pois, segundo Corsini et al. (2008), o aumento na proporção de ácidos insaturados proporciona um decréscimo na estabilidade oxidativa do óleo e, conseqüentemente, na qualidade do biodiesel.

Além disso, de acordo com Ramos et al. (2009), as propriedades do biodiesel são determinadas tanto pela quantidade de ácidos graxos saturados quanto pelo comprimento da cadeia e o número de duplas ligações, uma vez que o processo de transesterificação utilizado para a produção desse biocombustível, não altera a composição dos ácidos graxos das matérias-primas.

As medidas de dissimilaridade genética, estimadas a partir da distância de Mahalanobis (Tabela 5) para as características estudadas, oscilaram entre 737270 e 1070. A interação entre as cultivares BRS 9090RR  $\times$  M 8766RR foi a mais divergente, seguida pela interação entre as cultivares TMG 1288RR  $\times$  BRS 9090RR. A menor distância foi obtida na interação entre as cultivares BRS 325RR  $\times$  TMG 1180, seguida pela interação entre as cultivares P 98Y70  $\times$  BRS 33871RR.

**Tabela 4.** Média geral dos ácidos graxos insaturados, determinados por cromatografia gasosa, em 10 diferentes cultivares de soja, considerando duas épocas de semeadura realizadas no ano agrícola de 2013/14, no município de Palmas, Estado do Tocantins, Região Norte do Brasil

Cultivar	Ácidos graxos insaturados			$\Sigma$ Insaturado	Linoleico + Linolênico
	Oleico	Linoleico	Linolênico		
BRS 325RR	22,81 g	54,28 d	6,44 d	83,53	60,72
M 9144RR	29,08 d	49,43 g	5,55 f	84,06	54,98
BRS 33871RR	32,39 b	47,40 h	5,36 g	85,15	52,76
TMG 1288RR	19,91 i	55,76 b	7,47 a	83,14	63,23
BRS 333RR	27,02 f	50,35 e	5,86 e	83,23	56,21
P 98Y70	31,58 c	47,35 h	5,30 h	84,23	52,65
TMG 1180	22,68 g	55,43 c	6,82 b	84,93	62,25
BRS 9090RR	36,60 a	43,42 i	4,94 i	84,96	48,36
M 8766RR	20,81 h	56,04 a	6,64 c	83,49	62,68
BRS 8990RR	27,75 e	50,06 f	5,83 e	83,64	55,89
Composição*	18,0 a 34,0	45,0 a 60,0	3,5 a 8,0	-	48,5 a 68,0

\* Composição de acordo com Brasil (1993). Médias seguidas pela mesma letra minúscula, nas colunas, pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamento de Scott-Knott, a 5% de significância.

**Tabela 5.** Dissimilaridade genética entre 10 diferentes cultivares de soja, com base na distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2_{ii}$ ), considerando duas épocas de semeadura realizadas no agrícola de 2013/14, no município de Palmas, Estado do Tocantins, Região Norte do Brasil

Cultivares	BRS 325RR	M 9144RR	BRS 33871RR	TMG 1288RR	BRS 333RR
BRS 325RR		111830	248383	14983	63501
M 9144RR			29594	195551	7825
BRS33871RR				363460	67017
TMG 1288RR					128196
BRS 333RR					
P 98Y70					
TMG 1180					
BRS 9090RR					
M 8766RR					
Cultivares	P 98Y70	TMG 1180	BRS 9090RR	M 8766RR	BRS 8990RR
BRS 325RR	221492	1070	563370	12709	75708
M 9144RR	19067	126308	174829	194649	4384
BRS 33871RR	1975	266914	65230	369920	50095
TMG 1288RR	332007	9434	727414	6717	145466
BRS 333RR	50666	74896	253545	126854	2899
P 98Y70		240358	78753	334887	38439
TMG 1180			591688	10902	86639
BRS 9090RR				737270	226165
M 8766RR					147920

A análise de agrupamento pelo método de Tocher separou as 10 cultivares em três grupos (Tabela 6). O grupo I apresentou quatro cultivares similares, o grupo II cinco cultivares e o grupo III apenas a cultivar BRS 9090RR.

A formação dos grupos é importante na escolha dos progenitores, pois as novas combinações híbridas a serem estabelecidas devem ser baseadas na magnitude de suas dissimilaridades e no potencial dos genitores (Almeida et al., 2011), de modo que as melhores combinações híbridas devem envolver parentais tanto divergentes quanto de elevado desempenho médio.

