

## Eficiência da Utilização do Índice Multiplicativo TBH na seleção de Genótipos de Sorgo Sacarino

**Nayara Norrene Lacerda Durães** <sup>(1)</sup>; **José Airton Rodrigues Nunes** <sup>(2)</sup>; **Rafael Augusto da Costa Parrella** <sup>(3)</sup>; **Adriano Teodoro Bruzi** <sup>(4)</sup>; **Gabrielle M. R. Lombardi** <sup>(5)</sup>; **Talieisse Gomes Fagundes** <sup>(6)</sup>.

<sup>(1)</sup> Doutoranda em Genética e Melhoramento de Plantas; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Campos do Goytacazes, RJ; Bolsista CAPES; [nayaranorrene@hotmail.com](mailto:nayaranorrene@hotmail.com); <sup>(2)</sup> Professor Adjunto do Departamento de Biologia; Universidade Federal de Lavras - UFLA; [jarnunes@dbi.ufla.br](mailto:jarnunes@dbi.ufla.br); <sup>(3)</sup> Pesquisador A da EMBRAPA Milho e Sorgo; CNPMS; [parrella@cnpms.embrapa.br](mailto:parrella@cnpms.embrapa.br); <sup>(4)</sup> Professor Adjunto do departamento de Agricultura; UFLA; [adriano@dag.ufla.br](mailto:adriano@dag.ufla.br); <sup>(5)</sup>, <sup>(6)</sup> Graduandas em Agronomia; UFLA; [gabriellelombardi@hotmail.com](mailto:gabriellelombardi@hotmail.com); [talieissefagundes@yahoo.com](mailto:talieissefagundes@yahoo.com).

**RESUMO:** Para obtenção de genótipos superiores é necessário reunir, simultaneamente, uma série de caracteres que atendam a demanda do mercado. Neste trabalho objetiva-se avaliar a adequacidade do índice multiplicativo TBH na seleção de genótipos de sorgo sacarino. Foram avaliados 45 genótipos de sorgo sacarino, sendo dez linhagens restauradoras de fertilidade (R), três linhagens macho-estéreis (A), 30 híbridos resultantes do cruzamento entre linhagens A e R e dois híbridos comerciais. Os genótipos foram avaliados em três localidades de Minas Gerais na safra 2012/2013. Os experimentos foram instalados em delineamento alfa-látice, com três repetições. Avaliaram-se os caracteres produção de massa verde (PMV, t/ha), extração (EXT, %), sólidos solúveis totais (Brix, % caldo) e o índice multiplicativo tonelada de brix por hectare (TBH = PMV x EXT x Brix). Observou-se a existência de variabilidade genética para todos os caracteres avaliados, o que possibilita a prática da seleção. O índice multiplicativo TBH resultou na discriminação de genótipos com performances fenotípicas satisfatórias para os caracteres avaliados.

**Termos de indexação:** *Sorghum bicolor*, índice de seleção, etanol.

### INTRODUÇÃO

O sorgo sacarino (*Sorghum bicolor*) tem se mostrado uma alternativa promissora para o incremento da cadeia produtiva do etanol, observando os aspectos industriais e agrônômicos (Durães et al., 2012). Programas de melhoramento genético têm atuado de forma consistente na seleção para múltiplos genótipos com perfil demandado pelo mercado.

Existem vários índices de seleção propostos na literatura (Smith, 1936; Hazel, 1943; Willians, 1962; Mulamba & Mock, 1978, Cruz & Regazzi, 2001), que permitem gerar um agregado genotípico, funcionando como um caráter adicional, resultante da combinação de características escolhidas pelo melhorista, nas quais se realizará a seleção

simultânea permitindo identificar genótipos superiores (Cruz & Regazzi, 2001).

Para sorgo sacarino o índice multiplicativo TBH (tonelada de brix por hectare) tem se destacado por abranger caracteres que realmente influenciam diretamente na produção de etanol por hectare, foco principal da utilização de sorgo sacarino.

O emprego de índices de seleção na cultura do sorgo sacarino tem sido pouco explorado, de modo que se objetiva com o presente trabalho avaliar a adequacidade da utilização do índice multiplicativo TBH na seleção de genótipos superiores de sorgo sacarino visando à produção de etanol por hectare.

### MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em três localidades distintas do estado de Minas Gerais. Nos municípios de Nova Porteirinha (latitude 15° 47' e longitude 43° 18'), Sete Lagoas (latitude 19° 27' e longitude 44° 14") e Lavras (latitude 21° 14' e longitude 45° 00') no ano agrícola 2012/2013. Foram avaliados 45 genótipos de sorgo sacarino, sendo dez linhagens restauradoras de fertilidade (R) – machos de porte alto e alto teor de açúcares, três linhagens macho-estéreis (A) – fêmeas de porte baixo e baixo teor de açúcares, 30 híbridos resultantes do cruzamento entre linhagens A e R, oriundos do Programa de Melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo, além de dois híbridos comerciais.

