

# Dissimilaridade genética e análise de trilha de cultivares de soja avaliada por meio de descritores quantitativos

João Paulo Gonsiorkiewicz Rigon<sup>\*1</sup>, Silvia Capuani<sup>1</sup>, José Félix de Brito Neto<sup>2</sup>, Genésio Mário da Rosa<sup>3</sup>, Arci Dirceu Wastowski<sup>3</sup>, Carlos Alberto Gonsiorkiewicz Rigon<sup>4</sup>

## RESUMO

Além das avaliações entre genótipos, a utilização de técnicas multivariadas possibilita restringirem-se os erros, principalmente quanto à diversidade genética, podendo-se, assim, prever combinações com maior efeito heterótico, além da maior possibilidade de recuperação dos genótipos superiores. Objetivou-se, com este trabalho, avaliar a divergência genética entre 18 cultivares de soja, por meio de seis caracteres morfoagronômicos. Foi realizada a análise de trilha, para averiguar as contribuições direta e indireta desses caracteres sobre o rendimento de grãos. A distância generalizada de Mahalanobis fundamentou as técnicas de agrupamentos, tanto a de Tocher, bem como a do dendrograma por ligação simples. Observaram-se cinco grupos divergentes, sendo nove genótipos considerados similares entre si, enquanto os cultivares CEP 59, Netuno e Urano foram formadores de grupos isolados pelos dois métodos de agrupamento. Quanto à análise de trilha, observou-se que os caracteres indiretos pouco influenciaram o rendimento de grãos, tendo relação direta significativa com massa de 100 grãos, tendo-se destacado os cultivares Tertulha e CEP 53, com produtividade de grãos acima de 3,7 t ha<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** agrupamento, *Glycine max* (L.) Merr., divergência genética.

## ABSTRACT

### Genetic diversity and path analysis of soybeans cultivars evaluated by means of quantitative descriptors

In addition to the evaluations among genotypes, the use of multivariate techniques enables to restrict errors, mainly concerning genetic diversity, and therefore to predict combinations with greater heterotic effect, and the greater possibility of recovery of superior genotypes. The objective of this study was to evaluate the genetic divergence between 18 soybean cultivars based on six morphological characteristics. Path analysis was performed to verify the contribution of direct and indirect characters on grain yield. The Mahalanobis distance has founded techniques of both Tocher Method and dendrogram by Single Linkage. Five different groups were formed: with nine genotypes considered similar among them; while the cultivars CEP 59, Netuno and Urano formed groups isolated by the two grouping methods. The path analysis showed that the indirect characters had little influence on grain yield, with significant direct relationship with mass of 100 grain, and cultivars Tertulha and CEP 53 standing out with grain yields above 3.7 t.ha<sup>-1</sup>.

**Key words:** group; *Glycine max* L. Merrill; genetic divergence.

Recebido para publicação em 08/09/2011 e aprovado em 17/02/2012

<sup>1</sup>Engenheiros-Agrônomos. Mestrandos do Programa de Pós-Graduação em Agricultura da Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Campus Botucatu, Fazenda Experimental Lageado, Caixa Postal 237, Rua José Barbosa de Barros, 1780, 18610-307, Botucatu, São Paulo, Brasil. jprigon@fca.unesp.br; silviacapuani@fca.unesp.br (\*autor para correspondência)

<sup>2</sup>Engenheiro-Agrônomo, Doutor. Embrapa Algodão, Centro Nacional de Pesquisa do Algodão. Rua Oswaldo Cruz, 1143, Caixa Postal 174, Bairro Centenário, 58428-095, Campina Grande, Paraíba, Brasil. felix@cnpa.embrapa.br

<sup>3</sup>Químico, Doutor. Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria. Campus de Frederico Westphalen UFSCAR/CESNORS. Linha 7 de Setembro, s/n, Br 386, Km 80, 98400-000, Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil. genesio@ct.ufsm.br; wastowski@smail.ufsm.br

<sup>4</sup>Graduando em Agronomia. Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Frederico Westphalen UFSCAR/CESNORS, Linha 7 de Setembro, s/n, Br 386, Km 80, 98400-000, Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil. ca\_rigon@hotmail.com

## INTRODUÇÃO

Em função dos altos rendimentos e da ampla adaptação nas diferentes latitudes brasileiras, aliados ao alto teor proteico e lipídico, a cultura da soja constitui-se como a mais importante oleaginosa do mundo. Considerando-se a safra brasileira de 2009/2010, a cultura obteve crescimento produtivo de cerca 20%, influenciado principalmente pelo aumento de área, de praticamente dois milhões de hectares, em relação à da safra anterior (Conab, 2011).