A contribuição relativa de cada caráter, para a dissimilaridade genética, segundo o método de Singh (1981), mostrou que os ácidos graxos oleico (63,70%) e linoleico (23,53%) foram os mais eficientes para explicar a dissimilaridade entre as cultivares, devendo ser priorizadas na escolha de progenitores em programas de melhoramento visando à produção de biodiesel (Tabela 7).

A análise da comparação das médias obtidas, juntamente com o agrupamento estabelecido pelo método de Tocher, permitiu identificar quais seriam os cruzamentos mais promissores para a produção de biodiesel. Sendo assim, poderão ser esperados como promissores os cruzamentos entre as cultivares BRS

325RR × BRS 333RR, TMG 1288RR × BRS 333RR e M 8766RR × BRS 333RR, uma vez que essas cultivares foram bastante dissimilares, em termos de conteúdo de ácidos graxos (Tabelas 5 e 6), apresentaram as médias mais elevadas para os ácidos graxos saturados (Tabela 2), tiveram as menores médias para os ácidos graxos insaturados e tiveram o somatório dos ácidos linoleico e linolênico inferiores a 68% (Tabela 4).

## Conclusões

Os conteúdos de ácidos graxos oleico (63,7%) e linoleico (23,53%) são os mais eficientes para explicar a dissimilaridade genética entre cultivares de soja para a produção de biodiesel.

As cultivares de soja BRS 325RR, TMG 1288RR, BRS 333RR e M 8766RR apresentam composição de ácidos graxos altamente favoráveis, podendo ser utilizadas como matéria prima para a produção de biodiesel.

Os cruzamentos entre as cultivares de soja BRS 325RR × BRS 333RR, TMG 1288RR × BRS 333RR e M 8766RR × BRS 333RR são potencialmente promissores para a produção de biodiesel com características desejáveis.

## Literatura Citada

- Almeida, R. D.; Peluzio, J. M.; Afférris, F. Divergência genética entre cultivares de soja, sob condições de várzea irrigada, no sul do Estado Tocantins. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, n.1, p.108-115, 2011. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902011000100014>>.
- Alt, J. L.; Fehr, W. R.; Welke, G. A.; Sandhu, D. Phenotypic and molecular analysis of oleate content in the mutant soybean line M23. *Crop Science*, v.45, n.5, p.1997-2000, 2005. <<http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2004.0664>>.
- Borsato, D.; Guedes, C. L. B.; Moreira, I.; Pinto, J. P.; Dias, G. H.; Spacino, K. R. Otimização das condições de obtenção de biodiesel de óleo de soja utilizando o delineamento experimental de mistura. *Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas*, v.31, n.1, p.3-13, 2010. <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semexatas/article/viewArticle/4223>>. 18 Out. 2014.

**Tabela 6.** Agrupamento pelo método de Tocher, com base na distância generalizada de Mahalanobis de 10 diferentes cultivares de soja, considerando duas épocas de semeadura, realizadas no ano agrícola de 2013/14, no município de Palmas, Estado do Tocantins, Região Norte do Brasil

Grupo	Cultivar
I	BRS 325RR; TMG 1180; M 8766RR; TMG 1288RR.
II	BRS 33871RR; P 98Y70; M 9144RR; BRS 8990RR; BRS 333RR.
III	BRS 9090RR.

**Tabela 7.** Contribuição relativa dos caracteres para dissimilaridade genética de 10 diferentes cultivares de soja, colhidas na safra de 2013/2014 e avaliados pelo método proposto por Singh (1981)

Variável	Valor (%)
Ácido palmítico	0,78
Ácido esteárico	3,01
Ácido araquídico	0,03
Ácido oleico	63,70
Ácido linoleico	23,53
Ácido linolênico	9,18

- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Define as características de Identidade, Qualidade, Embalagem, Marcação e Apresentação do óleo de soja que se destina à comercialização interna. Portaria n. 795, de 15 de dezembro de 1993. <<http://www.agricultura.gov.br/legislacao>>. 27 Ago. 2014.
- Brasil. Ministério de Minas e Energia. Biodiesel - Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel. <<http://www.mme.gov.br/programas/biodiesel>>. 05 Set. 2014.
- Brock, J.; Nogueira, M.R.; Zakrezevski, C.; Corazza, F.C.; Corazza, M. L.; Oliveira, J. V. Determinação experimental da viscosidade e condutividade térmica de óleos vegetais. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.28, n.3, p.564-570, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612008000300010>>.
- Corsini, M. S.; Jorge, N.; Miguel, A. M. R. O de; Vicente, E. Perfil de ácidos graxos e avaliação da alteração em óleos de fritura. *Química Nova*, v.31, n.5, p.27-31, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422008000500003>>.
- Cruz, C. D. Programa Genes: Aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 648 p.
- Cruz, C. D.; Regazzi, A. J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 2004. 480p.
- Fehr, W. R.; Camvinness, C. E.; Burmood, D. T.; Pennington, J. S. Stage of development descriptions for soybean *Glycine max* (L.) Merrill, *Crop Science*, v.11, n.6, p.929-931, 1971. <<http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1971.0011183X001100060051x>>.
- Froehner, S.; Leithold, J. Transesterificação de óleos vegetais: caracterização por cromatografia em camada delgada e densidade. *Química Nova*, v.30, n.8, p.2016-2019, 2007. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422007000800037>>.
- International Energy Agency - IEA. World energy Outlook 2014. Paris: IEA, 2014. <<http://www.worldenergyoutlook.org>>. 27 Ago. 2014.
- Lafont, J. J.; Durango, L. C.; Aramendiz, H. Estudio químico del aceite obtenido a partir de siete variedades de soya (*Glycine max* L.). *Información Tecnológica*, v.25, n.2, p.79-86, 2014. <<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642014000200009>>.
- Leite, R. C. C.; Leal, M. R. L. V. O biocombustível no Brasil. *Novos Estudos*, v.78, p.15-21, 2007. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-33002007000200003>>.
- Luz, D. A.; Machado, K. R. G.; Pinheiro, R. S.; Maciel, A. P.; Souza, A. G.; Silva, F. C. Estudos físico-químicos do óleo de babaçu bruto e de um subproduto da etapa de degomagem do processo de refino. *Caderno de Pesquisa*, v.18, n.3, p.19-22, 2011. <<http://www.periodicoeletronicos.ufma.br/index.php/cadernosdepesquisa/article/view/640>>. 03 Out. 2014.
- Mandarino, J. M. G.; Roessing, A. C.; Benassi, V. de T. Óleos - alimentos funcionais. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 91p.
- Matta, L. B. Melhoramento genético da soja (*Glycine max* (L) Merrill) para baixo teor de ácido linolênico. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2008. 58p. Dissertação Mestrado. <[http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetailObraForm.do?select\\_action=&co\\_obra=191919](http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetailObraForm.do?select_action=&co_obra=191919)>. 12 Out. 2014.
- Pinto, A. C.; Guarieiro, L. L. N.; Rezende, M. J. C.; Ribeiro, N. M.; Torres, E. A.; Lopes, W. A.; Pereira, P. A.; Andrade, J. B. de. Biodiesel: an overview. *Journal Brazilian Chemical Society*, v.16, n.6b, p.1313-1330, 2005. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-50532005000800003>>.
- Primomo, V. S.; Falk, D. E.; Ablett, G. R.; Tanner, J. W.; Rajcan, I. Genotype x environment interactions, stability, and agronomic performance of soybean with altered fatty acid profiles. *Crop Science*, v.42, n.1, p.37-44, 2002. <<http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2002.0037>>.
- Ramos, M. J.; Fernández, C. M.; Casas, A.; Rodríguez, L.; Pérez, A. Influence of fatty acid composition of raw materials on biodiesel properties. *Bioresource Technology*. v.100, n.1, p.261-268, 2009. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2008.06.039>>.
- Rao, R. C. Advanced statistical methods in biometric research. New York: J. Wiley, 1952. 330p.
- Scapim, C. A.; Carvalho, C. G. P.; Cruz, C. D. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.30, n.5, p.683-686, 1995. <<https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4353>>. 12 Out. 2014.
- Singh, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. *The Indian Journal of Genetic and Plant Breeding*, v.41, n.2, p.237-245, 1981. <<http://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijgp&volume=41&issue=2&article=010>>. 05 Nov. 2014.
- Suarez, P. A. Z.; Meneghetti, M. R.; Wolf, C. R. Transformação de triglicerídeos em combustíveis, materiais poliméricos e insumos químicos: algumas aplicações da catálise na oleoquímica. *Química Nova*, v.30, n.3, p.667-676, 2007. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422007000300028>>.
- Tomazin Junior, C. Extração de óleo de soja com etanol e transesterificação etílica na miscela. 2008. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2008. 72p. Dissertação Mestrado. <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/64/64135/tde-14052010-100105/en.php>>. 05 Out. 2014.
- Walker, R. O. (Ed.). Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society. 3.ed. Champaign: American Oil Chemists' Society, 1986. v.1, 424p.