

Caracterização de Cultivares de Sorgo Sacarino no Norte de Minas Gerais Visando a Produção de Etanol¹

Tárick Brenner Carvalho Fernandes Tôrres¹, Rafael Augusto da Costa Parrella², Nadia Nardely Lacerda Durães Parrella³, Arley Figueiredo Portugal², Vander Fillipe de Souza⁴, Robert Eugene Schaffert², Karla Jorge da Silva⁵ e Crislene Vieira dos Santos⁶

¹ Acadêmico da Universidade Federal de São João Del-Rei e bolsista FAPEMIG/PIBIC, Sete Lagoas, MG tarickcarvalho@yahoo.com.br. ² Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG parrella@cnpms.embrapa.br. ³ Epamig- URECO, Sete Lagoas, MG nadia@epamig.br. ⁴ Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG - arley@cnpms.embrapa.br. ⁵ Acadêmico da Universidade Federal de São João Del-Rei, Sete Lagoas, MG vander_agro@hotmail.com. ⁶ Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG schaffer@cnpms.embrapa.br. ⁷ Acadêmica da Universidade Federal de São João Del-Rei, Matozinhos, MG karla.js@hotmail.com. ⁸ Acadêmica da Escola Técnica Municipal de Sete Lagoas, Prudente de Morais, MG cris-vieira15@hotmail.com

RESUMO - Esse trabalho avaliou o desempenho de 25 cultivares de sorgo sacarino desenvolvidas pelo programa de melhoramento genético da Embrapa Milho e Sorgo, em Nova Porteirinha/MG, para caracterizar o potencial de cada cultivar para produção de etanol. Para análise de dados foi empregado o programa Sisvar 4.3 e o teste de média empregado foi Scott-Knott (1974). Os resultados evidenciaram qualidade, potencialidade e produtividade das cultivares experimentais. As variedades CMSXS630, CMSXS646, CMSXS643, CMSXS634, CMSXS645 e CMSXS644 apresentam-se com maior potencial agroindustrial para a região Norte de Minas Gerais, já os híbridos foram classificados nos dois piores grupos, com menor produtividade de sólidos solúveis totais. Concluímos que variedades de sorgo sacarino apresentam maior potencial como matéria-prima para a produção de etanol quando comparadas aos híbridos.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*, etanol.

Introdução

O sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] vem se destacando como uma cultura bastante promissora para produção de etanol no Brasil, tanto do ponto de vista agrônomo quanto industrial, por apresentar colmos suculentos com açúcares diretamente fermentáveis, com a vantagem de utilizar a mesma estrutura de colheita, da moagem e do processamento da cana-de-açúcar em destilarias de etanol, cobrindo dessa forma as ociosidades nas entressafras. Outra possibilidade é de atender sistemas de produção voltados para agricultura familiar e para cooperativas de produtores baseados em micro e minidestilarias de etanol ou produção de aguardente (RIBEIRO FILHO et al., 2008). Por possuir diversos mecanismos de tolerância à seca e baixa fertilidade, é possível viabilizar a produção de etanol em áreas no semiárido e em regiões fora do zoneamento agrícola da cana (EMBRAPA, 2010).

Esta cultura deve merecer atenção dentre os objetivos propostos no Plano Nacional de Agroenergia 2006-2011 (MAPA, 2006), principalmente pelas características reveladas no

¹ Pesquisa financiada pela Comissão Europeia/Projeto Sweetfuel

Brasil e em outros países, como os Estados Unidos da América e Índia. Cultivares sacarinas podem oferecer, dentre outras, as seguintes vantagens: um rápido ciclo de cultivo (quatro meses) e processo produtivo mecanizado (plantio, manejo cultural e colheita mecanizada). Além disso, possibilita a utilização do bagaço como fonte de energia para industrialização, co-geração de eletricidade, produção de etanol de segunda geração ou forragem para animais, contribuindo para um balanço energético favorável (IEA, 2010).

Um dos pilares para o sucesso do sistema de produção de etanol a partir do sorgo sacarino consiste no desenvolvimento de matéria-prima de qualidade. A produção de cultivares que atendam às características tecnológicas demandadas pelo setor sucroalcooleiro é um dos papéis de um programa de melhoramento genético. Além de produtivas, as cultivares também precisam ser estáveis quanto às variações ambientais e responsivas às melhorias no ambiente. Diante do exposto, este trabalho objetivou caracterizar o potencial de cultivares de sorgo sacarino para produção de etanol na região Norte de Minas Gerais.