A utilização de tecnologias e de materiais genéticos de alto potencial produtivo condicionou o aumento nos rendimentos. Porém, torna-se necessária, para ostentar incrementos cada vez mais compensatórios, a obtenção de materiais adaptados às condições edafoclimáticas de cada região (Câmara *et al.*, 1998). No melhoramento genético da soja, para obtenção de populações segregantes, necessita-se da escolha dos genitores a serem cruzados. Além disso, as hibridações artificiais em plantas autógamias geralmente envolvem cruzamentos entre biparentais, sendo as maiores limitações a variação genética estreita e a recombinação baixa, devidas ao processo posterior de autofecundação. Neste sentido, uma forma de possibilitar a obtenção de progênies superiores é reunir informações sobre a superioridade agrônômica e a divergência genética, para possibilitar combinações entre genitores, identificando o conjunto gênico mais amplo e a viabilidade de cruzamentos, podendo-se, assim, relacioná-las por técnicas multivariadas biométricas (Miranda, 1998; Cruz *et al.* 2004).

Apesar da preocupação atual sobre a perda da diversidade vegetal, em razão da substituição de variedades crioulas por cultivares com base genética estreita, a variabilidade genética consiste na manutenção produtiva em resposta às adversidades sobre estresses (Rinaldi *et al.*, 2007). Neste sentido, caracteres agrônômicos e morfológicos são submetidos à análise multivariada, permitindo identificar informações entre inúmeros caracteres, possibilitando restringir os erros quanto à escolha de progenitores mais divergentes nos programas de melhoramento (Cruz *et al.*, 2004).

O conhecimento dos graus de associação entre caracteres possibilita identificar variáveis que possam ser utilizadas na seleção indireta sobre outra variável, como a produtividade, principalmente quando a herdabilidade do caráter principal é baixa (Iqbal *et al.* 2003; Costa *et al.*, 2004). O desdobramento das correlações entre as variáveis, em efeitos diretos e indiretos, por meio da análise de trilha, mede, independentemente de outras variáveis, a influência direta de um caráter sobre outro, seguindo o diagnóstico da multicolinearidade entre as variáveis explicativas e as independentes (Cruz *et al.*, 2004). Desta forma, os resultados permitem identificar critérios de seleção para a

produtividade da soja, como averiguado por Bizeti *et al.* (2004), Costa *et al.* (2004), Arshad *et al.* (2006), Alcântara Neto *et al.* (2011) e Santos *et al.* (2011). Objetivou-se, com este trabalho, estudar as relações diretas e indiretas das variáveis com o rendimento, além de quantificar a variabilidade genética, por meio do agrupamento dos cultivares de soja e a contribuição relativa das variáveis para a dissimilaridade genética, podendo-se, assim, identificar as combinações superiores promissoras.

## MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido no município de Guarani das Missões, pertencente à Região das Missões do Rio Grande do Sul, com latitude 28° 08' 27" sul, longitude 54° 33' 29" oeste e altitude de 270 metros. O experimento foi conduzido em blocos casualizados, com três repetições, em solo predominantemente do tipo Latossolo Vermelho distrófico (Embrapa, 2006), sendo os tratamentos constituídos pelos 18 cultivares de soja: CD 214; CD 225; CD 226; CEP 59; CEP 55; CEP 53; SYN 9070; SYN 3358; SYN 9074; NK 7059; Dom Mário; Potência; Força; Impacto; Urano; Netuno; Titan; e Tertulha. As sementes foram submetidas à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum*, e secadas à sombra. Posteriormente, foi procedida a semeadura em sistema de plantio direto, no mês de dezembro de 2009, tendo como antecessora a cultura do trigo. O dimensionamento das parcelas foi de 4,95 x 5 m, comportando 12 linhas de cultivo, espaçadas a 0,45 m, com área útil 10,8 m<sup>2</sup>.

A adubação utilizada foi baseada em resultados da análise de solo: Arg: 45%; pH: 5,7; Índice SMP: 6,0; P e K: 4,3 e 103 mg.L<sup>-1</sup>; MO: 32 g.Kg<sup>-1</sup>; Al: 0,2 cmolc.L<sup>-1</sup>; Ca 9,8 cmolc.L<sup>-1</sup>; Mg: 3,2 cmolc.L<sup>-1</sup>; CTC: 16,5 cmolc.L<sup>-1</sup>; H+AL: 3,1; Sat. Bases: 80,9 g.Kg<sup>-1</sup>, frente às exigências da cultura na expectativa para rendimentos de 3 t ha<sup>-1</sup> (SBSCS, 2004), sendo utilizados 250 Kg.ha<sup>-1</sup> da fórmula 0-20-20.

Quanto aos tratamentos fitossanitários, foram utilizadas duas aplicações de fungicidas, de i.a. tebuconazole, em 150 g ha<sup>-1</sup> do i.a., sendo a primeira aplicação em V7 e a segunda em R3. Para o controle de pragas, utilizou-se o inseticida de i.a. acefato, em dosagem de 750 g ha<sup>-1</sup> do i.a.

