

## QUALIDADE INDUSTRIAL E RENDIMENTO DE ETANOL DE GENÓTIPOS DE SORGO SACARINO EM PLANTA E REBROTA

TASSIANO MAXWELL MARINHO CÂMARA<sup>1</sup>, RAFAEL AUGUSTO DA COSTA PARRELLA<sup>2</sup>  
e HERÁCLITON DE ÉFESO DA SILVA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Tabuleiros Costeiros. Av. Beira Mar, n° 3.250, Bairro Jardins,  
CEP: 49025-040, Aracaju, SE [tassiano.camara@embrapa.br](mailto:tassiano.camara@embrapa.br)

<sup>2</sup>Embrapa Milho e Sorgo. Rodovia MG-424, Km 45 Caixa Postal: 285 ou 151  
CEP: 35701-970 - Sete Lagoas - MG [rafael.parrella@embrapa.br](mailto:rafael.parrella@embrapa.br)

<sup>3</sup>Estudante de agronomia da Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias (CECA/UFAL).  
BR 104, Km85, Rio Largo, AL. CEP 57.100-000 [heracliton\\_efeso@outlook.com](mailto:heracliton_efeso@outlook.com)

---

*Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.17, n.2, p. 216-228, 2018*

**RESUMO** - O rendimento de cultivares de sorgo sacarino em planta de primeiro corte e na rebrota tem sido estudado para viabilizar o cultivo com menores custos de produção. Entretanto, dados qualitativos sobre a qualidade de caldo e rendimento de etanol entre safra principal e rebrota são escassos. Objetivou-se com este trabalho comparar genótipos de sorgo sacarino quanto à qualidade industrial e avaliar o efeito do tipo de colheita e biomassa processada no rendimento industrial para produção de etanol. Foi conduzido um experimento em blocos ao acaso com três repetições em esquema de parcela subdividida, sendo as parcelas constituídas por 20 genótipos de sorgo e as subparcelas pelos tipos de amostras processadas ou colheitas realizadas. Os maiores rendimentos de etanol, em termos absolutos, foram obtidos para CMSXS646 e BRS 511 na colheita de primeiro corte com colmos limpos. A utilização de colmos limpos promoveu, em média, um incremento de 13,5, 14,2, 13,4, 3,3, 7,9, 7,0, 8,0 e 16,4% para etanol, ART, ATR, umidade, ARC, Pol, °Brix, quantidade de caldo, respectivamente, e redução de 17,3% para fibra, em relação às amostras de colmos com folhas. O rendimento médio de etanol por tonelada de caldo extraído foi 28% superior no primeiro corte comparativamente à rebrota.

**Palavras-chave:** Bioenergia, biomassa, °Brix, *Sorghum bicolor*.

## INDUSTRIAL QUALITY AND ETHANOL YIELD OF SWEET SORGHUM GENOTYPES IN MAIN AND RATOON CROPS

**ABSTRACT** - The yield of sweet sorghum cultivars in first cut and ratoon crops have been studied to enable the cultivation with lower production costs. However, qualitative data on broth quality and yield of ethanol on main crop and ratoon are scarce. The aim of this work was to compare sweet sorghum genotypes regarding the industrial quality and to evaluate the effects of harvests and processed biomass types in the industrial yield for ethanol production. A randomized block design experiment was carried out with three replicates in a split plot design, being the plots composed by 20 sorghum genotypes and the subplots by the types of processed samples or harvests. The highest ethanol yields, in absolute terms, were obtained for CMSXS646 and BRS 511 in first cut with clean stalks. The use of clean stalks promoted, on average, an increase of 13.5, 14.2, 13.4, 3.3, 7.9, 7.0, 8.0 and 16.4% for ethanol, ART, ATR, moisture, ARC, Pol, ° Brix, juice amount, respectively, and reduction of 17.3% for fiber, in relation to samples with stalks and leaf. The average yield of ethanol per extracted juice ton was 28% higher in first cut compared to ratoon.

**Keywords:** bioenergy, biomass, °Brix, *Sorghum bicolor*.

O sorgo sacarino é uma cultura que tem sido apontada como fonte complementar à cana-de-açúcar na produção etanol, principalmente em áreas de renovação de canaviais e em ambientes mais restritivos ao cultivo da cana-de-açúcar, como aqueles com deficits hídricos, por exemplo. A rapidez do ciclo (em torno de 120 dias), o potencial produtivo (entre 40 a 60 t ha<sup>-1</sup> de colmos), a possibilidade de mecanização do plantio a colheita, a maior tolerância a seca e baixa fertilidade, a produção de açúcares fermentáveis nos colmos, o uso do bagaço como fonte para cogeração de eletricidade e produção de etanol lignocelulósico, entre outros, têm sido relatados como vantagens do cultivo do sorgo sacarino com fins bioenergéticos (May et al., 2012; Fernandes et al., 2014a; Souza et al., 2016).

A qualidade da biomassa de sorgo é um dos principais fatores para que uma cultivar possa ser utilizada como fonte na produção de bioenergia. Em sorgo sacarino a produtividade de etanol está associada a características agroindustriais como produtividade de colmos por hectares, °Brix no caldo, porcentagem de extração de caldo, teor de fibra, umidade da biomassa, porcentagem de sacarose aparente contida no caldo (Pol, %), pureza, açúcares redutores (AR), açúcares redutores totais (ART) e açúcar total recuperável (ATR) (Parrella, 2011). A Embrapa estabeleceu como parâmetros mínimos para produção econômica e sustentável de etanol a partir de cultivares de sorgo sacarino os valores de: período de utilização industrial (PUI) - 30 dias; produtividade de biomassa - 50 t.ha<sup>-1</sup>; açúcares redutores totais - 12,5%; °Brix - 14,25 a 14,50; etanol por tonelada de colmos - 60 litros; etanol por hectare - 3.000 litros (May et al., 2013).

Para alcançar alta produção de etanol é necessário avaliar as características agroindustriais das cultivares em seus ambientes e condições de cultivo.

Trabalhos para avaliação da qualidade agroindustrial de genótipos de sorgo têm sido conduzidos em diferentes regiões do Brasil mostrando resultados promissores (Dutra et al., 2013; Souza et al., 2013; Fernandes et al., 2014b; Freita et al., 2014; Souza et al., 2016). No Nordeste, empresas públicas e privadas têm avaliado sorgo sacarino nos últimos anos, contudo, os resultados são preliminares e/ou não divulgados, ou ainda, as avaliações são conduzidas, em sua maioria, em ambientes fora das zonas canavieiras tradicionais (Dutra et al., 2013; Tabosa et al., 2013a, 2013b).

