

## DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE GENÓTIPOS DE SORGO SACARINO USANDO TÉCNICAS MULTIVARIADAS

Mara Jane da Rocha\*; Pakizza Sherma da Silva Leite\*\*; Gabrielle Maria Romeiro Lombardi\*\*\*; José Airton Rodrigues Nunes\*\*\*\*; Rafael Augusto da Costa Parrella\*\*\*\*\*; Talieisse Gomes Fagundes\*\*\*\*\*; Thiago Tavares Botelho\*\*\*\*\*

\*Mestranda em Genética e Melhoramento de Plantas na Universidade Federal de Lavras (UFLA); marajane\_r@hotmail.com; \*\*Doutoranda em Genética e Melhoramento de Plantas da UFLA; pakizza@hotmail.com; \*\*\*Mestranda em Genética e Melhoramento de Plantas na Universidade Federal de Lavras (UFLA); gabriellelombardi@hotmail.com; \*\*\*\*Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas e Professor Adjunto do Departamento de Biologia da UFLA; jarnunes@dbi.ufla.br; \*\*\*\*\*Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas e Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo; rafael.parella@embrapa.br; \*\*\*\*\*Graduanda em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras, tali.gomes@hotmail.com; \*\*\*\*\*Graduando em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras, thiagotavares@hotmail.com

Universidade Federal de Lavras, Campus Universitário - Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras MG, <http://www.ufla.br/>, e-mail: reitoria@reitoria.ufla.br, telefone: (35) 3829-1122

Embrapa- Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS), Caixa Postal 151, CEP 35701-970, Sete Lagoas MG, <https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo>, telefone: (35) 3829-1122

### RESUMO

Objetivou-se avaliar a divergência genética entre genótipos de sorgo sacarino por meio de técnicas multivariadas. Foram avaliados 45 genótipos de sorgo sacarino em Lavras-MG. O delineamento experimental foi o alfa-látice 9x5, com três repetições. As parcelas consistiram de duas linhas de 5 metros espaçadas 0,60 metros. Foram mensurados os seguintes caracteres: número de dias para o florescimento, altura de planta (m), massa de panícula (g), produção de massa verde (t/ha), teor de sólidos solúveis totais (%caldo), toneladas de brix por hectare e produção de etanol (L/ha). Procederam-se as análises de variância associado ao teste F a 5% de probabilidade. A diversidade genética foi avaliada com base na distância de Mahalanobis com posterior agrupamento dos genótipos pelo método de Tocher, bem como pelo método das variáveis canônicas (CRUZ e CARNEIRO, 2006). Houve divergência genética entre os genótipos de sorgo sacarino quanto aos caracteres estudados. As técnicas multivariadas utilizadas possibilitaram a formação de três grupos bem definidos e concordantes, com destaque para a linhagem CMSXS643R por apresentar desempenho agrônomo e industrial favoráveis.

**Palavras Chave:** *Sorghum bicolor*, variáveis canônicas, distância genética

### ABSTRACT

#### GENETIC DIVERGENCE AMONG GENOTYPES OF SWEET SORGHUM BY MULTIVARIATE TECHNIQUES

The aim of this study was to evaluate the genetic divergence among genotypes of sweet sorghum by multivariate techniques. The experiment was conducted at the Federal University of Lavras. We evaluated 45 genotypes in Lavras, Minas Gerais State, Brazil. The experimental design was a 9x5 alpha-lattice design with three replications. The plots consisted of two five-meter rows spaced 0.60 meter. We measured the following traits: number of days to flowering, plant height (m), weight of panicle (g), yield of green matter (t/ha), total soluble solids (%juice), tons of brix per hectare and ethanol yield (L/ha). It was applied the analysis of variance associated with the F-test at 5% probability. The genetic diversity was evaluated based on the Mahalanobis distance with clustering by Tocher method, and the method of canonical variables (Cruz and Carneiro, 2006). There was genetic divergence among genotypes of sweet sorghum for the studied traits. The multivariate techniques grouped the genotypes in three well-defined clusters, highlighting the line CMSXS643R with favorable agronomic and industrial performance.

**Keywords:** *Sorghum bicolor*, canonical variables, genetic distance

### INTRODUÇÃO

No Brasil, o principal bicomustível produzido é o etanol. No entanto, a produção brasileira é bastante concentrada em apenas uma matéria-prima, a cana-de-açúcar (CONAB, 2013), a qual apresenta algumas

limitações, com destaque para a falta de disponibilidade de matéria-prima para a usina durante o período de entressafra e a competição existente no que se refere à destinação da matéria-prima por parte das usinas, seja para a produção de açúcar ou etanol. Diante disso, novas culturas com potencial bioenergético devem ser buscadas.

O sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] é considerado uma interessante opção complementar à cana-de-açúcar para compor a matriz energética nacional. Constitui-se num tipo de sorgo que apresenta colmos suculentos ricos em açúcares fermentáveis, característica que permite sua utilização na produção de etanol. Outras características como o ciclo vegetativo rápido (120 a 130 dias), facilidade de mecanização, utilização dos mesmos equipamentos nas operações de colheita e processamento, utilização do bagaço como fonte de energia para indústria, cogeração de eletricidade, viabilizam seu uso durante o período de entressafra da cana-de-açúcar (CUNHA e SEVERO FILHO, 2010).

Diante das potencialidades desta cultura, pesquisas visando o melhoramento genético do sorgo sacarino tem sido desenvolvidas com foco principal em desenvolver novas cultivares com elevada produção de etanol por hectare.

O sorgo sacarino, apesar de ser descrito como planta autógama, apresenta manifestação heterótica em combinações híbridas, tanto para caracteres agronômicos quanto para os caracteres industriais (DURÃES, 2014). Nesse sentido o conhecimento da diversidade genética permite direcionar as estratégias de cruzamentos específicos, maximizando os ganhos genéticos nos ciclos de seleção. Segundo Ferreira et al. (1995) a escolha dos pais para obter a populações de ampla base genética, onde a seleção atuará, deve aliar alta média e uma ampla variabilidade genética para o caráter a ser selecionado.

De acordo com Cruz et al. (2012) a divergência genética pode ser estudada por meio de vários procedimentos multivariados, como os métodos aglomerativos, como o de Tocher, e/ou técnicas de dispersão gráfica, envolvendo análise de componentes principais e de variáveis canônicas. Argumentam ainda que a escolha do método mais adequado tem sido determinada pela precisão desejada pelo pesquisador, pela facilidade da análise e pela forma como os dados foram obtidos.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a divergência genética entre genótipos de sorgo sacarino por meio de técnicas multivariadas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária Muquém, na Universidade Federal de Lavras, UFLA. O centro se localiza no município de Lavras, no sul do estado de Minas Gerais, com altitude de 918 metros, latitude sul de 21°14 e longitude oeste de 45°. A temperatura média é de 19,4°C com precipitação média anual de 1529,7 mm. As avaliações foram realizadas na safra 2012-2013.

Foram avaliados 45 genótipos de sorgo sacarino. O delineamento experimental foi o alfa-látice 9x5, com três repetições. As parcelas experimentais foram formadas por duas linhas de 5 metros, com espaçamento de 0,60 metros entre as linhas. As linhagens macho-estéreis foram alocadas em parcelas de quatro linhas de 5 metros, sendo que apenas as duas linhas centrais foram consideradas como área útil. A população adotada foi de 140.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

O plantio foi feito no início do período chuvoso na região, em novembro de 2012. Os tratos culturais foram feitos de acordo com o recomendado para a região.

Foram avaliados os seguintes caracteres agroindustriais: número de dias para o florescimento, altura de planta (m), massa de panícula (g), produção de massa verde (t/ha), teor de sólidos solúveis totais (SST, % caldo), toneladas de brix por hectare (TBH) e produção de etanol em litros por hectare (ALPHA, L/ha).

Em virtude da baixa eficiência do delineamento experimental em alfa-látice, procederam-se as análises de variância associado ao teste F a 5% de probabilidade no delineamento em blocos completos casualizados. Foi estimada a acurácia seletiva (REZENDE e DUARTE, 2007), visando à verificação da precisão experimental dos ensaios.

A diversidade genética entre os genótipos foi avaliada com base na distância de Mahalanobis com posterior agrupamento dos genótipos pelo método de Tocher, bem como pelo método das variáveis canônicas (CRUZ et al., 2012)

As análises estatísticas foram executadas com o uso do aplicativo computacional Genes (CRUZ, 2013).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença significativa ( $P < 0,01$ ) entre os genótipos para todas as características avaliadas. Estes resultados indicam a existência de variabilidade genética, o que possibilitou o emprego de técnicas multivariadas

na avaliação da divergência genética. A precisão experimental foi averiguada pela acurácia seletiva, que variou entre 62,9% (massa de panícula (g)) e 94,7% (altura de plantas (m)), indicando que a precisão foi moderada a muito alta, respectivamente (RESENDE e DUARTE, 2007).