Os caracteres mensurados foram: altura da inserção do primeiro legume (AIL) – distância, em cm, a partir da superfície do solo ao primeiro legume, obtida na época de maturação, em 10 plantas da área útil da parcela; altura das plantas (AP) – distância, em cm, a partir da superfície do solo até a extremidade da haste principal da planta, obtida na época da maturação, em 10 plantas da área útil; massa de 100 sementes (M100) – massa de 100 grãos com oito repetições, extrapolando-se para massa de 100 sementes; produtividade de grãos (PROD) – obtida por meio da trilha das plantas na área útil da parcela, descontada

para umidade de 13%. Maturação (MAT) – número de dias necessários para maturação fisiológica de 50% das plantas em estágio R7.3; índice de acamamento (IA) – contabilizado em estágio de maturação fisiológica, índice de 1 a 5, sendo 1 pouco susceptível ao acamamento ao 5, completamente acamado.

Para a análise da dissimilaridade entre os cultivares, os valores foram ordenados conforme procedimento de Scott-Knott (Scott & Knott, 1974), no qual a razão de v-rossimilhança atesta a significância entre a divisão dos grupos de tratamentos. Posteriormente, foi obtida a matriz de dispersão, empregando-se métodos multivariados, com base no método de agrupamento de ligação simples ou vizinho mais próximo, obtendo-se o dendrograma, utilizando-se a distância generalizada de Mahalanobis como

medida de dissimilaridade. Foi aplicado, também, o critério de Singh (1981), para quantificar a contribuição das características para a divergência genética entre os cultivares (Cruz *et al.*, 2004). Para a análise dos efeitos diretos e indiretos sobre o rendimento de grãos, foram realizadas as análises de trilha entre as variáveis, utilizando o programa Computacional Genes, versão 2008 (Cruz, 2008).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

São apresentados, na Tabela 1, os efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas primárias sobre o rendimento de grãos na cultura da soja de 18 cultivares. O coeficiente de determinação revela que 64% do rendimento é explicado pelo efeito das variáveis analisadas. É importante salientar que a produtividade é um caráter quan-

**Tabela 1.** Estimativa dos efeitos diretos e indiretos dos caracteres maturação fisiológica (MAT), índice de acamamento (IA), altura de planta (AP), altura de inserção do primeiro legume (AIL) e massa de 100 grãos (M100) sobre o rendimento (REND) de cultivares de soja

Caráter	Vias de Associação	Coeficientes de Trilha		Coeficiente de Correlação
		Efeito direto	Efeito indireto	
MAT	Efeito direto sobre REND	-0,1728		
	Efeito indireto via IA		-0,0305	
	Efeito indireto via AP		0,0215	
	Efeito indireto via AIL		-0,0602	
	Efeito indireto via M100		0,0398	
	Total			
IA	Efeito direto sobre REND	-0,0891		
	Efeito indireto via MAT		-0,0592	
	Efeito indireto via AP		-0,0901	
	Efeito indireto via AIL		-0,0639	
	Efeito indireto via M100		0,2251	
	Total			
AP	Efeito direto sobre REND	-0,1896		
	Efeito indireto via MAT		0,0196	
	Efeito indireto via IA		-0,0423	
	Efeito indireto via AIL		-0,0925	
	Efeito indireto via M100		0,1106	
	Total			
AIL	Efeito direto sobre REND	-0,1477		
	Efeito indireto via MAT		-0,0704	
	Efeito indireto via IA		-0,0386	
	Efeito indireto via AP		-0,1189	
	Efeito indireto via M100		-0,0612	
	Total			
M100	Efeito direto sobre REND	0,4673		
	Efeito indireto via MAT		0,0147	
	Efeito indireto via IA		0,0424	
	Efeito indireto via AP		0,04491	
	Efeito indireto via AIL		-0,0193	
	Total			
Coeficiente de determinação				0,64
Efeito da variável residual				0,53

titativo e com grandes alelos modificadores (pequeno efeito), sendo influenciados fortemente pelas condições do ambiente, e, conseqüentemente, de herdabilidade baixa. Deste modo, observa-se um sistema de inter-relações sobre o rendimento, com influência de outro caráter, denominado efeito indireto. Em função de os valores dos efeitos diretos sobre o rendimento serem inferiores aos obtidos via correlações, pode-se salientar que existem outras características exercendo influência nas correlações com a componente principal.