Nessas zonas tradicionais, como em Alagoas, que responde por 35% da área plantada com cana-de-açúcar da região Nordeste, a avaliação de cultivares de sorgo sacarino e a caracterização de seus parâmetros industriais pode ser uma alternativa para inserção desta fonte de biomassa em complemento à cana-de-açúcar, com foco no aumento da competitividade e sustentabilidade do setor, que tem enfrentado grandes dificuldades nos últimos anos, agravadas pelo aumento das restrições climáticas ao cultivo da cana-de-açúcar, principalmente relacionadas à escassez hídrica.

Em relação ao cultivo do sorgo, a condução das lavouras em planta (primeiro corte) e na rebrota pode ser uma opção para que produtores, principalmente aqueles menos capitalizados, como os pequenos fornecedores de usinas, obtenham mais benefícios empregando menos recursos, uma vez que cerca de 20% dos custos de produção do sorgo sacarino com vistas à cogeração de energia e produção de etanol estão associados ao preparo de solo e plantio, etapas não realizadas no cultivo da rebrota. Assim, a comparação do rendimento de cultivares de sorgo sacarino em primeiro corte e nas rebrotas tem sido objeto de interesse de grupos de pesquisa em diversas regiões (Srinivasa Rao et al., 2012, 2013; Rolz et al., 2014; Cifuentes et al., 2016; Rolz et al., 2017).

Objetivou-se com este trabalho comparar genótipos de sorgo sacarino quanto à qualidade industrial e avaliar o efeito do tipo de colheita e da biomassa processada no rendimento industrial para produção de etanol.

### Material e Métodos

O experimento foi implantado em 29 de novembro de 2013 em área da Usinas Reunidas Seresta S/A, com sede no município de Teotônio Vilela – AL. A classificação climática de Köppen-Geiger para a região é As, com clima tropical e chuvas de inverno. O solo da área experimental (36°18'14,04" W, 9°55'59,023" S) foi classificado como Argissolo Amarelo.

Foram avaliados 20 genótipos, sendo seis variedades experimentais provenientes do programa de melhoramento genético da Embrapa Milho e Sorgo (CMSXS629, CMSXS630, CMSXS643, CMSXS644, CMSXS646 e CMSXS647), sete variedades (BRS 506, BRS 508, BRS 509 e BRS 511 da Embrapa, SF 15 e IPA 467 do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), e Silotec 20 da Seprotec) e seis híbridos comerciais (CV198 e CV568 da Monsanto®, Sugargraze, V 82391, V 82392 e V 82393 da Advanta, e BRS 716, híbrido de sorgo biomassa da Embrapa).

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com três repetições e parcelas constituídas por quatro linhas de cinco metros, sendo as duas centrais consideradas como área útil. O espaçamento foi de 0,7 m entre linhas e densidade de 140 mil plantas por hectare após desbaste.

O experimento foi conduzido em sorgo planta (primeiro corte) e rebrota. A condução do ensaio em sorgo planta foi realizada com irrigação suplementar.

Na rebrota não houve necessidade de irrigação uma vez que o desenvolvimento da cultura coincidiu com o início da quadra chuvosa na região. As adubações foram realizadas em sorgo planta e de acordo com os resultados das análises de solo, sendo utilizado o equivalente a 130 kg de nitrogênio, 40 kg de fósforo e 90 kg de potássio por hectare. Todo o fósforo, potássio e 1/3 do nitrogênio foram aplicados na semeadura e os 2/3 restantes de N em cobertura, 30 dias após a emergência. O controle de insetos e plantas daninhas ocorreu conforme necessidade da cultura.

Por ocasião das colheitas (26/03/2014 e 17/07/2014 em sorgo planta e rebrota, respectivamente) foram retiradas amostras de cada parcela para a avaliação da qualidade industrial da biomassa. Em sorgo planta as amostras foram constituídas de colmo limpos (sem folhas e panículas) ou colmos com folhas. Na rebrota apenas amostra de colmos limpos foram consideradas.

Para a obtenção de cada amostra foram colhidas, ao acaso, dez plantas da área útil da parcela e encaminhadas ao laboratório da usina. As amostras foram desintegradas em forrageira e homogeneizadas para retirada de subamostras de  $500 \pm 0,5$  g que foram prensadas em prensa hidráulica com pressão mínima e constante de  $250 \text{ kgf cm}^{-2}$  por um período de um minuto. O bagaço e o caldo coletados foram pesados para a obtenção das massas do bagaço úmido (PBU, g) e do caldo (g), utilizados na determinação dos demais parâmetros industriais, conforme a metodologia proposta pelo CONSECANA (Conselho dos Produtores de Cana, Açúcar e Alcool de Alagoas, 2006). Para a realização das análises de qualidade da biomassa foram estimados:

i) Teor de sólidos solúveis do caldo, ou °Brix (%) – determinado após prévia homogeneização e filtração, em papel de filtro, do caldo extraído, utilizan-

do refratômetro digital, modelo rx5000 da ATAGO, com correção automática de temperatura;

ii) Porcentagem de sacarose aparente contida no caldo (Pol, %) - determinada em sacarímetro automático digital, modelo SDA 2500 da ACATEC, após clarificação do caldo com subacetato de chumbo;

iii) Pureza aparente do caldo (Pza, %) – calculada pela fórmula:

$$Pza = 100 \times \left( \frac{Pol}{Brix} \right)$$

iv) Teor de fibra (F, %) – expresso por:

$$F = 0,0779 \times PBU + 2,3136;$$

v) Açúcares redutores por cento do sorgo (ARC, %) – expresso pela fórmula:

$$ARC = AR \times (1 - 0,01 \times F) \times C$$

Em que:

AR (açúcares redutores do caldo) equivale a:

$$AR = 3,3459 - 0,002871 \times Pza; e$$

C (coeficiente de transformação da pol do caldo extraído em pol do caldo absoluto) corresponde a:  $C = 1,0313 - 0,00575 \times F$ ;

vi) Açúcar total recuperável (ATR, kg.t<sup>-1</sup>) - determinado pela expressão:

$$ATR = 10 \times PC \times 1,0526 \times \left(1 - \frac{PI}{100}\right) + 10 \times ARC \times \left(1 - \frac{PI}{100}\right)$$