Pelo método de agrupamento de Tocher, verificou-se que os 45 genótipos foram reunidos em três grupos (Tabela 1). Entre os genótipos estudados destacou-se a linhagem CMSXS643R, a qual ficou isolada no grupo III. Este genótipo apresentou características agrônômicas e industriais favoráveis como média alta de produção de massa verde (67,77t/ha), teor de brix no caldo (16,68%), TBH (7,81t/ha) e produção de etanol em litros por hectare (5194,32l/ha) (Tabela 2). Portanto, esta linhagem pode ser considerada como uma promissora genitora para utilização em programas de melhoramento de sorgo sacarino.

O grupo II foi composto pelas linhagens 007A, 008A e 222A (Tabela 1). Estes genótipos se destacaram devido ao baixo desempenho médio quanto aos caracteres agroindustriais avaliados, ou seja, altura (1,59m), produção de massa verde (17,36t/ha), teor de brix no caldo (9,8%), TBH (1,11 t/ha) e produção de etanol, em litros por hectare (622,02l/ha) (Tabela 2). Vale evidenciar que estas linhagens são macho-estéreis e, portanto, têm apreço para a obtenção de híbridos de sorgo sacarino. Contudo, o desempenho *per se* exibido remete à necessidade de se realizar melhoramento visando à obtenção de linhagens macho-estéreis superiores.

No grupo I ficaram agrupados 41 genótipos (91,11% do total), indicando a similaridade de performance entre as linhagens restauradoras e híbridos simples alocados neste grupo e que cruzamentos entre genótipos dentro deste grupo têm, possivelmente, menor possibilidade de obtenção de genótipos superiores (Tabela 1).

**Tabela 1.** Agrupamento dos 45 genótipos de sorgo sacarino conforme método de Tocher.

**Table 1.** Clustering of 45 sweet sorghum genotypes according to Tocher method.

GRUPO	Genótipos
1	BR500R, BR501R, BR504R, BR505R, CMSXS633R, CMSXS634R, CMSXS642R, CMSXS644R, CMSXS647R, 007A x BR500R, 007A x BR501R, 007A x BR504R, 007A x BR505R, 007AxCMSXS633R, 007AxCMSXS634R, 007AxCMSXS642R, 007AxCMSXS643R, 007AxCMSXS644R, 007AxCMSXS647R, 008A x BR500R, 008A x BR501R, 008A x BR504R, 008A x BR505R, 008AxCMSXS633R, 008AxCMSXS634R, 008AxCMSXS642R, 008AxCMSXS643R, 008AxCMSXS644R, 008AxCMSXS647R, 222AxBR500R, 222AxBR501R, 222AxBR504R, 222AxBR505R, 222AxCMSXS633R, 222AxCMSXS634R, 222AxCMSXS642R, 222AxCMSXS643R, 222AxCMSXS644R, 222AxCMSXS647R, XBSW80007, XBSW80147
2	007A, 008A, 222 A
3	CMSXS643R

**Tabela 2.** Valores médios dos grupos formados a partir do agrupamento de Tocher para os caracteres agroindustriais: florescimento (FLOR, dias), altura (AP, m), massa de panícula (MP, g), produção de massa verde (PMV, t/ha), sólidos solúveis totais (SST, %caldo), toneladas de brix por hectare (TBH) e produção de etanol (ALPHA, L/ha).

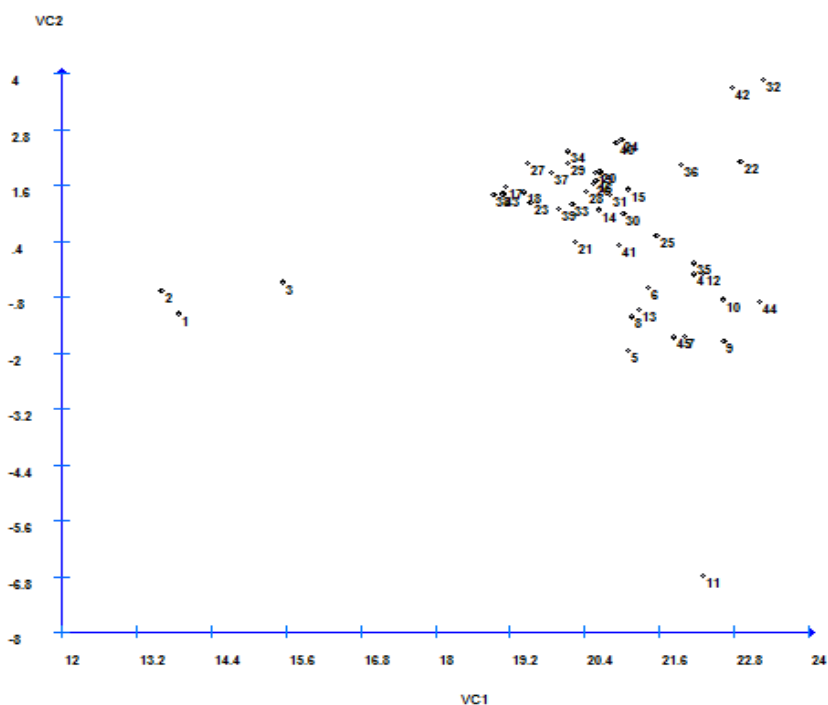
**Table 2.** Means of the groups from Tocher clustering for the following traits: flowering (days), height (m), panicle weight (g), yield of green matter (tons/ha), total soluble solids (%juice), tons of TSS per hectare (TBH) and ethanol yield (L/ha).

	FLOR	AP	MP	PMV	SST	TBH	ALPHA
<b>Grupo I</b>	77,56535	3,054412	489,3217	42,5077	13,12678	3,799469	2347,584
<b>Grupo II</b>	72,7519	1,590467	293,9367	17,36887	9,836067	1,110767	622,02
<b>Grupo III</b>	89,271	3,0869	221,59	67,7733	16,668	7,8113	5194,32

Outra maneira de aferir a divergência genética envolvendo múltiplos caracteres é por meio de variáveis canônicas. As duas primeiras variáveis canônicas explicaram 71,68% da variação total. Pela representação bidimensional dos escores destas variáveis canônicas (Gráfico 1), observou-se a concordância com os grupos dissimilares apontados pelo método de Tocher (Tabela 1). Ademais, vale evidenciar o caráter complementar proporcionado pela análise via variáveis canônicas, que se constitui em visualizar graficamente a distância existente entre os genótipos situados no mesmo grupo ou em grupos distintos. Como exemplo, é possível verificar que no grupo constituído pelas linhagens A, que as linhagens 1 e 2 foram mais similares.

Este aspecto da dissimilaridade entre genótipos, em geral, tem sido apreciado pelos melhoristas para fins de escolha de cruzamentos privilegiando àqueles mais dissimilares. Outro aspecto possível ser investigado é

acerca da importância relativa dos caracteres nas variáveis canônicas mais explicativas (VC1 e VC2) mediante observação das magnitudes dos coeficientes de ponderação dos caracteres originais nas variáveis canônicas. Os caracteres com maiores magnitudes destes coeficientes relacionados com VC1 e VC2 foram, respectivamente, PMV e TBH. Esta informação reforça a importância destes caracteres em estudos de divergência em sorgo sacarino. A variável TBH tem uma conotação bastante interessante, pois concatena dados dos caracteres PMV e SST, além da extração de caldo.



**Gráfico 1.** Dispersão gráfica dos escores das duas primeiras variáveis canônicas.  
*Graphic 1. Score dispersion of the first and second canonical variables.*

## CONCLUSÃO

Houve divergência genética entre os genótipos de sorgo sacarino quanto aos caracteres agroindustriais mensurados. As técnicas multivariadas utilizadas possibilitaram a formação de grupos bem definidos e concordantes, com destaque para a linhagem CMSXS643R por apresentar características agrônômicas e industriais favoráveis.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Embrapa Milho e Sorgo e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela parceria e apoio na condução do projeto, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela concessão da bolsa de estudo e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG pelo apoio e suporte financeiro constante.

## REFERÊNCIAS

- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. Conab: Brasília, v. 1, 2013. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>.
- CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**. v.35, n.3, p.271-276, 2013.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, Imprensa universitária, v.1, 2012.

9º CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOENERGIA  
SÃO PAULO – SP – 01 A 03 DE OUTUBRO DE 2014

CUNHA S.P.; SEVERO FILHO, W.A. Avanços Tecnológicos na obtenção de Etanol a partir de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench. **Tecno-lógica**, v. 14, n. 2, p. 69-75, 2010.

DURÃES, N. N. L. **Heterose em Sorgo Sacarino**. 2014. 79 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. de, SANTOS, M. X. dos, RAMALHO, M. A. P. Métodos de avaliação da divergência genética em milho e suas relações com os cruzamentos dialélicos. *Pesq. agropec.bras*, v.30, n.9, p.1189-1194, 1995.

RESENDE, M.D.V.; DUARTE, J.B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.37, n.3, p.182-194, 2007.