Observou-se relação direta positiva apenas para massa de 100 grãos com o rendimento, com coeficiente de correlação 0,54, resultados semelhantes aos obtidos por Arshad *et al.* (2006), Iqbal *et al.* (2008), Almeida *et al.* (2010) e Malik *et al.* (2011) em estudos com a cultura da soja. Entretanto, os efeitos indiretos dos demais caracteres, pouco contribuíram com o componente principal. Isto indica a viabilidade da seleção indireta para obtenção de ganhos no caráter de maior importância primária, apesar de a melhor estratégia consistir na seleção de variáveis com efeitos indiretos significativos (Cruz *et al.* 2004).

No entanto, houve alta correlação negativa entre altura de inserção do primeiro legume com o rendimento. De acordo com Lopes *et al.* (2002), existe uma tendência em se valorizar mais o sinal, do que propriamente a magnitude dos valores das correlações entre os melhoristas, valorizando-se as estimativas abaixo de -0,5 e acima de 0,5.

Neste caso, aliam-se as correlações da maturação e altura de planta com a inserção do primeiro legume sobre o rendimento. Sendo assim, observou-se que o ciclo mais curto influi no incremento produtivo, possivelmente por menor exposição a fatores bióticos e abióticos, como reportado por Vieira (2007).

Da mesma forma, as menores alturas, pelo efeito indireto da inserção do primeiro legume, inferem sobre o rendimento de grãos, concordando com dados de Carvalho *et al.* (2002), em estudo com soja. Usualmente na cultura, a utilização de cultivares com menor altura de inserção do primeiro legume e maior altura de planta conduz ao ideótipo ideal, por possuir maior capacidade de massa de grãos por planta, conforme Miranda (1998). Além disso, a altura mínima da primeira vagem deve situar-se entre 10 e 15 cm para não possibilitar perdas na colheita na cultura da soja (Sedyama *et al.*, 2005).

Analisando-se os efeitos indiretos entre os componentes, constataram-se magnitudes de interferência moderada; porém, algumas contribuições foram mais explicativas, como a AP e IA com efeitos medianos sobre M100 (0,11 e 0,22, respectivamente). Diferentemente, o efeito indireto proporcionado por AIL sobre AP foi negativo (-0,11).

As médias das variáveis para cada cultivar são mostradas na Tabela 2. Observou-se que os caracteres altura de inserção do primeiro legume, altura de planta e índice

**Tabela 2.** Médias das variáveis para os 18 cultivares de soja, conforme procedimento de Scott-Knott

Cultivares	AIL	AP	M100	REND	MAT	IA
CD 214	17,2 b*	105,0 a	13,29 b	2730 c	140 a	1,8 a
CD 225	16,7 b	122,5 a	14,64 a	2610 c	127 b	1,5 b
CD 226	18,7 b	103,5 a	16,40 a	3076 b	130 a	1,4 b
CEP 59	29,0 a	107,2 a	16,84 a	2628 c	142 a	1,3 b
CEP 55	8,8 c	84,0 c	16,37 a	3276 b	132 a	1,0 c
CEP 53	11,7 c	77,7 c	17,30 a	3720 a	134 a	1,1 c
SYN 3358	14,8 c	90,2 b	15,53 a	3060 b	125 b	1,1 c
SYN 9074	22,6 b	108,7 a	16,75 a	3198 b	135 a	1,8 a
NK 7059	11,5 c	98,4 b	16,22 a	3002 b	128 b	1,0 c
DOM MÁRIO	19,7 b	108,5 a	13,64 b	3000 b	133 a	1,7 a
POTENCIA	15,0 c	94,1 b	14,47 a	3276 b	135 a	1,2 b
FORÇA	22,0 b	107,8 a	13,40 b	3210 b	134 a	1,5 b
IMPACTO	21,6 b	113,0 a	17,32 a	3102 b	133 a	1,7 a
URANO	19,8 b	75,1 c	22,41 a	2010 c	134 a	1,0 c
NETUNO	10,6 c	59,7 c	13,17 b	3384 b	139 a	1,5 b
TITAN	11,7 c	81,3 c	17,32 a	2976 b	134 a	1,0 c
TERTULHA	11,8 c	91,3 b	16,27 a	3780 a	125 b	1,0 c
SYN 9070	22,6 b	107,2 a	15,33 a	3176 b	135 a	1,0 c
Média Geral	16,61	97,38	15,83	3080	133	1,34
Coeficiente de Variação (%)	13,85	8,65	16,43	14,12	4,73	12,54

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem a 5% de probabilidade, pelo procedimento de Scott-Knott. AIL: Altura de inserção do 1º legume; AL: altura de planta (cm); M100: massa de 100 grãos (g); REND: Rendimento (Kg.ha<sup>-1</sup>); MAT: Maturação (dias); IA: Índice de acamamento.