O delineamento experimental empregado foi o alfa-látice 9 x 5 com três repetições em cada local. As parcelas experimentais foram constituídas por duas linhas de 5,0 m de comprimento e espaçadas por 0,60 m entre fileiras, com densidade de oito plantas por metro linear. A adubação de plantio consistiu na aplicação de 450 Kg ha NPK no sulco de plantio e para a adubação de cobertura 200 Kg de uréia / ha após 21 dias de plantio. Os experimentos foram conduzidos em condições de sequeiro sem o uso de irrigação suplementar. No caso das localidades de Nova Porteirinha e Sete Lagoas, os ensaios foram submetidos à irrigação suplementar no período de estabelecimento da

cultura e nos períodos de verânicos. Os caracteres agroindustriais avaliados foram produção de massa por hectare (PMV, t/ha), extração (EXT,%), sólidos solúveis totais (% caldo), toneladas de brix por hectare (TBH) e produção de álcool em litros por hectare (ALPHA, L/ha). As características tecnológicas foram mensuradas de acordo com Consecana (2006).

Foram realizadas as análises de variância dos dados usando o programa SAS *Statistical Analysis System* (LITTEL *et al.*, 2006; STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE - SAS INSTITUTE, 2012). A acurácia seletiva foi estimada de acordo com Resende e Duarte (2007). Posteriormente, procedeu-se ao agrupamento das médias fenotípicas ajustadas dos genótipos pelo teste Scott-Knott (1974) a 5% de probabilidade pelo programa GENES (Cruz, 2001).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram verificadas diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre os genótipos pelo teste F para todos os caracteres avaliados (**Tabela 1**), indicando a existência de variabilidade genética e reforçando a possibilidade de ganho genético com a seleção.

A precisão experimental foi verificada pela acurácia, a qual reflete a confiabilidade na estimação dos valores genotípicos reais dos genótipos a partir dos valores fenotípicos observados. Dentre as características avaliadas, foi observada acurácia com valores entre 68,82% a 94,23 % (**Tabela 1**), o que segundo Resende & Duarte (2007) indica uma precisão moderada e muito alta, respectivamente.

Foram detectadas diferenças significativas entre os locais na totalidade dos caracteres avaliados (**Tabela 1**). Esse fato está relacionado às diferenças em aspectos macroambientais dos locais, especialmente climáticos, a exemplo da temperatura e da pluviosidade, que têm influência na expressão dos caracteres agrônômicos e tecnológicos estudados.

Um aspecto interessante do índice multiplicativo TBH é levar em conta os principais caracteres alvo (PMV, EXT e Brix). No caso particular do conjunto de caracteres incluídos no índice, o interesse é em aumentar a expressão fenotípica.

De acordo com os resultados obtidos, as testemunhas e as linhagens (R) 10,4 e 6 foram as que alcançaram as maiores médias na produção de etanol por hectare (**Tabela 2**). Pode-se observar que houve grande associação entre o índice multiplicativo TBH e produção de etanol por hectare (ALPHA), uma vez que houve coincidência entre as linhagens de médias superiores para ambos os caracteres. Já os híbridos 2 e 21 e as linhagens macho estéreis foram os que apresentaram os piores resultados na produção de etanol por hectare

(**Tabela 2**). A classificação proporcionada pelo índice TBH resultou na discriminação de genótipos com performances fenotípicas satisfatórias para os caracteres agroindustriais avaliados (**Tabela 2**). Com relação aos caracteres PMV, EXT e SST, usados na obtenção do índice (TBH) foi possível observar que a associação de médias altas de no mínimo de dois destes caracteres foi suficiente para garantir um maior TBH e consequentemente maior (ALPHA), a exceção apenas das linhagens (R) 4 e 6 que mesmo não apresentando as maiores médias de TBH obtiveram resultados expressivos na produção de etanol por hectare (**Tabela 2**).

Ganhos genéticos equilibrados com o emprego de índices de seleção têm sido observados em outras culturas como cana-de açúcar (Pillai & Etirajan, 1993), milho pipoca (Daros *et al.*, 2004) e milho comum (Granate, 2002).

Vale destacar a linhagem (R) 10, a qual foi a melhor ranqueada pelo índice, por ter associado médias favoráveis para os principais caracteres de interesse TBH e ALPHA.

## CONCLUSÕES

Do exposto, depreende-se que o índice multiplicativo TBH se mostrou promissor na seleção simultânea nos programas de melhoramento de sorgo sacarino.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Centro Nacional de Pesquisa Milho e Sorgo – EMBRAPA CNPMS e à FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais) pelo apoio na condução do projeto e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão de bolsa de estudos.

## REFERÊNCIAS

CONSECANA (2006). Conselho dos produtores de cana-de-açúcar, açúcar e álcool do estado de São Paulo. **Manual de instruções**. 5. ed. Piracicaba, 2006, 112p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2001. 390 p.

DAROS, M *et al.* Genetic gain for grain yield and popping expansion in full-sib recurrent selection in popcorn. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.2, p. 339-344, 2004.

DURÃES, F. O. M. Sorgo sacarino: tecnologia agrônômica e industrial para alimentos e energia.