Onde:

PC (Pol do sorgo, %) foi estimada como:

$$PC = Pol \times (1 - 0,01 \times F) \times C;$$

1,0526 - corresponde ao fator estequiométrico de conversão de sacarose em açúcares redutores; e

PI - refere-se às perdas atribuídas ao processo industrial, consideradas como 11% para o presente caso;

vii) Umidade da biomassa (U, %) – calculado de forma indireta como sendo:

$$U = 100 - F - \left( \frac{PC}{C} \right)$$

viii) Açúcares redutores totais nos colmos (ART, %):

$$ART = ARC + \left( \frac{PC}{0,95} \right)$$

A produção de etanol hidratado (litros por tonelada de biomassa), considerando um processo fer-

mentativo com 85% de eficiência, foi estimada como (Souza et al., 2016):

$$Etanol (L.t^{-1}) = ART \times 10 \times 0,6475 \times 0,85$$

Para a análise de variância foi considerado o modelo de blocos ao acaso em parcelas subdivididas, conforme sugerido por Banzatto e Kronka (2008), com as parcelas sendo constituídas pelos genótipos e as subparcelas pelas colheitas ou pelos tipos de amostras processadas (colmos limpos ou colmos com folhas). Na comparação entre médias de tratamento foi utilizado o teste de Tukey ao nível de 5% de significância de erro. As análises foram realizadas utilizando o programa computacional Genes (Cruz, 2013).

## Resultados e Discussão

As análises de variância em sorgo planta (primeiro corte) constataram diferenças significativas para as fontes de variação genótipos e amostras em todos os caracteres avaliados, à exceção da pureza aparente do caldo em relação à fonte amostras. A interação cultivares x amostras foi significativa para Pol, Pza, ARC, ATR, ART e etanol. Os coeficientes de variação apresentaram valores, em geral, inferiores a 10%, indicando razoável precisão nas avaliações realizadas (Tabela 1).

As variações observadas entre cultivares para os caracteres avaliados eram esperadas uma vez que estas cultivares são provenientes de diferentes programas de melhoramento e selecionadas para regiões, em geral, com condições edafoclimáticas distintas daquela predominante na região onde o estudo foi conduzido. A variação obtida entre amostras sugere haver distinção em termos de qualidade industrial da biomassa processada, quando a mesma é oriunda de colmos limpos em relação àquela contendo colmos com folhas.

**Tabela 1.** Resumo das análises de variância<sup>(1)</sup> para os caracteres peso do caldo (Caldo, g), °Brix (%), porcentagem de sacarose aparente contida no caldo (Pol, %), pureza aparente do caldo (Pza, %), açúcares redutores (ARC, %), fibra (%), umidade da biomassa (%), açúcar total recuperável (ATR, kg.t<sup>-1</sup>), açúcares redutores totais (ART, %) e produção de etanol (l t<sup>-1</sup>) em sorgo sacarino, considerando o processamento de amostras de colmos limpo ou com folhas, em sorgo planta. Teotônio Vilela, AL – 2014.

FV	GL	QMR				
		Caldo	°Brix	Pol	Pza	ARC
Blocos	2	395,810	0,892	0,747	49,483	0,024
Cultivares (C)	19	919,404 *	40,467 **	32,434 **	31,219 **	0,016 **
Erro a	38	409,416	2,836	2,553	12,814	0,006
Amostras (A)	1	59083,094 **	47,628 **	22,960 **	7,120 <sup>ns</sup>	0,123 **
Interação C x A	19	290,807 <sup>ns</sup>	2,313 <sup>ns</sup>	2,395 *	23,414 **	0,011 **
Erro b	40	336,579	1,938	1,210	8,181	0,005
Médias		292,72	16,93	13,23	77,83	0,84
CV Cultivares		6,91	9,95	12,08	4,60	9,58
CV Amostras		6,27	8,22	8,31	3,68	8,20

  

FV	GL	QMR				
		Fibra	Umidade	ATR	ART	Etanol
Blocos	2	2,401	3,365	12,274	0,159	4,826
Cultivares (C)	19	5,578 *	32,313 **	1454,603 **	18,347 **	555,740 **
Erro a	38	2,484	4,084	121,372	1,533	46,420
Amostras (A)	1	358,595 **	156,934 **	4847,836 **	61,234 **	1855,070 **
Interação C x A	19	1,763 <sup>ns</sup>	2,525 <sup>ns</sup>	118,669 *	1,495 *	45,273 *
Erro b	40	2,042	3,098	53,902	0,681	20,630
Médias		18,46	70,75	100,99	11,35	62,45
CV Cultivares		8,54	2,86	10,91	10,91	10,91
CV Amostras		7,74	2,49	7,27	7,27	7,27

<sup>(1)</sup> <sup>ns</sup>, \*\* e \* - não-significativo, significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Para a maioria dos caracteres, inclusive etanol, a interação cultivares vs amostras foi significativa. Assim, espera-se uma dependência entre esses fatores sobre a produção de etanol, o que reforça a necessidade e importância de uma boa caracterização da biomassa e escolha da cultivar quando se deseja obter melhores rendimentos na produção de bioenergia.

Na comparação entre médias de genótipos observou-se que o rendimento médio de etanol variou de 45,6 a 75,7 l t<sup>-1</sup>, com destaque para BRS 511 e CMSXS646 que apresentaram os maiores

valores absolutos, superiores a 75 l t<sup>-1</sup>, rendimento considerado satisfatório para a cultura (May et al., 2012). Os valores para °Brix, Pol, ATR e ART, seguiram a mesma tendência observada para etanol, com a variedade BRS 511 e o genótipo CMSXS646 apresentando os maiores valores absolutos para essas características. A comparação de médias não detectou diferenças entre os genótipos para Pza e ARC e para fibra e caldo apenas os genótipos CMSXS647 e BRS 508 diferiram entre si (Tabela 2).

**Tabela 2.** Comparação de médias<sup>(1)</sup> para os caracteres peso do caldo (Caldo, g), °Brix (%), porcentagem de sacarose aparente contida no caldo (Pol, %), pureza aparente do caldo (Pza, %), açúcares redutores (ARC, %), fibra (%), umidade da biomassa (%), açúcar total recuperável (ATR, kg.t<sup>-1</sup>), açúcares redutores totais (ART, %) e produção de etanol (l t<sup>-1</sup>) de sorgo sacarino colhido em planta. Teotônio Vilela, AL – 2014.