Material e Métodos

Foram avaliadas 25 cultivares de sorgo sacarino, sendo 7 híbridos comerciais (XBSW80007, XBSW80147, Sugargraze, V82391, V82392, V82393 e BRS601) e 18 variedades (BR501, BR505, BRS506, BRS507, CMSXS629, CMSXS630, CMSXS633, CMSXS634, CMSXS635, CMSXS636, CMSXS637, CMSXS639, CMSXS642, CMSXS643, CMSXS644, CMSXS646, CMSXS647 e CMSXS648) do programa de melhoramento genético da Embrapa Milho e sorgo, no município de Nova Porteirinha, na região Norte de Minas Gerais, na safra agrícola 2011/2012. O delineamento experimental foi feito em blocos ao acaso, com três repetições. As parcelas experimentais foram constituídas por quatro fileiras de cinco metros, espaçadas 0,70 metros, população de 125.000 plantas ha⁻¹ e adubação de plantio de 400 kg.ha⁻¹ do formulado 08-28-16 e 200 kg.ha⁻¹ de ureia em cobertura.

As características avaliadas foram: Florescimento (Flor): número de dias do plantio ao florescimento de 50% das plantas da parcela; Altura de Plantas (AP): altura média, em metros, das plantas de cada parcela, medida da superfície do solo ao ápice da panícula; Acamamento (Acam): porcentagem de plantas acamadas de cada parcela; Produção de Massa Verde (PMV): determinada através da pesagem de todas as plantas (completas) de cada parcela colhidas na maturidade fisiológica dos grãos, sendo os dados de rendimento convertidos para t ha⁻¹; Peso de Panícula (PP): pesagem das panículas de cada parcela e posterior transformação dos valores para t ha⁻¹; Sólidos Solúveis Totais (SST): os teores de sólidos solúveis totais do caldo extraído de 8 plantas foram mensurados por meio de

refratômetro digital de leitura automática, com resultado em graus brix; e Produção de Sólidos Solúveis Totais (PSST), em $t \cdot ha^{-1}$, obtida pelo produtos de três caracteres, $PMV \times 0,5$ (considerando extração de 50 % de caldo da PMV) \times SST (em unidade) de cada cultivar.

Para análise dos dados foi empregado o programa Sisvar 4.3 e o teste de média aplicado foi Scott-Knott (1974). Foram obtidas as correlações de Pearson entre os pares de caracteres avaliados utilizando-se o programa Mstatc.

Resultados e Discussão

Os resumos das análises de variância para Florescimento, Altura de Plantas, Acamamento, Produção de Massa Verde, Peso de Panículas, Sólidos Solúveis Totais e Produção de Sólidos Solúveis Totais, estão apresentados na Tabela 1. Verificaram-se diferenças significativas ($p < 0,01$) entre cultivares para todas as características avaliadas, mostrando que as cultivares diferem geneticamente entre si quanto aos caracteres avaliados, apresentando variação de 63 a 80 dias para florescimento, 2,57 a 3,48 m para altura de planta, 0 a 79% para porcentagem de acamamento, 29,81 a 59,43 $t \cdot ha^{-1}$ para produção de biomassa verde, 1,69 a 8,48 $t \cdot ha^{-1}$ para peso de panículas, 6,20 a 21,03 °Brix para sólidos solúveis totais no caldo e 1,16 a 4,94 $t \cdot ha^{-1}$ para produção de sólidos solúveis totais (tabela 2). Chama atenção a precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação, com baixos valores (0,95 a 16,29 %) para quase todos os caracteres avaliados, exceto acamamento, indicando boa precisão experimental. A característica acamamento é muito influenciada pelas condições ambientais, uma vez que os ventos não ocorrem de maneira uniforme nos experimentos, fazendo com que os CVs sejam altos para este caráter, como observado neste experimento.

Considerando o ideótipo de sorgo sacarino, é desejável obter alta PMV, pois o caldo a ser fermentado para obtenção de etanol é extraído da biomassa verde, assim, quanto mais biomassa mais caldo será obtido. Outra característica importante é o teor de sólidos solúveis totais no caldo, uma vez que esta característica correlaciona-se diretamente com o teor de açúcares totais no caldo, os quais são utilizados como matéria-prima das leveduras na produção de etanol, sendo desejável a maior quantidade possível. Já peso de panículas, que se correlaciona com a produtividade de grãos, deve ser o menor possível devido à competição por fotoassimilados para produção de açúcares solúveis nos colmos com produção de amido nos grãos, uma vez que o acúmulo de açúcares nos colmos ocorre após o florescimento, coincidindo com a fase de enchimento de grãos. Além disso, cultivares de sorgo sacarino são de porte alto e o excesso de grãos nas panículas, no ápice das plantas, tende a favorecer o

acamamento, que é indesejável por reduzir a qualidade da matéria-prima devido ao maior teor de impurezas na colheita de materiais acamados.

A produtividade de sólidos solúveis totais combina duas características importantes, a PMV com uma extração de caldo de 50% e o teor de SST, gerando uma informação associada ao total de açúcares produzido por cada cultivar em $t\ ha^{-1}$. Diante do exposto, verifica-se na Tabela 2, que as variedades CMSXS630, CMSXS646, CMSXS643, CMSXS634, CMSXS645 e CMSXS644 foram classificadas no grupo de maior média para produtividade de sólidos solúveis totais. Pode-se verificar que os híbridos comerciais avaliados neste trabalho foram classificados nos dois piores grupos, com menor produtividade de sólidos solúveis totais. Além disso, os híbridos apresentaram maiores peso de panículas associados a altas taxas de acamamento.

Estimativas de correlações de Pearson entre os pares de caracteres estão apresentadas na Tabela 3. Verifica-se correlação positiva ($p < 0,05$), porém baixa (0,43) entre PMV e Flor, média (0,54) entre PMV e altura de plantas, sugerindo que, em média, plantas de maior ciclo e maior porte apresentam maior PMV. Correlação positiva e alta (0,74) foi verificada ($p < 0,01$) entre porcentagem de acamamento e peso de panícula, confirmando a maior porcentagem de acamamento nas cultivares com maior produtividade de grãos. Correlação negativa e alta foi verificada ($> -0,85$) entre peso de grãos com SST e PSST, confirmando a competição por produção de grãos e açúcares nos colmos. Correlação negativa e alta também foi verificada ($> -0,70$) entre acamamento com SST e PSST, mostrando que o acamamento está associado a menores SST e PSST, refletindo em menor produção de açúcares nos colmos. A característica PSST apresentou correlação ($p < 0,01$) positiva e alta com SST (0,86) e PMV (0,78), mostrando ser uma característica promissora na seleção de cultivares de sorgo sacarino mais produtivas, uma vez que observou-se ausência de correlação entre PMV e SST.

Conclusão

A característica Produção de Sólidos Solúveis Totais (PSST) apresentou-se como uma característica promissora na seleção de cultivares de sorgo sacarino, por combinar as características PMV e SST, que não tiveram correlação entre si.

As variedades de sorgo sacarino foram superiores em produção de etanol quando comparadas aos híbridos. As variedades CMSXS630, CMSXS646, CMSXS643, CMSXS634, CMSXS645 e CMSXS644 foram classificadas no maior grupo de médias para PSST.

Foi observada correlação negativa (-0,88) entre Peso de Panícula e Sólidos Solúveis Totais, o que pode ser explicado pela competição por fotoassimilados durante o enchimento

de grãos, devido ao fato de o acúmulo de açúcares nos colmos ocorrer após o florescimento, coincidindo com esta fase.

Agradecimento

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo suporte financeiro.

Literatura Citada

RIBEIRO FILHO, N. M.; FLORENCIO, I. M., ROCHA, A. S. ; DANTAS, J. P.; FLORENTINO, E. R., SILVA, F. L. H. Aproveitamento do caldo do sorgo sacarino para produção de aguardente. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.10, n.1, p.9-16, 2008

CNPMS (2010) Disponível em:
http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_6_ed/index.htm.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Produção e Agroenergia. Plano Nacional de Agroenergia 2006-2011. 2 ed. Ver. Brasília, DF : **Embrapa Informação Tecnológica**, 2006.

International Energy Agency, Information paper. **2010**.

FERREIRA, D. F. **SISVAR para Windows 4.3**. Lavras, MG: UFLA/DEX, 2003. Software.
GARCIA, J.C. Análise Econômica de Produtos Alternativos de Sorgo Sacarino: Álcool, Grãos ou Ambos?. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, 3, Rio de Janeiro, 1984. Anais... Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, 1984, V.4, p.1419-27.a

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Raleigh, v. 30, n. 3, p. 507-512, Sept. 1974.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para florescimento (Flor), altura de plantas (AP), acamamento (Acam), produção de massa verde (PMV), em t.ha⁻¹, peso de panículas (PP), em t.ha⁻¹, sólidos solúveis totais (SST), em graus brix, e produção de sólidos solúveis totais (PSST), em t.ha⁻¹, obtida a partir da avaliação de 25 cultivares de sorgo sacarino, avaliadas em Nova Porteirinha-MG, na safra agrícola 2011/2012.

FV	GL	QM						
		Flor (dias)	AP (m)	Acam (%)	PMV (t.ha ⁻¹)	PP (t.ha ⁻¹)	SST (°Brix)	PSST (t.ha ⁻¹)
Blocos	2	1,592 *	0,059 *	742,1 *	73,1	2,5 *	29,647 **	0,579
Cultivares	24	39,686 **	0,101 **	1975,5 **	175,4 **	13,8 **	36,377 **	3,202 **
erro	47	0,425	0,014	156,9	26,8	0,5	1,274	0,255
CV (%)		0.95	4.35	64.38	12.04	16.29	7.68	15.71
Média		68,76	2,74	19,46	43,07	4,48	14,70	3,22

*, **Significativo, pelo teste de F, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 2. Valores médios para florescimento (Flor), altura de plantas (AP), acamamento (Acam), produção de massa verde (PMV), em t.ha⁻¹, peso de panículas (PP), em t.ha⁻¹, sólidos solúveis totais (SST), em graus brix, e produção de sólidos solúveis totais (PSST), em t.ha⁻¹, obtida a partir da avaliação de 25 cultivares de sorgo sacarino, avaliadas em Nova Porteirinha-MG, na safra agrícola 2011/2012.