Tabela 3. Distância generalizada de Mahalanobis (D<sup>2</sup><sub>ii</sub>) de 18 cultivares de soja com base em seis características

Cultivar	CD225	CD226	CEP59	CEP55	CEP53	S3358	S9074	NK7059	D MA	POT	FOR	IMPA	URAN	NETUN	TITAN	TERT	S9070
CD214	0,1593	0,1137	0,1345	0,2453	0,2398	0,2548	0,0621	0,2378	0,0473	0,1015	0,0755	0,0728	0,2702	0,1989	0,1912	0,3865	0,1607
CD225		0,0505	0,2799	0,2180	0,2885	0,0989	0,1309	0,1016	0,0653	0,1407	0,0960	0,0792	0,2724	0,4098	0,2020	0,2232	0,1461
CD226			0,1900	0,1155	0,1245	0,0476	0,0611	0,0628	0,0290	0,0415	0,0270	0,0333	0,1971	0,2275	0,0981	0,1223	0,0560
CEP59				0,4108	0,3861	0,3743	0,1313	0,3672	0,1558	0,2070	0,1156	0,1391	0,2242	0,4923	0,2998	0,5347	0,1035
CEP55					0,0311	0,0690	0,2740	0,0345	0,2018	0,0477	0,1869	0,2369	0,2334	0,1150	0,0164	0,0651	0,1627
CEP53						0,1112	0,2265	0,0979	0,1944	0,0447	0,1651	0,2148	0,2965	0,0723	0,0496	0,0750	0,1582
S3358							0,2061	0,0221	0,1321	0,0792	0,1299	0,1566	0,2077	0,2360	0,0763	0,0521	0,1378
S9074								0,2340	0,0192	0,1093	0,0280	0,0080	0,3151	0,2740	0,2350	0,3028	0,1113
NK7059									0,1510	0,0613	0,1446	0,1772	0,2023	0,2297	0,0442	0,0585	0,1227
D MA										0,0714	0,0167	0,0118	0,2691	0,2393	0,1728	0,2371	0,0976
POT											0,0525	0,0942	0,2099	0,1043	0,0380	0,1111	0,0612
FOR												0,0209	0,2633	0,2384	0,1569	0,2072	0,0432
IMPA													0,2787	0,2943	0,2035	0,2533	0,0864
URAN														0,3213	0,1333	0,3888	0,2038
NETUN															0,1054	0,2565	0,2892
TITAN																0,1178	0,1237
TERT																	0,1916

D MA: Dom Mário; POT: Potencia; FOR: Força; IMPA: Impacto; URAN: Urano; NETUN: Netuno; TERT: Tertulha

de acamamento posicionaram-se em classes semelhantes, evidenciando certa relação entre estas variáveis, como constatado na análise de trilha. Em relação ao rendimento de grãos, a média obtida foi de 3 t ha<sup>-1</sup>, próxima à dos dados obtidos por Behling *et al.* (2009) em Seropédica - RJ, em estudo com 10 cultivares de soja, assim como os de Almeida *et al.* (2011) e de Santos *et al.* (2011), em estudo com 12 e 48 cultivares de soja, respectivamente, em Formoso do Araguaia - TO. A média produtiva equiparou-se também à expectativa nacional para a safra 2011/2012, de 2,9 t ha<sup>-1</sup> (Conab, 2011). Dentre os cultivares mais produtivos destacaram-se o Tertulha, registrado a partir da última safra à comercialização, e o Cep 53.

No tocante à divergência genética, as medidas de dissimilaridade foram estimadas a partir da distância de Mahalanobis (Tabela 3). Observou-se elevada magnitude nas distâncias, desde D<sup>2</sup>: 0,008 à 0,53, indicando presença de alta variabilidade genética. Vieira *et al.* (2009) averiguaram a distância genética em 53 cultivares de soja, entre 0,02 e 0,73, separadas em sete grupos, assim como Brown-Guerida *et al.* (2000), em experimento com 105 acessos de soja, com distanciamento variando entre 0,08 e 0,76, formando 11 grupos distintos. Desta forma, houve grande divergência entre os cultivares estudados, assim como ampla variabilidade, segundo constataram outros trabalhos entre genótipos de soja, como os de Sihag *et al.* (2004), Chettri *et al.* (2005) e Malik *et al.* (2007).

Quanto menor a distância, têm-se indivíduos genéticos semelhantes ou parentais. Isto foi averiguado entre os cultivares Impacto e Syn 9074 (D<sup>2</sup> = 0,008), assim como entre o cultivar Impacto e o Dom Mário (D<sup>2</sup> = 0,01); Dom Mário e Força (D<sup>2</sup> = 0,016) e CEP 55 e Titan (D<sup>2</sup> = 0,016), enquanto as combinações mais divergentes apareceram entre Tertulha e CEP 59 (D<sup>2</sup> = 0,53); Netuno e CD 225 e CEP 59 (D<sup>2</sup> = 0,40 e 0,39), CEP 53 e CEP 59, com distanciamento de 0,38.

A distância generalizada de Mahalanobis permitiu quantificar a importância relativa de caracteres para a diversidade genética, por meio da avaliação da contribuição dos caracteres para os valores de D<sup>2</sup>. Assim como verificado por Azevedo *et al.* (2004), Almeida *et al.* (2011) e Santos *et al.* (2011) na cultura da soja. Neste sentido, a aplicação do método de otimização de Tocher, baseada na matriz de Mahalanobis, separou os indivíduos em cinco grupos (Tabela 4), sendo metade dos genótipos reunidos no grupo I (SYN 9074, Impacto, Dom Mário, Força, CD 226, Potencia, Syn 9070, CD 214 e CD 225) e seis cultivares no grupo II (CEP 55, Titan, NK 7059, Syn 3358, CEP 53 e Tertulha). Entretanto, os grupos III, IV e V foram mais intensamente divergentes e assim, constituídos por apenas um genótipo em cada nível, composto pelos cultivares Netuno, Urano e CEP 59, respectivamente. Observou-se que os resultados obtidos pelo agrupamento de Tocher

confirmaram os distanciamentos expressos na Tabela 4, tanto para os indivíduos mais similares, quanto para os mais divergentes. A formação desses grupos representa valiosa informação dentro do programa de melhoramento, pois a de cultivares em grupos mais distantes fornece o indicativo de serem dissimilares, podendo ser considerados mais aptos aos cruzamentos artificiais (Abreu *et al.*, 1999).

O método utilizado de aglomerativo Ligação Simples por vizinho mais próximo tem a finalidade de reunir indivíduos mais similares entre si; em seguida, identificar o novo par mais semelhante para formar outro par de indivíduos e, assim, sucessivamente, formando grupos de acordo com suas similaridades (Cruz *et al.* 2004). Este procedimento também foi realizado em outros estudos sobre divergência na cultura da soja (Peluzio *et al.* 2009; Almeida *et al.*, 2011).

O dendrograma (Figura 1) representa bem os agrupamentos dos cultivares de soja. Verifica-se que os cultivares Syn 9074, Impacto, Dom Mário, Força e CD 226 tiveram encadeamento próximo, representando a mesma conformação do grupo I pelo método de Tocher (Tabela 4). Da mesma forma, Syn 3358, HK 7059, CEP 55, Titan e CEP 53 formaram nova sequência de similaridade no dendrograma, tendo a mesma representação do grupo II. Potencia, Syn 9070, CD 214 e CD 225 formaram novo encadeamento de ligação entre grupos, embora presentes no grupo I (Tabela 4), possivelmente por serem similares, mas com

médias maiores que as do encadeamento anterior. Os demais cultivares, Netuno, Cep 59 e Urano foram os mais divergentes, assim como verificado pelo método de Tocher. Portanto, os agrupamentos do dendrograma mostraram-se semelhantes aos obtidos pelo método de Tocher, concordando com os de Santos *et al.* (2011), em estudo da divergência em soja. Além disso, foi observado coeficiente de correlação cofenético de magnitude 0,75, sendo considerado de boa estimativa.

Dentre as variações entre os caracteres avaliados, o parâmetro de maior influência, e, conseqüentemente, de mais intensa contribuição para a divergência genética, foi a altura de inserção do primeiro legume, seguido pela época de maturação fisiológica da soja, os quais contribuiriam

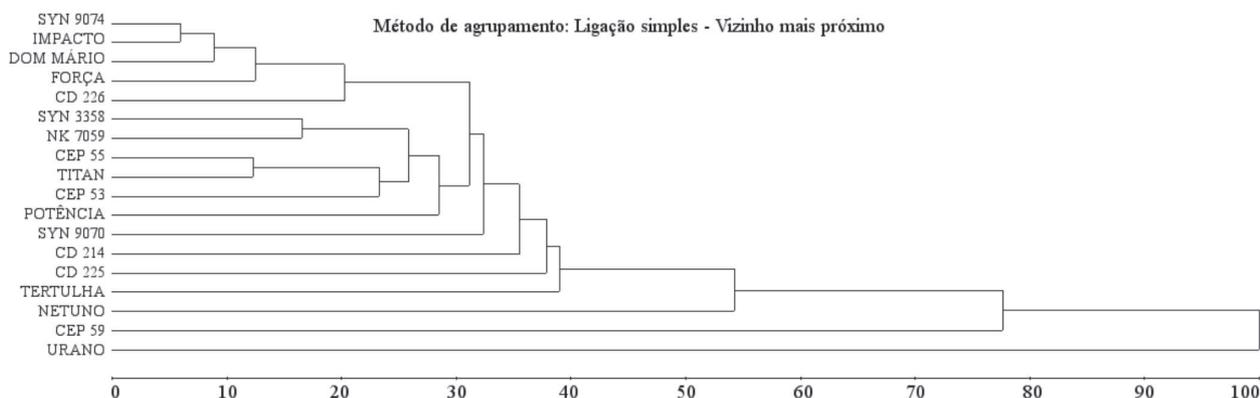
**Tabela 5.** Contribuição relativa das variáveis em 18 cultivares de soja, conforme critério de Singh (1981)