Cultivares	Caldo	°Brix	Pol	Pza	ARC	Fibra	Umidade	ATR	ART	Etanol
BRS 511	287,8 ab	20,5 a	16,4 a	80,4 a	0,777 a	18,9 ab	67,8 fg	122,4 a	13,8 a	75,7 a
CMSXS646	291,8 ab	20,5 a	16,3 a	79,5 a	0,805 a	18,5 ab	68,2 efg	122,1 a	13,7 a	75,5 a
CMSXS629	308,6 ab	19,1 abc	15,4 ab	80,9 a	0,790 a	17,2 ab	70,0 bcdefg	118,6 ab	13,3 ab	73,2 ab
CMSXS647	311,4 a	18,8 abcd	15,3 ab	81,3 a	0,786 a	17,0 b	70,3 bcdefg	118,1 ab	13,3 ab	73,0 ab
CMSXS630	278,6 ab	19,7 abc	15,8 ab	80,1 a	0,773 a	19,6 ab	67,8 fg	115,9 ab	13,0 ab	71,7 ab
CMSXS643	290,1 ab	19,2 abc	15,4 ab	80,2 a	0,784 a	18,7 ab	68,8 defg	115,2 ab	12,9 ab	71,2 ab
BRS 508	266,8 b	20,0 ab	15,6 ab	77,5 a	0,814 a	20,5 a	67,1 g	113,3 abc	12,7 abc	70,1 abc
BRS 506	289,9 ab	18,9 abcd	14,8 abcd	78,5 a	0,824 a	18,7 ab	69,3 cdefg	111,5 abcd	12,5 abcd	68,9 abcd
BRS 509	275,7 ab	18,9 abcd	14,9 abc	79,1 a	0,791 a	19,8 ab	68,2 efg	110,2 abcde	12,4 abcde	68,1 abcde
CV198	309,2 ab	16,3 cde	12,7 bcde	77,5 a	0,865 a	17,2 ab	72,3 abcde	99,3 abcdef	11,2 abcdef	61,5 abcdef
CMSXS644	283,6 ab	16,8 bcde	13,1 abcde	78,3 a	0,817 a	19,2 ab	70,2 bcdefg	98,9 abcdef	11,1 abcdef	61,2 abcdef
CV568	291,9 ab	16,1 cde	12,5 bcdef	77,6 a	0,842 a	18,5 ab	71,2 abcdefg	96,3 bcdefg	10,8 bcdefg	59,5 bcdefg
SF 15	302,9 ab	15,0 ef	11,5 cdef	76,2 a	0,885 a	17,7 ab	72,8 abcd	90,8 cdefg	10,2 cdefg	56,1 cdefg
V 82391	289,2 ab	14,6 ef	11,4 def	78,4 a	0,822 a	18,7 ab	72,0 abcdef	88,0 defg	9,9 defg	54,4 defg
IPA 467	284,4 ab	15,3 def	11,3 def	73,6 a	0,918 a	19,1 ab	71,8 abcdef	87,1 efg	9,8 efg	53,8 efg
Sugargraze	300,1 ab	14,3 ef	11,0 ef	77,1 a	0,864 a	17,9 ab	73,1 abcd	86,3 efg	9,7 efg	53,4 efg
Silotec 20	282,6 ab	15,0 ef	11,3 ef	75,1 a	0,887 a	19,2 ab	71,7 abcdef	86,3 efg	9,7 efg	53,4 efg
V 82392	306,4 ab	14,0 ef	10,6 ef	75,4 a	0,910 a	17,4 ab	73,9 ab	84,2 fg	9,5 fg	52,1 fg
V 82393	296,6 ab	13,6 ef	10,3 ef	76,1 a	0,882 a	18,2 ab	73,4 abc	81,4 fg	9,1 fg	50,4 fg
BRS 716	307,2 ab	12,3 f	9,1 f	73,7 a	0,947 a	17,3 ab	75,2 a	73,8 g	8,3 g	45,6 g
Colmos limpos	314,9 a	17,6 a	13,7 a	77,6 a	0,871 a	16,7 b	71,9 a	107,3 a	12,1 a	66,4 a
C. com folhas	270,5 b	16,3 b	12,8 b	78,1 a	0,807 b	20,2 a	69,6 b	94,6 b	10,6 b	58,5 b

<sup>(1)</sup> Para genótipos ou amostras, médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Bons rendimentos na produção de etanol para variedades como BRS 511 e BRS 508 em relação a outras cultivares têm sido relatados (May et al., 2012, 2013; Ferreira, 2015), o que demonstra o potencial dessas variedades para o fornecimento de biomassa de qualidade para a produção de etanol em diferentes condições ambientais.

Levando em consideração os valores médios dos genótipos e os parâmetros mínimos estabelecidos pela Embrapa para a produção econômica e sustentável de etanol a partir de cultivares de sorgo sacari-

no (12,5% para ART, mínimo de 14,25 a 14,50 para °Brix e mínimo de 60 litros de etanol por tonelada de biomassa) (May et al., 2013) constata-se que 12 das 20 cultivares não atenderam a pelo menos um desses três critérios.

Em relação à comparação de médias entre amostras apresentada na Tabela 2, observa-se que a utilização de colmos limpos promoveu um aumento na produção de etanol (+13,5%), ART (+14,2%), ATR (+13,4%), umidade (+3,3%), ARC (+7,9%), Pol (+7,0%), °Brix (+8,0%) e quantidade de caldo



(+16,4%), e redução nos valores de fibra (-17,3%), em relação ao processamento da biomassa de colmos com folhas. A pureza aparente do caldo não foi afetada com a retirada das folhas.

Os resultados corroboram com as análises de variância e indicam que para produção de etanol seria mais apropriado o processamento de colmos limpos, comparativamente a colmos com folhas. A utilização de colmos limpos pode trazer vantagens adicionais, uma vez que os teores de ART foram maiores nesse tipo de amostra, o que poderia propiciar melhores condições de fermentação do caldo extraído, principalmente em genótipos com valores de ART inferiores a 12,5%.

