

## Caracterização de Cultivares de Sorgo Sacarino Visando a Produção de Etanol de Primeira e Segunda Geração\*

Karine da Costa Bernardino<sup>1</sup>, Vander Fillipe de Souza<sup>2</sup>, Geraldo Afonso de Carvalho Junior<sup>3</sup>, Camila Simão Mourão<sup>4</sup>, Karla Jorge da Silva<sup>5</sup>, Crislene Vieira dos Santos<sup>6</sup>, Raísa Karine Costa<sup>7</sup>, Rafael Augusto da Costa Parrella<sup>8</sup> e Robert Eugene Schaffert<sup>9</sup>.

<sup>1</sup>FAPED, Sete Lagoas, MG, karinecosta23@gmail.com, <sup>2,3,4,5,6,7,8,9</sup> Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, <sup>2</sup>vander\_agro@hotmail.com, <sup>3</sup>g.acjunior@gmail.com, <sup>4</sup>simãomourão@gmail, <sup>5</sup>karla.js@hotmail.com, <sup>6</sup>cris\_vieira15@hotmail.com, <sup>7</sup>raisakcosta@yahoo.com.br, <sup>8</sup>parrella@cnpms.embrapa.br e <sup>9</sup>schaffer@cnpms.embrapa.br.

**RESUMO** – Devido à crescente demanda mundial por energias alternativas, o estudo e o desenvolvimento de novas tecnologias voltadas para esse mercado, tais como os biocombustíveis, configuram-se como etapa crucial para assegurar um futuro mercado energético sustentável. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de 25 cultivares de sorgo sacarino para produção de etanol de primeira e segunda geração. Para tanto, dados referentes ao florescimento (em dias), PMV (t ha<sup>-1</sup>), °BRIX (%), FDA (%), FDN (%), celulose (%), hemicelulose (%) e lignina (%) foram coletados. Ressalta-se que os cultivares de sorgo sacarino, caracterizados neste trabalho, apresentam comportamento diferenciado quanto aos caracteres avaliados. CMSXS630, CMSXS637, CMSXS643 e CMSXS646 foram os mais promissores para a produção e etanol de primeira e segunda geração.

**Palavras-chave** – *Sorghum bicolor*, Biomassa, Açúcares, Lignina.

### Introdução

Devido a questões ambientais e ao aumento dos custos do petróleo, observa-se uma necessidade crescente de desenvolvimento de tecnologias destinadas à geração de energia a partir de fontes renováveis, como o etanol (LIMA, 2011). No Brasil, a cana-de-açúcar caracteriza-se como a principal fonte de matéria prima para a produção de etanol, sendo o país líder mundial na produção de tal cultura, com um faturamento anual bruto de US\$ 23 bilhões (AZEVEDO et al., 2012).

De forma alternativa à cana-de-açúcar, o sorgo sacarino tem se destacado como uma cultura de elevado potencial para produção de biocombustível. O sorgo sacarino apresenta

---

\* Embrapa Milho e Sorgo, Fapemig e Comissão Europeia com o Projeto Sweet Fuel.

ciclo curto (quatro meses), plantio e colheita totalmente mecanizáveis, colmos com açúcares fermentescíveis e seu bagaço pode ser utilizado para forragem, cogeração de eletricidade e produção de etanol de segunda geração (PARRELLA et al., 2010). Além disso, o sorgo possui uma baixa demanda por água, característica importante no atual período de incertezas climáticas.

A produção de etanol de primeira geração consiste na obtenção do biocombustível por meio do processo de fermentação de açúcares diretamente fermentescíveis presentes no colmo da planta, utilizando fundamentalmente enzimas responsáveis pela hidrólise da sacarose (NAIK et al., 2010). Já na tecnologia de produção de etanol de segunda geração, a matéria prima utilizada para produção do álcool é a biomassa vegetal, a qual tem seus polímeros de parede celular transformados em açúcares simples (pré-tratamento e sacarificação) e convertidos em etanol por meio da fermentação (RUBIN, 2008).