Variáveis	S.j.	Valor (%)
Altura de inserção do primeiro legume	5,6760	23,0203
Altura de planta	4,6361	18,8028
Massa de 100 grãos	0,8068	3,2723
Rendimento	4,1118	16,6764
Maturação fisiológica	5,0021	20,2875
Índice de acamamento	4,4235	17,9406

Sj: contribuição da variável x para o valor da distância de Mahalanobis entre os cultivares

**Tabela 4.** Agrupamento de otimização entre dezoito cultivares de soja, obtido pelo método de Tocher, com base em seis características, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis

Grupo	Indivíduos								
I	SYN 9074	IMPACTO	DOM MÁRIO	FORÇA	CD 226	POTENCIA	SYN 9070	CD 214	CD 225
II	CEP 55	TITAN	NK 7059	SYN 3358	CEP 53	TERTULHA			
III	NETUNO								
IV	URANO								
V	CEP 59								



**Figura 1.** Dendrograma representativo da dissimilaridade genética entre 18 cultivares de soja, obtido pelo método de agrupamento ligação simples - vizinho mais próximo, utilizando a matriz generalizada de Mahalanobis.

com 23 e 20%, respectivamente (Tabela 5), enquanto a variável massa de 100 grãos pouco se distinguiu entre os indivíduos, com importância de 3,27%, similar aos dados reportados por Peluzio *et al.* (2009), com contribuição de 2,8%. Esta pequena distinção entre os materiais deve-se, possivelmente, ao fato de o melhoramento genético deste caráter na cultura da soja ter sido intensificado, pois relaciona-se diretamente com o rendimento de grãos.

## CONCLUSÕES

A distância generalizada de Mahalanobis fundamentou as técnicas de agrupamentos, tanto de Tocher, quanto do dendrograma por ligação simples com identificação de genótipos dissimilares com potenciais cruzamentos artificiais.

As variáveis de maior contribuição para a divergência foram a altura de inserção do primeiro legume e a época de maturação fisiológica.

Os caracteres indiretos pouco influenciaram o rendimento de grãos, tendo relação direta significativa com massa de 100 grãos, tendo-se destacado os cultivares Tertulha e CEP 53, com produtividades de grãos acima de 3,7 t ha<sup>-1</sup>.