Outros autores têm evidenciado diferenças, às vezes não tão pronunciadas, em avaliações considerando diferentes tipos de amostras processadas (Emygdio et al., 2012; Freita et al., 2014; Ferreira, 2015). Esses estudos avaliaram um número mais restrito de genótipos e em condições distintas das do presente trabalho, o que pode explicar as divergências entre os resultados obtidos em relação àqueles relatados na literatura.

Nas colheitas do sorgo planta e rebrota, considerando amostras de colmos limpos, observou-se que as diferenças entre cultivares para as características avaliadas foram novamente evidenciadas. Entre as colheitas também foram constatadas diferenças significativas para todas as características, mostrando haver distinção entre as mesmas quanto à qualidade da biomassa fornecida. A interação cultivares vs colheitas foi significativa para °Brix, Pol, ATR, ART e etanol sugerindo a existência de dependência entre cultivares e colheitas na expressão dessas características. Os coeficientes de variação apresentaram valores próximos àqueles observados na Tabela 1, com valores variando de 2,18 a 15,26% (Tabela 3).

Na Tabela 4 são apresentadas as comparações de médias dos cultivares da colheita em planta e na rebrota, considerando amostras de colmos limpos. A produção média de etanol variou de 42,3 a 71,0 l t<sup>-1</sup>, com destaque para CMSXS646 que diferiu de SF 15, Silotec 20, CV568, V 82392, IPA 467, V 82391, Sugargraze, V 82393 e BRS 716. Cultivares como CMSXS629, CMSXS643, BRS 511 e CMSXS630, que mostraram bons rendimentos na análise considerando diferentes amostras (Tabela 2), também estão entre as de maior rendimento, em termos absolutos, na avaliação considerando as médias das duas colheitas (Tabela 4).

As características °Brix, Pol, ATR e ART, apresentaram comportamento semelhante ao observado para etanol, com CMSXS646 mostrando os maiores valores absolutos para essas características. CMSXS630 destacou-se em pureza aparente do caldo e quanto a menor quantidade de açúcares redutores, diferindo de BRS 506 e BRS 716 para ambas as características e de V 82391 para ARC. A variedade BRS 508 obteve a maior média para fibra e menor peso de caldo. Para essa variedade a umidade da biomassa também foi menor.

Na comparação de médias entre colheitas pode-se enfatizar que a colheita em sorgo planta propiciou uma biomassa de melhor qualidade para produção de etanol, com maiores valores de °Brix, Pol, Pza, ATR e ART, menores valores de fibra e estimativa de produção de etanol em torno de 28% superior aquela obtida na rebrota.

As diferenças entre os dois tipos de colheitas podem estar relacionadas a diversos fatores. Perdas significativas na produtividade e qualidade da biomassa do sorgo sacarino podem ser função do manejo inadequado, fatores climáticos, como déficit hídrico, limitações na quantidade de radiação solar absorvida

**Tabela 3.** Resumo das análises de variância<sup>(1)</sup> para os caracteres peso do caldo (Caldo, g), °Brix (%), porcentagem de sacarose aparente contida no caldo (Pol, %), pureza aparente do caldo (Pza, %), açúcares redutores (ARC, %), fibra (%), umidade da biomassa (%), açúcar total recuperável (ATR, kg.t<sup>-1</sup>), açúcares redutores totais (ART, %) e produção de etanol (l t<sup>-1</sup>) em cultivares de sorgo sacarino colhidas no cultivo em planta e rebrota, em amostras com colmos limpos. Teotônio Vilela, AL – 2014.

FV	GL	QMR				
		Caldo	°Brix	Pol	Pza	ARC
Blocos	2	2960,947	18,892	4,650	98,350	0,023
Cultivares (C)	19	666,971 **	24,364 **	21,833 **	73,710 **	0,041 **
Erro a	38	206,915	2,590	2,725	25,650	0,012
Colheitas (H)	1	2964,307 **	445,638 **	371,466 **	423,865 **	0,277 **
Interação C x H	19	291,385 ns	6,504 *	4,263 *	54,373 ns	0,025 ns
Erro b	40	252,166	2,938	2,268	40,712	0,020
Médias		319,88	15,64	11,91	75,71	0,92
CV Cultivares		4,50	10,29	13,86	6,69	12,12
CV Colheitas		4,96	10,96	12,65	8,43	15,26

  

FV	GL	QMR				
		Fibra	Umidade	ATR	ART	Etanol
Blocos	2	17,949	29,865	117,529	1,483	44,939
Cultivares (C)	19	4,044 **	23,958 **	989,863 **	12,500 **	378,605 **
Erro a	38	1,257	2,955	131,453	1,660	50,280
Colheitas (H)	1	18,003 **	393,060 **	16852,596 **	212,795 **	6445,709 **
Interação C x H	19	1,771 ns	3,803 ns	233,471 *	2,948 *	89,293 *
Erro b	40	1,531	2,572	116,205	1,467	44,447
Médias		16,34	73,71	95,49	10,73	59,05
CV Cultivares		6,86	2,33	12,01	12,01	12,01
CV Colheitas		7,57	2,18	11,29	11,29	11,29

(1) ns, \*\* e \* - não-significativo, significativo a 1 e a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

pela cultura na fase final do desenvolvimento, entre outros (Srinivasa Rao et al., 2012, 2013; May et al., 2013; Souza et al., 2016; Rolz et al., 2017). Assim, fatores como variações ambientais, principalmente temperatura e fotoperíodo, eficiência dos genótipos quanto a rebrota, entre outros, podem ter influenciado de forma distinta o rendimento industrial do sorgo na colheita em planta e rebrota.

Como apresentado nas Tabelas 1 e 3, algumas características mostraram interação significativa, indicando haver uma dependência entre as fontes de

variação cultivares e amostras (para Pol, Pza, ARC, ATR, ART e etanol - Tabela 1) e cultivares e colheitas (no caso de °Brix, Pol, ATR, ART e etanol - Tabela 3) na expressão dessas características.