Diante do grande potencial do sorgo sacarino como cultura energética é de grande importância a caracterização agrônômica e industrial dos cultivares visando estimar o potencial desta cultura para produção de biocombustíveis de primeira e segunda geração. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi caracterizar o potencial de 25 cultivares de sorgo sacarino visando a produção de etanol de primeira e segunda geração.

### **Material e Métodos**

Foram avaliados 25 cultivares de sorgo sacarino do programa de melhoramento genético da Embrapa Milho e Sorgo. Para tal, em outubro de 2009, o ensaio foi conduzido em Sete Lagoas - MG, 19°28' latitude sul e 44°15'08" longitude oeste, utilizando-se o delineamento experimental de blocos casualizados com três repetições. As parcelas experimentais foram constituídas por quatro fileiras de cinco metros, espaçadas de 0,70 m em uma densidade equivalente a 125.000 plantas/ha. Na adubação de plantio foram aplicados 400 Kg.ha<sup>-1</sup> do formulado 8-28-16 (NPK), e 200 Kg.ha<sup>-1</sup> de ureia foram utilizados na adubação de cobertura. Irrigação suplementar foi aplicada durante o estabelecimento da cultura a fim de evitar estresses hídricos neste período.

As seguintes características foram avaliadas: florescimento (FLOR.) – número de dias decorridos a partir da data de plantio até a emissão das estruturas florais de 50% das plantas da parcela experimental; produção de massa verde (PMV) – quilogramas ha<sup>-1</sup> e determinada pela pesagem de todas as plantas completas da parcela experimental, colhidas durante a maturidade fisiológica do grão e transformadas para t ha<sup>-1</sup>; °BRIX – determinado por

refratômetro digital de leitura automática; e composição centesimal da biomassa – realizada no laboratório de “Composição centesimal” da Embrapa Milho e Sorgo. Ressalta-se que a partir da caracterização da biomassa em laboratório foi possível determinar as proporções de fibra em detergente ácido (FDA) e neutro (FDN), celulose, hemicelulose e lignina.

Para obtenção da proporção de FDA, FDN, e lignina adotaram-se as respectivas metodologias do manual ANKOM Fiber Analyzer: Thechnology Method 5 (2006), Thechnology Method 6 (2006) e Method for determing acid lignin in beakers (2010). As proporções de hemicelulose e celulose foram estimadas pela diferença entre os valores de FDN e FDA e pelos valores de FDN e lignina, respectivamente. Análises estatísticas dos dados, tais como análise de variância (ANAVA) e o teste de agrupamento de médias de Scott-Knott (1974), foram realizadas utilizando-se o software Sisvar 4.1.

### **Resultados e Discussão**

Mediante a análise de variância (Tabela 1) não foi observada diferença significativa, a 5% de probabilidade, para a fonte de variação “blocos” ao se tratar das características florescimento, FDA, FDN, celulose, hemicelulose e lignina. No entanto, houve diferença significativa para PMV e °BRIX o que justificou a utilização do delineamento em blocos casualizados, já que este permite um maior controle do efeito da área experimental sobre os cultivares. No que se refere à fonte de variação “cultivares” todas as características apresentaram diferenças significativas, exceto hemicelulose.

De acordo com agrupamento de médias Scott-Knott (1974) observou-se que o cultivar CMSXS611 foi o mais precoce, apresentando um intervalo de 75 dias entre plantio e florescimento e uma diferença de 11 dias para o cultivar mais tardio. Para o PMV, o CMSXS643 foi classificado como o mais produtivo, com produção de 65,14 t ha<sup>-1</sup>. A média de °BRIX foi de 18,41%, sendo CMSXS637 o mais produtivo. O cultivar BRS601 obteve a maior proporção de FDA, com diferença de 16,73% para o cultivar menos produtivo. Para FDN a proporção média foi de 62,33%, sendo o CMSXS644 o mais produtivo, com uma proporção 7,8% acima da média. Para celulose observou-se uma variação entre as proporções mínima e máxima de 12,92%, sendo BRS601 o mais produtivo. Os valores 15,93% e 23,67% corresponderam, aos extremos das proporções de hemicelulose observadas, não havendo diferença significativa, a 5% de probabilidade, para essa característica entre os 25 cultivares estudados. Para a última característica avaliada, lignina, a proporção média foi de 6,84%, a