## REFERÊNCIAS

- Abreu A de FB, Ramalho MAP & Ferreira DF (1999) Selection potential for seed yield from intra and inter-racial populations in common bean. *Euphytica*, 108:121-127.
- Alcântara Neto F, Gravina G de A, Monteiro MM de S, Orais FB de, Petter FA & Albuquerque JAA de (2011) Análise de trilha do rendimento de grãos de soja na microrregião do Alto Médio Gurguéia. *Comunicata Scientiae*, 2:107-112.
- Almeida RD de, Peluzio JM & Afferri FS (2010) Correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais em soja cultivada sob condições de várzea irrigada, Sul de Tocantins. *Bioscience Journal*, 26:95-99.
- Almeida RDA, Peluzio JM & Afféri FS (2011) Divergência genética entre cultivares de soja, sob condições de várzea irrigada, no sul do Estado Tocantins. *Revista Ciência Agronômica*, 42:108-115.
- Arshad M, Ali N & Ghafoor A (2006) Character correlation and path coefficient in Soybean (*Gycine max* Merrill). *Pakistan Journal of Botany*, 38:121-130.
- Azevedo PH, Azevedo VH, Sediya T, Reis MS, Teixeira RC & Cecon PR (2004) Divergência genética entre genótipos de soja ausentes de enzimas lipoxigenases. *Revista Ceres*, 51:663-670.
- Behling M, Zonta E, Lima E & Amaral Sobrinho NMB do (2009) Produtividade e desempenho vegetativo de dez cultivares de soja na Baixada Fluminense, Seropédica-RJ. *Revista Ceres*, 56:69-73.
- Bizeti HS, Carvalho CGP de, Souza JRP de & Destro D (2004) Path analysis under multicollinearity in soybean. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 47:669-676.
- Brown-Guerida GL, Thompson JA, Nelson RL & Warburton ML (2000) Evaluation of genetic diversity of soybean introductions and North American ancestors using RAPD and SSR markers. *Crop Science*, 40:815-823.
- Câmara GMS, Piedade SMS, Monteiro JH & Guerzoni RA (1998) Desempenho vegetativo e produtivo de cultivares e linhagens de soja de ciclo precoce no município de Piracicaba – SP. *Scientia Agrícola*, 55:395-408.
- Carvalho FIF, Silva SA, Kurek AJ & Marchiori VS (2002) Estimativas e implicações da herdabilidade como estratégia de seleção. Pelotas, Editora e gráfica da UFPel. 99p.
- Chettri M, Mondal S & Nath R (2005) Studies on genetic variability in Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) in the mid hills of Darjeeling District. *Journal of Interacademia*, 9:175-178.
- Conab - Companhia Nacional de Abastecimento (2011) Acompanhamento de safra brasileira: grãos, terceiro levantamento, dezembro 2011 / Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília, Conab. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11\\_12\\_08\\_10\\_58\\_12\\_08.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_12_08_10_58_12_08.pdf). Acessado em: 03 de janeiro de 2012.
- Costa MM, Mauro AO, Unêda-Trevisoli SH, Arriel NHC, Bárbaro I M & Muniz FRS (2004) Ganho genético por diferentes critérios de seleção em populações segregantes de soja Pesquisa Agropecuária Brasileira, 39:1095-1102.
- Cruz CD (2008) Programa Genes - Diversidade genética. 1ª ed. Viçosa, Editora UFV. 278p.
- Cruz CD, Regazzi AJ & Carneiro PCS (2004) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 3ª ed. Viçosa, Editora UFV. 480p.
- Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2006) Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro. 412p.
- Iqbal M, Chang MA & Iqbal MZ (2003) Correlation and path coefficient analysis of earliness and agronomic characters of upland cotton in Multan. *Pakistan Journal of Agronomy*, 2:160-168.
- Iqbal Z, Arshad M, Ashraf M, Mahmood T & Waheed A (2008) Evaluation of Soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] germplasm for some important morphological traits using multivariate analysis. *Pakistan Journal of Botany*, 40:2323-2328.
- Lopes AC de A, Vello NA, Pandini F, Rocha M de M & Tsutsumi CY (2002) Variabilidade e correlações entre caracteres em cruzamentos de soja. *Scientia Agrícola*, 59:341-348.
- Malik MFA, Ashraf M, Qureshi AS & Ghafoor A (2007) Assessment of genetic variability, correlation and path analyses for yield and its components in soybean. *Pakistan Journal of Botany*, 39:405-413.
- Malik MFA, Ashraf M, Qureshi AS & Khan MR (2011) Investigation and comparison of some morphological traits of the Soybean populations using cluster analysis. *Pakistan Journal of Botany*, 43:1249-1255.
- Miranda GV (1998) Diversidade genética e desempenho de cultivares de soja como progenitores. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 117p.
- Peluzio JM, Vaz-de-Melo A, Afféri FS, Silva RR, Barros HB, Nascimento IR & Fidelis RR (2009) Variabilidade genética entre cultivares de soja, sob diferentes condições edafoclimáticas. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, 2:21-29.
- Rinaldi DA, Pípulo VC, Gerage AC, Ruas C de F, Fonseca N da S, Souza A de, Souza SGH de & Garbuglio DD (2007) Correlação entre heterose e divergência genética estimadas por cruzamentos dialélicos e marcadores RAPD em populações de milho-pipoca. *Bragantia*, 66:183-192.
- Santos ER, Barros HB, Ferraz E de C, Capone A, Santos AF dos & Fidelis RR (2011) Divergência entre genótipos de soja, cultivados em várzea irrigada. *Revista Ceres*, 58:755-764.

- SBCS - Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (2004) Núcleo Regional Sul/Comissão de Química e Fertilidade do Solo. Manual de adubação e calagem para os estados do RS e SC. Porto Alegre. 400p.
- Scott AJ & Knott MA (1974) Cluster analysis methods for grouping, means in the analysis of variance. *Biometrics*, 30:507-512.
- Sediyama T, Teixeira RC & Reis MS (2005) Melhoramento da soja. In: Borém A (Ed.) Melhoramento de espécies cultivadas. Viçosa, Editora UFV. p.897-930.
- Sihag R, Hooda JS, Vashishtha RD & Malik BPS (2004) Genetic divergence in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]. *Annual Biological*, 20:17-21.
- Singh D (1981) The relative importance of characters affecting genetic divergence. *The Indian Journal of Genetics & Plant Breeding*, 41:237-245.
- Vieira C (2007) Cultura do feijão. 2ª ed. Vicosa, UFV. 146p.
- Vieira ESN, Schuster I, Silva SB & Oliveira MAR (2009) Variabilidade genética em cultivares de soja determinada com marcadores microssatélites em gel de agarose. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44:1460-1466.