Considerando a produção de etanol, o processamento de colmos limpos aumentou o rendimento de etanol em oito das 20 cultivares avaliadas, sendo que para cultivares como SF 15 esse incremento foi superior a 50% (Tabela 5). Em termos absolutos, dos dez cultivares com melhor rendimento em etanol para amostras provenientes de colmos limpos, nove tam-



**Tabela 4.** Comparação de médias<sup>(1)</sup> para os caracteres peso do caldo (Caldo, g), °Brix (%), porcentagem de sacarose aparente contida no caldo (Pol, %), pureza aparente do caldo (Pza, %), açúcares redutores (ARC, %), fibra (%), umidade da biomassa (%), açúcar total recuperável (ATR, kg.t<sup>-1</sup>), açúcares redutores totais (ART, %) e produção de etanol (l t<sup>-1</sup>) em cultivares de sorgo sacarino colhidas no cultivo em planta e na rebrota, em amostras com colmos limpos. Teotônio Vilela, AL – 2014.

Variedades	Caldo	°Brix	Pol	Pza	AR	Fibra	Umidade	ATR	ART	Etanol
CMSXS646	323,0 abc	18,5 a	14,5 a	78,9 abc	0,851 abc	16,1 abc	71,7 def	114,8 a	12,9 a	71,0 a
CMSXS629	329,0 ab	17,4 abc	13,9 abc	79,4 ab	0,847 abc	15,6 bc	72,7 bcdef	110,8 ab	12,4 ab	68,5 ab
CMSXS643	314,9 abc	18,1 ab	14,1 ab	78,1 abc	0,858 abc	16,7 abc	71,5 def	110,7 ab	12,4 ab	68,4 ab
BRS511	317,5 abc	17,6 abc	14,0 abc	79,7 ab	0,826 bc	16,5 abc	71,8 def	109,2 ab	12,3 ab	67,5 ab
CMSXS630	308,6 abc	17,4 abc	14,1 ab	81,2 a	0,783 c	17,2 abc	71,2 ef	108,1 ab	12,1 ab	66,9 ab
BRS508	296,2 c	18,1 ab	14,1 ab	77,9 abc	0,839 abc	18,2 a	70,3 f	107,4 abc	12,1 abc	66,4 abc
BRS509	307,3 bc	17,5 abc	13,5 abcd	76,5 abc	0,885 abc	17,3 ab	71,6 def	104,9 abcd	11,8 abcd	64,9 abcd
CMSXS647	328,1 ab	16,0 abcdef	12,5 abcde	77,9 abc	0,880 abc	15,7 bc	73,7 abcdef	100,9 abcde	11,3 abcde	62,4 abcde
BRS506	321,9 abc	17,3 abcd	12,4 abcde	69,9 bc	1,051 ab	16,2 abc	73,4 abcdef	100,5 abcde	11,3 abcde	62,2 abcde
CMSXS644	303,4 bc	16,2 abcde	12,4 abcde	76,4 abc	0,883 abc	17,6 ab	72,2 cdef	96,7 abcde	10,9 abcde	59,8 abcde
CV198	328,5 ab	14,8 bcdefg	11,7 abcde	79,0 abc	0,855 abc	15,7 bc	74,5 abcde	94,4 abcde	10,6 abcde	58,4 abcde
SF15	322,5 abc	14,4 cdefg	11,0 abcdef	75,5 abc	0,925 abc	16,1 abc	74,6 abcde	89,2 bcdef	10,0 bcdef	55,2 bcdef
Silotec20	315,7 abc	14,9 bcdefg	11,1 abcdef	74,6 abc	0,938 abc	16,7 abc	74,1 abcde	89,2 bcdef	10,0 bcdef	55,2 bcdef
CV568	326,5 abc	14,3 cdefg	10,8 bcdef	74,9 abc	0,944 abc	15,8 abc	75,1 abcd	88,1 bcdef	9,9 bcdef	54,5 bcdef
V82392	339,4 a	14,2 cdefg	10,4 cdef	72,9 abc	1,010 abc	14,8 c	76,3 ab	87,3 bcdef	9,8 bcdef	54,0 bcdef
IPA467	316,3 abc	14,4 cdefg	10,8 bcdef	74,9 abc	0,935 abc	16,6 abc	74,4 abcde	87,0 bcdef	9,8 bcdef	53,8 bcdef
V82391	324,6 abc	13,8 defg	9,9 def	70,4 abc	1,044 ab	16,0 abc	75,7 abc	82,2 cdef	9,2 cdef	50,8 cdef
Sugargraze	327,7 abc	13,5 efg	9,8 def	73,0 abc	0,990 abc	15,7 abc	76,0 ab	81,9 def	9,2 def	50,6 def
V82293	332,2 ab	12,5 fg	9,3 ef	74,6 abc	0,961 abc	15,4 bc	76,7 a	78,4 ef	8,8 ef	48,5 ef
BRS716	314,5 abc	11,9 g	8,0 f	68,2 c	1,076 a	16,8 abc	76,5 a	68,4 f	7,7 f	42,3 f
Planta	314,9 b	17,6 a	13,7 a	77,6 a	0,871 b	16,7 a	71,9 b	107,3 a	12,1 a	66,4 a
Rebrota	324,9 a	13,7 b	10,1 b	73,8 b	0,967 a	16,0 b	75,5 a	83,6 b	9,4 b	51,7 b

<sup>(1)</sup> Para genótipos ou colheitas, médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey

bém foram os que obtiveram os maiores valores para amostras de colmos com folhas. A exceção foi SF 15, que obteve o menor valor considerando o processamento de colmos com folhas, mas não diferiu das melhores cultivares quando foram utilizados apenas colmos limpos.

Em relação aos tipos de colheita, aquela realizada em sorgo planta proporcionou aumento na produção de etanol em 12 das 20 cultivares avaliadas.

Esse aumento variou de 19 a 38%, a depender do material. Para as demais cultivares a variação foi não significativa, mas, em todos os casos, as estimativas de produção de etanol foram maiores, em termos absolutos, na colheita do sorgo planta em relação a rebrota. Os resultados corroboram as afirmações de Srinivasa Rao et al. (2013) de que genótipos de sorgo sacarino têm eficiência diferenciada quanto a rebrota.

**Tabela 5.** Comparação de médias<sup>(1)</sup> de produção de etanol (l t<sup>-1</sup>) de cultivares de sorgo sacarino considerando diferentes colheitas e biomassas processadas. Teotônio Vilela, AL – 2014.

Cultivar	Tipo de Biomassa Processada <sup>(2)</sup>		Tipo de Colheita <sup>(3)</sup>	
	Colmos limpos	Colmos c/ folhas	Planta	Rebrota
CMSXS646	80,4 Aa	70,6 Babc	80,4 Aa	61,6 Bab
BRS 511	78,4 Aab	72,9 Aa	78,4 Aab	56,6 Babcd
CMSXS647	77,2 Aabc	68,9 Aabcd	77,2 Aab	47,5 Babcd
CMSXS643	76,4 Aabc	66,1 Babcde	76,4 Aab	60,5 Babc
CMSXS629	75,5 Aabcd	70,9 Aab	75,5 Aab	61,4 Bab
CMSXS630	74,4 Aabcd	69,0 Aabcd	74,4 Aabc	59,3 Babc
BRS 506	74,3 Aabcd	63,6 Babcdef	74,3 Aabc	50,0 Babcd
BRS 509	73,5 Aabcd	62,7 Babcdef	73,5 Aabcd	56,2 Babcd
BRS 508	68,9 Aabcde	71,3 Aab	68,9 Aabcd	63,9 Aa
SF 15	67,8 Aabcdef	44,4 Bg	67,8 Aabcd	42,5 Bbcd
CV198	66,1 ABCDEFG	56,8 ACDEFG	66,1 Aabcde	50,7 Babcd
CMSXS644	64,8 ABCDEFG	57,6 ABCDEFG	64,8 Aabcde	54,8 Aabcd
CV568	63,6 ACDEFG	55,4 ADEFG	63,6 Aabcde	45,4 Babcd
V82391	61,8 ADEFG	47,1 Bg	61,8 Aabcde	39,9 Bcd
IPA 467	59,1 Aefgh	48,5 Bg	59,1 abcde	48,5 Aabcd
Silotec 20	58,2 Aefgh	48,6 Bg	58,2 abcde	52,1 Aabcd
V82392	54,1 Afgh	50,0 Afg	54,1 acde	53,8 Aabcd
Sugargraze	54,1 Afgh	52,7 Aefg	54,1 acde	47,2 Aabcd
V82393	53,0 Agh	47,7 Ag	53,0 Ade	43,9 Aabcd
BRS 716	45,9 Ah	45,4 Ag	45,9 Ae	38,7 Ad

<sup>(1)</sup> Para tipo de biomassa processada ou de colheita, médias seguidas pelas mesmas letras maiúscula na horizontal, ou minúscula na vertical, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

<sup>(2)</sup> Em sorgo planta;

<sup>(3)</sup> Considerando a avaliação de colmos limpos.

O desconhecimento da cultura do sorgo sacarino e a falta de cultivares comerciais com altos teores de sacarose têm sido relatados como alguns dos principais problemas responsáveis pelos baixos índices de rendimento obtidos pelos grupos que têm utilizado essa cultura como fonte de biomassa na produção de etanol (May et al., 2013). Contudo, os resultados do presente trabalho demonstraram que o aproveitamento do potencial, em termos de qualidade industrial, de cultivares de sorgo sacarino, deve levar em consideração aspectos relacionados à colheita e tipo de biomassa processada. Quando

considerados, por exemplo, os rendimentos obtidos pelas cultivares na colheita somente da rebrota, nenhuma destas atenderia a todos os parâmetros mínimos estabelecidos pela Embrapa para produção econômica e sustentável de etanol. No entanto, quando considerada apenas a colheita em planta e com amostras constituídas por colmos limpos as cultivares CMSXS646, BRS 511, CMSXS647, CMSXS643, CMSXS629, CMSXS630, BRS 506, BRS 509 e BRS 508 atenderiam a todos os critérios mínimos estabelecidos (dados não apresentados).

Esses resultados reforçam a necessidade do conhecimento dos diferentes constituintes da biomassa e a importância do planejamento agrícola e industrial para o estabelecimento de procedimentos mais apropriados para o processamento rentável da biomassa do sorgo sacarino quando se deseja inseri-lo como fonte de biomassa complementar à cana-de-açúcar na produção de bioenergia.

Os resultados mostraram ainda que vários genótipos testados apresentaram bons atributos industriais para produção de etanol nas condições locais. Para o Nordeste, cujo período de entressafra é de cerca de seis meses e onde as condições edafoclimáticas são cada vez mais restritivas ao cultivo da cana-de-açúcar, a viabilização e incorporação de outras fontes de biomassa à agroindústria sucroenergética, como o sorgo sacarino, poderia ampliar o período da safra, aumentar a produtividade anual das áreas, reduzir a sazonalidade da agroindústria e melhorar a rentabilidade do setor.

### Conclusões

- O rendimento industrial no processamento de sorgo sacarino para produção de etanol depende da cultivar utilizada, do tipo de biomassa processada e de colheita realizada;

- O processamento de colmos limpos fornece biomassa de melhor qualidade para produção de etanol comparativamente ao processamento de colmos com folhas;

- Em média, o rendimento de etanol é 28% maior na primeira colheita em relação a rebrota;

- Dentre as cultivares testadas, BRS 511 e CMSXS646 estão entre as mais promissoras quanto a características qualitativas para produção de etanol nas condições locais e cultivo do sorgo em planta.

### Agradecimentos

À FAPEAL e ao CNPq pelo auxílio financeiro. À Usinas Reunidas Seresta S/A, pelo suporte técnico, de pessoal e sessão de área e laboratórios para a realização da pesquisa.

### Referências

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. do N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2008. 237p.

CIFUENTES, R.; DE LEÓN, R.; MONTENEGRO, A. L. M. de; ROLZ, C. Compost addition effects upon sweet sorghum biomass productivity and sugar content. **Sugar Tech**, v. 18, n. 2, p. 168-175, 2016. DOI: [10.1007/s12355-015-0373-2](https://doi.org/10.1007/s12355-015-0373-2).

CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA, AÇÚCAR E ALCOOL DE ALAGOAS. **Sistema de remuneração da tonelada de cana-de-açúcar com base no açúcar total recuperável (ATR): safra 2006/2007**. Recife, 2006. 12 p. Disponível em: <<http://www.sindicucar-al.com.br/consecana/>>. Acesso em: 10 jun. 2015.

CRUZ, C. D. GENES: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013. DOI: [10.4025/actasciagron.v35i3.21251](https://doi.org/10.4025/actasciagron.v35i3.21251).

DUTRA, E. D.; BARBOSA NETO, A. G.; SOUZA, R. B.; MORAIS JÚNIOR, M. A.; TABOSA, J. N.; MENEZES, R. S. C. Ethanol production from the stem juice of different sweet sorghum cultivars in the State of Pernambuco, northeast of Brazil. **Sugar Tech**, v. 15, n. 3, p. 316-321, 2013. DOI: [10.1007/s12355-013-0240-y](https://doi.org/10.1007/s12355-013-0240-y).

EMYGDIO, B. M.; CHIELLE, Z.; FACCHINELLO, P. H.; BARROS, L.; OLIVEIRA, L. N. **Avaliação de métodos de colheita e de extração de caldo em cultivares de sorgo sacarino**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2012. 4 p. (Embrapa Clima Temperado. Comunicado Técnico, 296).

- FERNANDES, G.; BRAGA, T. G.; FISCHER, J.; PARRELLA, R. A. C.; RESENDE, M. M.; CARDOSO, V. L. Evaluation of potential ethanol production and nutrients for four varieties of sweet sorghum during maturation. **Renewable Energy**, Oxford, v. 71, p. 518-524, 2014a. DOI: [10.1016/j.renene.2014.05.033](https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.05.033).
- FERNANDES, P. G.; MAY, A.; COELHO, F. C.; ABREU, M. C.; BERTOLINO, K. M. Influência do espaçamento e da população de plantas de sorgo sacarino em diferentes épocas semeadura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 6, p. 975-981, 2014b. DOI: [10.1590/S0103-84782014000600004](https://doi.org/10.1590/S0103-84782014000600004).
- FERREIRA, O. E. **Produção de etanol a partir de sorgo sacarino com tratamento enzimático**. 2015. 79 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2015.
- FREITA, L. A.; COSTA, G. H. G.; MASSON, I. S.; FERREIRA, O. E.; MUTTON, M. A.; MUTTON, M. J. R. Chemico-technological parameters and maturation curves of sweet sorghum genotypes for bioethanol production. **African Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 50, p. 3638-3644, 2014.
- MAY, A.; DURÃES, F. O. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; SCHAFFERT, R. E.; PARRELLA, R. A. da C. (Ed.). **Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol**: Sistema BRS1G-Tecnologia Qualidade Embrapa. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 118 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 139).
- MAY, A.; MENDES, S. M.; SILVA, D. D. da; PARRELLA, R. A. da C.; MIRANDA, R. A. de; SILVA, A. F. da; PACHECO, T. F.; AQUINO, L. A. de; COTA, L. V.; COSTA, R. V. da; KARAM, D.; PARRELLA, N. N. L. D.; SCHAFFERT, R. E. **Cultivo de sorgo sacarino em áreas de reforma de canaviais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 36 p. il. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 186).
- PARRELLA, R. A. da C. Melhoramento genético do sorgo sacarino. **Agroenergia em Revista**, Brasília, DF, v. 2, n. 3, p. 8-9, ago. 2011.
- ROLZ, C.; DE LEÓN, R.; DE MONTENEGRO, A. L. M.; CIFUENTES, R. A. Ethanol from sweet sorghum in a year-round production cycle. **Biomass Conversion and Biorefinery**, v. 4, n. 4, p. 341-350, 2014. DOI: [10.1007/s13399-014-0118-6](https://doi.org/10.1007/s13399-014-0118-6).
- ROLZ, C.; DE LEÓN, R.; DE MONTENEGRO, A. L. M.; PORRAS, V.; CIFUENTES, R. A. A multiple harvest cultivation strategy for ethanol production from sweet sorghum throughout the year in tropical ecosystems. **Renewable Energy**, Oxford, v. 106, p. 103-110, 2017. DOI: [10.1016/j.renene.2016.12.036](https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.12.036).
- SOUZA, R. S.; PARRELLA, R. A. C.; SOUZA, V. F. de; PARRELLA, N. N. L. D. Maturation curves of sweet sorghum genotypes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 40, n. 1, p. 46-56, 2016. DOI: [10.1590/S1413-70542016000100004](https://doi.org/10.1590/S1413-70542016000100004).
- SOUZA, V. F.; PARRELLA, R. A. da C.; TARDIN, F. D.; COSTA, M. R.; CARVALHO JÚNIOR, G. A.; SCHAFFERT, R. E. Adaptability and stability of sweet sorghum cultivars. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 13, n. 2, p. 144-151, 2013.
- SRINIVASA RAO, P.; KUMAR, C. G.; MALAPAKA, J.; KAMAL, A.; REDDY, B. V. S. Effect of micronutrient treatments in main and ratoon crops of sweet sorghum cultivar ICSV 93046 under tropical conditions. **Sugar Tech**, v. 14, n. 4, p. 370-375, 2012. DOI: [10.1007/s12355-012-0172-y](https://doi.org/10.1007/s12355-012-0172-y).
- SRINIVASA RAO, P.; RATHORE, A.; REDDY, B. V. S. Interrelationship among biomass related traits and their role in sweet sorghum cultivar productivity in main and ratoon crops. **Sugar Tech**, v. 15, n. 3, p. 278-284, 2013. DOI: [10.1007/s12355-013-0231-z](https://doi.org/10.1007/s12355-013-0231-z).
- TABOSA, J. N.; BARROS, A. H. C.; BRITO, A. R. M. B.; SIMPLÍCIO, J. B. Cultivo do sorgo no semiárido brasileiro: potencialidades e utilizações. In: FIGUEIREDO, M. V. B.; SILVA, D. M. P.; TABOSA, J. N.; BRITO, B. J. Z. de; FRANÇA, J. G. E. de; WANDERLEY, M. B.; SANTOS FILHO, A. S. dos; GOMES, E. W. F.; LOPES, G. M. B.; OLIVEIRA, J. P.; SANTIAGO, A. D.; SILVA, F. G. da;

- PACHECO, M. I. N.; SILVA, C. C. F. (Org.). **Tecnologias potenciais para uma agricultura sustentável**. Recife: Instituto Agronômico de Pernambuco, 2013a. p. 133-162.
- TABOSA, J. N.; SILVA, F. G.; NASCIMENTO, M. M. A.; AZEVEDO NETO, A. D.; BRITO, A. R. M. B.; SIMPLÍCIO, J. B.; MESQUITA, F. L. T.; SANTANA, J. A. Genótipos de sorgo forrageiro e sacarino no semiárido: estimativas de parâmetros genéticos de variáveis de produção em Alagoas e Pernambuco. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 25, p. 328-329, 2013b.