mínima e máxima, 4,95% e 8,73%, respectivamente, sendo o cultivar CMSXS633 o com menor proporção de tal composto em sua biomassa.

As características PMV e °BRIX merecem destaque, quando se trata da obtenção de cultivares para a produção de etanol de primeira geração, uma vez que materiais com alta produção de biomassa associada a alto teor de sólidos solúveis totais (SST) são mais promissores para a produção de etanol. Dos 25 cultivares avaliados, quando comparado PMV e °BRIX, CMSXS630, CMSXS634, CMSXS637, CMSXS643 e CMSXS646 possuíram maior valor de PMV e BRIX°, simultaneamente.

Ao se tratar do sorgo sacarino para a produção de etanol de segunda geração, o desenvolvimento de cultivares com uma maior PMV torna-se relevante, já que isso significa uma maior fonte de matéria prima, além disso, é necessária baixa proporção de lignina.

Relacionando PMV e lignina, usou-se o critério maior PMV e menor proporção de lignina, já que cultivares com altas proporções de lignina não são indicados para a produção de etanol a partir de biomassa, uma vez que tal composto é um complicador no processamento da matéria verde. Os cultivares de maior PMV e menor proporção de lignina foram: CMSXS630, CMSXS637, CMSXS643, CMSXS646, CMSXS647 e CMSXS616.

Ao correlacionar as características PMV, °BRIX e lignina foi observado que os cultivares CMSXS630, CMSXS637, CMSXS643 e CMSXS646 possuem altos índices de PMV e °BRIX e baixas taxas de lignina, o que os tornam promissores para produção de etanol de primeira e segunda geração.

### **Conclusões**

Os cultivares CMSXS630, CMSXS637, CMSXS643 e CMSXS646 se destacaram pelo potencial elevado de produção de biomassa com baixo teor de lignina associado a alto teor de açúcares solúveis visando a produção de etanol de primeira e segunda geração.

### **Literatura Citada**

ANKON. Thechnology – Method for Determining Acid Detergent Lignin in Beakers. Macedon, 2010. p. 2. Disponível em: [http://www.ankom.com/media/documents/ADL\\_beakers.pdf](http://www.ankom.com/media/documents/ADL_beakers.pdf). Acesso em: 29 nov. 2010.

ANKON. Thechnology Method 5 – Acid Detergent Fiber in Feeds Filter Bag Technique. Macedon, 2006. p. 2. Disponível em: [http://www.ankom.com/media/documents/ADF\\_81606\\_A200.pdf](http://www.ankom.com/media/documents/ADF_81606_A200.pdf). Acesso em: 16 nov. 2010.

ANKON. Thechnology Method 6 – Neutral Detergent Fiber in Feeds – Filter Bag Technique. Macedon, 2006. p. 2. Disponível em: [http://www.ankom.com/media/documents/NDF\\_081606\\_A200.pdf](http://www.ankom.com/media/documents/NDF_081606_A200.pdf). Acesso em: 16 nov. 2010.

AZEVEDO, M. S.; SANTOS, R. V. O; MAGALHÃES, T. V. Produção de etanol no Brasil. Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense, v. 2, p. 151-154, 2012. Disponível em: <<http://www.essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/viewFile/2408/1297>>. Acesso em: 29 maio. 2012.

LIMA, A. M. Estudos recentes e perspectivas da viabilidade técnico – econômica da produção de etanol lignocelulósico. 1 ed. Brasília: Embrapa Agroenergia, 2011. 10 p. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/890268/1/CITE05.pdf>>. Acesso em: 29 maio. 2012.

NAIK, S. B.; GOUD, V. V.; ROUT, P. K.; DALAI, A. K. Production on first and second generation biofuels: a comprehensive review. Renewable and sustainable energy reviews, v. 14, p. 518-597, 2010.

PARRELLA, R. A. C.; MENEGUCI, J. L. P.; RIBEIRO, A.; SILVA, A. R.; PARRELLA, N. L. D.; RODRIGUES, J. A.; TARDIN, F. D.; SCHAFFERT, R. E. Desempenho de cultivares de sorgo sacarino em diferentes ambientes visando à produção de etanol. Resumos expandidos. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 28, 2010. Goiânia.

RUBIN, E. M. Genomics of cellulosic biofuels. Nature, v. 454, p. 841-845.

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

Tabela 1 – Resumo da análise de variância para FLOR. (florescimento, em dias), PMV (produção de massa verde, em t ha<sup>-1</sup>), °BRIX (%), FDA (fibra em detergente ácido, em %), FDN (fibra em detergente neutro, em %), C (celulose, em %), H (hemicelulose, em %), L (lignina, em %), obtido a partir da avaliação de 25 cultivares de sorgo sacarino, avaliadas em Sete Lagoas-MG, 2009/2010

FV	GL	QM							
		FLOR. (dias)	PMV (t ha <sup>-1</sup> )	°BRIX (%)	FDA (%)	FDN (%)	C (%)	H (%)	L (%)
<b>Blocos</b>	2	0.729 <sup>NS</sup>	127.844*	19.510**	4.707 <sup>NS</sup>	20.817 <sup>NS</sup>	7.3397 <sup>NS</sup>	5.769 <sup>NS</sup>	0.3023 <sup>NS</sup>
<b>Cultivares</b>	24	22.898**	121.804**	11.941**	50.771**	38.122**	30.147**	11.180 <sup>NS</sup>	3.388*
<b>Erro</b>	47	5.387	35.038	1.605	16.141	15.370	8.970	11.193	1.559
<b>Média</b>		78.676	50.981	18.408	42.502	62.329	35.662	19.827	6.841
<b>CV(%)</b>		2.95	11.61	6.88	9.45	6.29	8.40	16.87	18.25

\*\* e \* significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente pelo teste F; <sup>NS</sup> não-significativo pelo teste

Tabela 2 - Médias das características: FLOR. (florescimento, em dias), PMV (peso de massa verde, em t ha<sup>-1</sup>), °BRIX (em porcentagem), FDA (fibra em detergente ácido, em porcentagem), FDN (fibra em detergente neutro, em porcentagem), C (celulose, em porcentagem), H (Hemicelulose, em porcentagem), L (lignina, em porcentagem) pelo teste Scott - Knott de 25 cultivares de sorgo sacarino avaliados em Sete Lagoas/MG, 2009/2010.

Cultivares	FLOR. (dias)	PMV (t ha <sup>-1</sup> )	°Brix	FDA (%)	FDN (%)	C (%)	H (%)	L (%)
<b>CMSXS629</b>	76.00 a1	48.48 a1	18.50 a3	41.38 a1	65.05 a2	35.05 a1	23.67 a1	6.33 a1
<b>CMSXS630</b>	82.00 a2	57.24 a2	18.43 a3	37.28 a1	57.13 a1	32.02 a1	19.85 a1	5.27 a1
<b>CMSXS631</b>	80.67 a2	46.00 a1	18.97 a3	42.96 a1	61.10 a1	36.50 a1	18.13 a1	6.47 a1
<b>CMSXS632</b>	77.00 a1	46.19 a1	18.67 a3	42.32 a1	63.20 a2	34.85 a1	20.88 a1	7.47 a2
<b>CMSXS633</b>	77.00 a1	49.05 a1	20.10 a3	35.81 a1	56.37 a1	30.88 a1	20.56 a1	4.93 a1
<b>CMSXS634</b>	79.33 a2	53.81 a2	19.70 a3	41.52 a1	61.17 a1	34.45 a1	19.65 a1	7.07 a2
<b>CMSXS635</b>	78.00 a1	49.81 a1	13.17 a1	49.40 a2	65.33 a2	40.67 a2	15.93 a1	8.73 a2
<b>CMSXS636</b>	76.00 a1	40.47 a1	19.20 a3	42.07 a1	63.41 a2	34.87 a1	21.34 a1	7.20 a2
<b>CMSXS637</b>	76.00 a1	53.43 a2	21.43 a3	38.69 a1	57.90 a1	32.43 a1	19.21 a1	6.27 a1
<b>CMSXS638</b>	79.33 a2	50.29 a1	18.63 a3	43.24 a1	62.70 a1	36.31 a1	19.46 a1	6.93 a1
<b>CMSXS639</b>	75.00 a1	47.24 a1	19.40 a3	45.44 a2	65.10 a2	37.38 a2	19.56 a1	8.07 a2
<b>CMSXS641</b>	80.33 a2	49.05 a1	20.40 a3	40.49 a1	58.10 a1	33.69 a1	17.61 a1	6.80 a1
<b>CMSXS642</b>	78.00 a1	48.57 a1	20.37 a3	38.67 a1	58.46 a1	33.27 a1	19.79 a1	5.40 a1
<b>CMSXS643</b>	81.67 a2	65.14 a2	18.70 a3	36.83 a1	57.99 a1	31.23 a1	21.16 a1	5.60 a1
<b>CMSXS644</b>	83.00 a2	63.90 a2	16.80 a2	49.34 a2	70.13 a2	41.07 a2	20.80 a1	8.27 a2

Continuação...

<b>Cultivares</b>	<b>FLOR. (dias)</b>	<b>PMV (t ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>°Brix</b>	<b>FDA (%)</b>	<b>FDN (%)</b>	<b>C (%)</b>	<b>H (%)</b>	<b>L (%)</b>
<b>CMSXS645</b>	80.67 a2	48.19 a1	19.70 a3	41.21 a1	60.92 a1	33.88 a1	19.71 a1	7.33 a2
<b>CMSXS646</b>	78.33 a1	60.19 a2	19.93 a3	41.29 a1	61.25 a1	34.49 a1	19.96 a1	6.80 a1
<b>CMSXS647</b>	78.00 a1	58.19 a2	16.33 a2	43.80 a1	61.93 a1	36.87 a2	18.13 a1	6.93 a1
<b>CMSXS648</b>	78.00 a1	46.00 a1	20.65 a3	43.94 a1	62.18 a1	37.44 a2	18.240 a1	6.50 a1
<b>CMSXS602</b>	76.00 a1	44.19 a1	18.97 a3	41.03 a1	64.48 a2	34.96 a1	23.46 a1	6.07 a1
<b>CMSXS605</b>	86.33 a3	48.00 a1	16.67 a2	47.23 a2	64.33 a2	39.50 a2	17.10 a1	7.73 a2
<b>CMSXS612</b>	80.67 a2	52.95 a2	16.57 a2	46.48 a2	66.70 a2	38.28 a2	19.90 a1	8.20 a2
<b>CMSXS616</b>	76.00 a1	56.29 a2	17.30 a2	38.77 a1	61.87 a1	32.98 a1	23.10 a1	5.80 a1
<b>CMSXS611</b>	75.00 a1	40.48 a1	18.67 a3	41.29 a1	62.14 a1	35.29 a1	20.85 a1	6.00 a1
<b>BRS601</b>	78.33 a1	49.71 a1	13.70 a1	52.54 a2	69.63 a2	43.80 a2	17.10 a1	8.73 a2

\*médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.