Cultivares	Flor (dias)	AP (m)	Acam (%)	PMV (t.ha ⁻¹)	PP (t.ha ⁻¹)	SST (°Brix)	PSST (t.ha ⁻¹)							
CMSXS630	70	d	2,90	b	7	c	56,29	a	2,14	d	17,57	b	4,94	a
CMSXS646	67	b	2,87	b	3	c	48,29	b	2,78	d	18,73	b	4,58	a
CMSXS643	73	f	2,78	b	5	c	56,76	a	2,10	d	15,60	c	4,41	a
CMSXS634	67	b	2,80	b	0	c	47,71	b	3,25	d	18,47	b	4,40	a
CMSXS645	72	e	2,70	c	3	c	46,28	b	2,51	d	18,43	b	4,28	a
CMSXS644	72	e	3,48	a	21	c	59,43	a	4,01	c	14,37	d	4,27	a
CMSXS633	68	b	2,63	c	3	c	44,38	c	1,92	d	18,17	b	4,03	b
CMSXS642	70	d	2,87	b	9	c	36,57	d	2,14	d	21,03	a	3,84	b
CMSXS637	68	b	2,70	c	3	c	40,86	c	1,69	d	18,83	b	3,82	b
CMSXS647	67	b	2,67	c	2	c	51,24	b	4,20	c	14,57	d	3,72	b
BR505	66	b	2,82	b	14	c	40,86	c	2,67	d	17,87	b	3,67	b
CMSXS629	69	c	2,70	c	1	c	39,72	c	2,43	d	17,53	b	3,47	b
BR501	80	g	2,60	c	1	c	47,81	b	5,55	b	13,90	d	3,32	b
XBSW80007	68	b	2,68	c	12	c	46,38	b	6,77	b	12,97	d	3,01	c
CMSXS639	64	a	2,57	c	1	c	41,62	c	6,36	b	13,77	d	2,85	c
CMSXS635	69	c	2,63	c	10	c	44,09	c	6,14	b	12,63	d	2,78	c
BRS506	71	e	2,65	c	8	c	40,57	c	3,24	d	13,27	d	2,69	c
CMSXS636	65	a	2,65	c	3	c	36,38	d	4,35	c	14,30	d	2,57	c
CMSXS648	67	b	2,68	c	26	c	42,00	c	4,76	c	12,23	d	2,56	c
XBSW80147	73	f	2,72	c	29	c	37,81	c	6,11	b	12,23	d	2,29	c
Sugargraze	68	b	2,95	b	56	b	40,14	c	7,33	a	10,00	e	2,03	d
V82393	64	a	2,65	c	76	a	32,29	d	7,98	a	11,43	e	1,91	d
V82391	67	b	2,67	c	79	a	31,72	d	6,44	b	11,23	e	1,79	d
V82392	63	a	2,60	c	74	a	29,81	d	8,48	a	10,53	e	1,63	d
BRS601	72	f	2,60	c	54	b	36,76	d	7,49	a	6,20	f	1,16	d
Média	69		2,74		20		43,03		4,51		14,63		3,20	

* Médias seguidas da mesma letra na coluna são iguais entre si pelo teste SCOTT-KNOTT (1974) a 5%.

Tabela 3. Correlações fenotípicas entre florescimento (Flor), altura de plantas (AP), acamamento (Acam), produção de massa verde (PMV), em t.ha⁻¹, peso de panículas (PP), em t.ha⁻¹, sólidos solúveis totais (SST), em graus brix, e produção de sólidos solúveis totais (PSST), em t.ha⁻¹, obtida a partir da avaliação de 25 cultivares de sorgo sacarino, avaliadas em Nova Porteirinha-MG, na safra agrícola 2011/2012.

r²	AP	Acam	PMV	PP	SST	PSST
Flor	0,15	-0,29	0,43 *	-0,22	0,03	0,23
AP		-0,06	0,54 **	-0,26	0,23	0,44 *
Acam			-0,61 **	0,74 **	-0,70 **	-0,75 **
PMV				-0,50 *	0,37	0,78 **
PP					-0,88 **	-0,85 **
SST						0,86 **

*,**Significativo, pelo teste de t-student, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.