**Revista Agroenergia**, Brasília, v. 2, n. 3, p. 2-5, 2011.

GRANATE, M.J; CRUZ, C.D; PACHECO, C.A. P. Predição de ganho genético com diferentes índices de seleção no milho pipoca CMS-43. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p.101-108, 2002.

HAZEL, L.N. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, 1943,p. 476-490.

LITTELL, R. C. et al. **SAS for mixed models**. 2<sup>nd</sup> ed. Cary: SAS Institute, 2006. 813 p.

MULAMBA, N.N; MOCK, J.J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, v.7, p. 40-51, 1978.

PILLAI, S.V; ETHIRAJAN, A. S. Selection indices for sugarcane improvement at three stages of selection. **Euphytica**, v.71, p.155-159, 1993.

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

SCOTT, A.J; KNOTT, M.A. .Cluster analysis methods for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 3p. 507-512, 1974.

SMITH, H.F. A discriminant function for plant selection. **Annals of Eugenics**, v. 7. p.240-250, 1936.

**Tabela 1** - Resumo da análise de variância conjunta dos caracteres agroindustriais, Produção de massa verde (PMV, t/ha), Extração (EXT, %), Sólidos Solúveis Totais (SST, % de caldo), Toneladas de Brix por hectare (TBH) e Produção de álcool em litros por hectare (ALPHA, L/há), relativo à avaliação de genótipos de Sorgo Sacarino em Lavras, Sete lagoas e Nova Porteirinha na safra 2012/2013.

Fonte de variação						ALPHA	
	GL	PMV	EXT	SST	TBH	GL	
Locais (L)	2	42,48*	280,84*	12,00*	27,51*	1	21,86*
Genótipos (G)	42	6,50*	3,94*	7,60*	6,33*	42	3,66*
G x L	84	2,68*	1,41*	2,22*	2,68*	42	2,47*
Erro médio	192					126	
QME		127,65	20,983	32,211	13,897		810060
Média Geral		52,75	57,89	13,22	3,98		2078,70
Acurácia Mínima (%)		80,33	68,82	81,16	81,58		77,66
Acurácia Máxima (%)		94,04	75,79	88,59	94,23		92,75

<sup>†</sup> Grau de liberdade do erro. \* significativo a 5 % de probabilidade.

QME: Quadrado Médio do Erro

**Tabela 2** – Médias ajustadas dos seis melhores e seis piores genótipos de Sorgo Sacarino na média dos locais para os caracteres, Produção de massa verde (PMV, t/há), Extração (EXT, %), Sólidos Solúveis Totais (SST, % caldo), Toneladas de Brix por hectare (TBH) e Produção de álcool em litros por hectare (ALPHA, L/há), relativo à avaliação de genótipos de Sorgo Sacarino em Lavras, Sete Lagoas e Nova Porteirinha na safra 2012/2013.

Genótipos	PMV	EXT	SST	TBH	ALPHA
<b>Melhores Genótipos</b>					
1 (testemunha)	80,11 <sup>a</sup>	56,53 <sup>b</sup>	15,93 <sup>a</sup>	6,88 <sup>a</sup>	4695,97 <sup>a</sup>
2 (testemunha)	79,59 <sup>a</sup>	59,33 <sup>a</sup>	15,31 <sup>a</sup>	6,87 <sup>a</sup>	4419,55 <sup>a</sup>
10 (linhagem R)	68,62 <sup>b</sup>	62,95 <sup>a</sup>	15,08 <sup>a</sup>	6,29 <sup>a</sup>	4139,00 <sup>a</sup>
4 (linhagem R)	62,49 <sup>b</sup>	61,45 <sup>a</sup>	15,29 <sup>a</sup>	5,79 <sup>b</sup>	4116,33 <sup>a</sup>
6 (linhagem R)	59,11 <sup>b</sup>	59,98 <sup>a</sup>	15,55 <sup>a</sup>	5,24 <sup>b</sup>	3901,83 <sup>a</sup>
<b>Piores Genótipos</b>					
2 (híbrido)	65,46 <sup>b</sup>	60,27 <sup>a</sup>	12,33 <sup>c</sup>	4,38 <sup>b</sup>	1881,88 <sup>b</sup>
21 (híbrido)	39,55 <sup>d</sup>	56,14 <sup>b</sup>	13,13 <sup>c</sup>	2,77 <sup>c</sup>	1854,89 <sup>b</sup>
3 (macho-estéril)	34,61 <sup>d</sup>	53,22 <sup>b</sup>	11,27 <sup>d</sup>	2,07 <sup>d</sup>	1568,03 <sup>b</sup>
1 (macho-estéril)	26,06 <sup>e</sup>	55,80 <sup>b</sup>	10,42 <sup>d</sup>	1,49 <sup>d</sup>	1024,03 <sup>c</sup>
2 (macho-estéril)	21,03 <sup>e</sup>	50,40 <sup>c</sup>	9,78 <sup>d</sup>	1,09 <sup>d</sup>	825,04 <sup>c</sup>

Médias seguidas de mesma letra pertencem ao mesmo agrupamento de acordo com o teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade